

Comment caractériser l'autonomie, la coopération, la créativité et l'équité sociale et de genre dans des séances d'enseignement orientées investigation en sciences? Retour sur l'élaboration d'une grille pluridimensionnelle¹

How can autonomy, cooperation, creativity, and social and gender equity be characterized in inquiry-based science teaching sessions? A reflection on the development of a multidimensional framework

Como caracterizar a autonomia, a cooperação, a criatividade e a equidade social e de gênero em sessões de ensino de ciências orientadas pela investigação? Um retorno sobre a elaboração de uma grade multidimensional

Isabelle Kermen

ID ORCID: 0000-0003-3221-5287

Univ Brest, Université Rennes 2, CREAD, F-35000 Rennes, France

Jean-Marie Boilevin

ID ORCID: 0000-0001-6625-5397

Univ Brest, Université Rennes 2, CREAD, F-35000 Rennes, France

Agathe Dirani

ID ORCID: 0000-0002-5830-0925

Université Rennes 2, CREAD F-35000 Rennes, France

-
1. Les auteurs remercient la maison des sciences de l'homme de Bretagne pour le soutien financier apporté au projet CI-PHE, leurs collègues de l'équipe de recherche Ghislaine Gueudet, Agnès Grimault-Leprince, Maud Besançon, Patricia Marzin-Janvier, Rozenn Texier-Picard, Karine Thépot, Marie-Pierre Lebaud, Damien Grenier pour les discussions stimulantes et l'enseignante de physique.



MOTS CLÉS : coopération-créativité-autonomie, enseignement des sciences, équité, grille d'observation, séances orientées investigation

Cet article présente l'élaboration d'une grille visant à observer et à caractériser des pratiques d'enseignement ordinaires orientées investigation en sciences dans l'enseignement secondaire et supérieur. Cette grille prend appui sur une revue de littérature comportant cinq dimensions. Cette élaboration porte sur la caractérisation d'un enseignement par investigation scientifique et quatre enjeux qui sont au cœur d'un tel enseignement : 1) l'équité sociale et de genre, 2) la coopération entre apprenants, 3) le développement de leur autonomie et 4) le développement de leur créativité dans un cadre scolaire. La grille a été construite via un processus itératif confrontant les premières grilles issues de la revue de littérature aux données de terrain (films de séance, entretiens avec l'enseignant, notes de terrain) recueillies par une équipe de recherche pluridisciplinaire. L'usage de la grille finale comportant 25 indicateurs est illustré sur une séance de physique en classe terminale de lycée en France. Une brève discussion sur les potentialités et les limites méthodologiques de la grille conclut l'article.

KEY WORDS: cooperation-creativity-autonomy, equity, inquiry-oriented sessions, observation grid, science teaching

This paper sets out the development of a grid aimed at observing and characterizing ordinary inquiry-oriented teaching practices in science in secondary and higher education. This development is based on a literature review including five dimensions and focuses on the characterization of inquiry-based teaching and four issues at the heart of such teaching, which should foster social and gender equity, cooperation between learners to develop their autonomy and their creativity in a school setting. This grid was built through an iterative process, comparing the first grids derived from the literature review with field data (session films, teacher interviews, field notes) presented by a multidisciplinary research team. The final grid including 25 indicators is used to analyse a physics teaching sequence in the final year of upper secondary school in France. A short discussion about the potential and the methodological limits of the grid concludes the paper.

PALAVRAS-CHAVE: cooperação-criatividade-autonomia, ensino das ciências, equidade, grelha de observação, aulas orientadas para investigação

Este artigo apresenta a elaboração de uma grelha destinada à observação e caracterização de práticas de ensino correntes orientadas para a investigação em ciências, no ensino secundário e superior. Esta grelha baseia-se numa revisão da literatura que contempla cinco dimensões. A sua elaboração incide na caracterização do ensino por investigação científica e em quatro desafios centrais: 1) a equidade social e de género, 2) a cooperação entre aprendentes, 3) o desenvolvimento da sua autonomia e 4) o desenvolvimento da sua criatividade em contexto escolar. A grelha foi construída através de um processo iterativo que confrontou versões iniciais, resultantes da revisão da literatura, com dados empíricos (gravações de aulas, entrevistas com o professor e notas de campo), recolhidos por uma equipa de investigação pluridisciplinar. A utilização da versão final, composta por 25 indicadores, é ilustrada com base numa aula de Física do último ano do ensino secundário em França. O artigo termina com uma breve discussão sobre as potencialidades e limitações metodológicas da grelha.

Introduction

Cet article s'inscrit dans le cadre d'un projet exploratoire s'intitulant *Coopération et investigation: pratiques hybrides et équitables* (CI-PHE), financé par la Maison des Sciences de l'Homme de Bretagne (MSH B), cherchant à caractériser des enseignements de sciences expérimentales et de mathématiques, orientés vers l'investigation scientifique et comportant un travail collectif des élèves en terminale ou des étudiantes et étudiants en première année d'études supérieures. Le projet CI-PHE visait à interroger la transition², d'un point de vue didactique, entre enseignement secondaire et supérieur en France. Le but principal du projet était de déterminer quelles conditions permettent de développer l'autonomie et la créativité des personnes apprenantes visées par ces situations, tout en interrogeant leurs

2. Les différences de modalités d'enseignement entre lycée et université sont assez marquées avec la mise en place à l'université d'enseignements en très grand groupe (cours en amphithéâtre), de travaux pratiques ou travaux dirigés effectués par des personnes enseignantes différentes de celle qui donne le cours (contrairement au lycée où la même personne assure tous les types d'enseignement). Dès lors, une interrogation de nature didactique se justifie. Cependant, elle n'est pas étudiée dans l'article bien que les critères de la grille constituent des éléments d'analyse qui permettraient de comparer des séances au lycée et à l'université.

incidences sur l'équité sociale et de genre. Le groupe de recherche pluridisciplinaire s'était donné deux objectifs. Le premier consistait à effectuer une mise au point théorique concernant les principaux enjeux socioscolaires des séances orientées investigation scientifique, à savoir leur contribution à l'équité sociale et de genre, la coopération entre personnes apprenantes, leur contribution au développement de l'autonomie et de la créativité dans un cadre scolaire, dans l'enseignement secondaire ou supérieur. Le second visait à construire une grille d'analyse composée de critères permettant de caractériser les enseignements observés et les conditions rendant possibles l'investigation scientifique de façon collaborative et éthique ainsi que l'expression de l'autonomie et de la créativité des personnes apprenantes en dernière année de lycée et en première année d'enseignement supérieur en France. Le choix de ces objectifs a été effectué lors du dépôt du projet. L'étude non systématique de la littérature qui est rapportée plus loin a permis de préciser la pertinence et le choix de certains critères.

Dans cet article, nous proposons de développer une réflexion sur les méthodes mises en œuvre dans l'élaboration de cette grille. Dès lors, la principale question travaillée, qui ne prend pas une forme classique au sens où celle-ci ne vise pas simplement la présentation de résultats de recherche, est la suivante : dans quelle mesure l'usage d'une grille pluridimensionnelle permet-il de mieux caractériser la contribution des séances orientées investigation en sciences au développement de la créativité et de l'autonomie, dans une perspective d'équité sociale et de genre?

Pour répondre à cette question, nous présentons la revue de littérature justifiant la conception de cette grille et le processus de sa construction (section méthodologie), puis nous illustrons son fonctionnement à partir d'un exemple, portant sur une séance de physique en classe d'enseignement scientifique en terminale en France, pour enfin discuter de ses apports et de ses limites³.

3. L'outil a également été mis en œuvre dans l'enseignement supérieur mais la réflexion quant à sa portée dans le cadre de cet article, s'appuie sur un unique cas de mise en œuvre.

Cadre conceptuel

Les séances orientées investigation en sciences : les principaux enjeux pointés par la littérature scientifique

Le contexte institutionnel

Depuis de nombreuses années, une réflexion à l'échelle internationale (p. ex., Commission européenne et Direction générale de la recherche et de l'innovation, 2007 ; Eurydice, 2006) sur le rôle des activités expérimentales et sur les finalités de l'enseignement des sciences a conduit à des modifications importantes des curriculums. Ainsi, différents textes institutionnels évoquent la place de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) dans l'éducation scientifique (Eurydice, 2006 ; National Research Council, 2000 ; OECD, 2008). De nombreux curriculums ont recours à cette démarche d'enseignement sous des formes plus ou moins voisines (Gouvernement du Québec, 2005 ; Government of the United Kingdom, 2015 ; Ministère de l'Éducation nationale, 2015). Mais il n'existe pas de réel consensus pour définir l'ESFI. Le défi inhérent à cette transformation, par les textes, par des curriculums, est de renouveler les pratiques d'enseignement des sciences et des technologies (parfois des mathématiques) en cherchant à rendre l'apprentissage plus actif et plus motivant et en proposant aux élèves des tâches plus ouvertes, leur laissant une autonomie accrue (Boilevin, 2013 ; Calmettes, 2012). On passe ainsi de tâches centrées sur des apprentissages manipulatoires ou conceptuels, organisées en démarches stéréotypées, à un enseignement fondé sur des investigations ouvertes avec élaboration de questions, formulation d'hypothèses, etc.

Revue de littérature : les défis de l'ESFI

L'ESFI fait l'objet de très nombreux travaux de recherche comme le montrent notamment Boilevin (2013, 2017), Bächtold (2012), Blanchard et al. (2010) ou Venturini et Tiberghien (2012). Et les revues de littératures et autres méta-analyses sur l'intérêt de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences fondés sur l'investigation font toujours l'objet de nombreuses publications (Antonio & Prudente, 2024 ; Muhamad Dah et al., 2024 ; Urdanivia Alarcon et al., 2023). Ces écrits mettent en évidence l'absence de consensus sur une définition de l'ESFI. De plus, le bien-fondé de ce type de démarche d'enseignement des sciences est fortement remis en question par certaines publications et donne lieu à de véritables controverses. Par exemple, Kirschner et al. (2006) avancent qu'il n'existerait pas de travaux

montrant la supériorité de ce type de démarches en matière d'apprentissage des élèves par rapport à un enseignement qualifié d'explicite. De leur côté, de Jong et al. (2023) et Sweller et al. (2024) discutent de la supériorité en ce qui a trait à l'apprentissage, de l'enseignement fondé sur l'investigation par rapport à un enseignement plus direct et explicite ou bien de leur combinaison.

Si l'on considère que les finalités de l'apprentissage des sciences sont centrées sur une meilleure compréhension des sciences par le citoyen ou par la citoyenne et sur la formation de scientifiques, trois dimensions sont à développer à l'école (Hodson, 2014) : 1) apprendre de la science, 2) apprendre sur la science et 3) apprendre à faire de la science. Selon les écrits scientifiques, l'ESFI semble un bon candidat pour mettre en œuvre ces principes. Mais ce type d'enseignement doit remplir certaines conditions pour permettre ces apprentissages. Pour Boilevin (2017), il doit amener les élèves à s'engager dans des contenus scientifiques en leur proposant des tâches ou des problèmes à résoudre requérant des activités cognitives et/ou expérimentales. Il doit permettre des discussions argumentatives et des communications entre élèves. Il doit enfin prévoir une structuration des connaissances. De plus, suivant le degré d'ouverture des tâches proposées aux élèves et le niveau d'intervention de la personne enseignante, on peut distinguer des investigations plus ou moins complètes. Cela conduit à analyser l'autonomie des élèves (Ramnarain, 2020), la coopération entre élèves (Gillies, 2023) ou encore le développement de la créativité (Yonwong et al. 2024) selon le type de guidage proposé par la personne enseignante (Boilevin, 2023).

Les méthodes d'enseignement des sciences basées sur l'investigation modifient profondément la relation didactique. Il n'est donc pas étonnant que les personnes enseignantes rencontrent des difficultés dans la construction et dans la mise en place de nouveaux contrats didactiques prenant en compte plusieurs dimensions essentielles, présentées et discutées dans la section suivante.

Quatre facteurs au cœur des séances orientées investigation : l'équité sociale et de genre, l'autonomie, la créativité et la coopération

L'équité sociale et l'équité de genre

Les inégalités sociales de réussite scolaire peuvent s'expliquer par la distance qui existe entre la culture, les savoirs, les dispositions sociales (manière d'être, de parler, de penser et d'agir) en vigueur à l'école et ces mêmes éléments tels qu'ils existent dans les familles et dans les classes sociales (Bautier & Rayou, 2013 ; Cayouette-Remblière, 2016 ; Perrenoud,

2016). Les conditions de scolarisation ont aussi leur part dans la genèse de ces inégalités. Le rassemblement d'élèves de faible niveau scolaire et de milieu socioéconomique défavorisé, éloignés des normes scolaires, ne favorise pas l'apprentissage (Felouzis, 2020). Des personnes enseignantes baissent leurs exigences pour obtenir la paix scolaire (Butlen et al., 2002 ; Cayouette-Remblière, 2016 ; Felouzis, 2020). Les apprentissages entre pairs sont inexistantes ou de faible ampleur (Felouzis, 2020), ce qui ne contribue pas non plus à l'acculturation aux normes scolaires.

Un autre aspect réside dans la prise en compte des « enjeux sociaux des apprentissages » (Bautier & Rayou, 2013, p. 3). Le manque de familiarité des élèves avec les normes scolaires d'apprentissage les conduit à interpréter les raisonnements et les tâches scolaires qui sont proposés ou exigés, selon des habitudes issues de leur monde social d'appartenance (Bautier & Rayou, 2013). « Ce travail interprétatif de l'élève (...) risque de lui masquer les significations à construire, tout au moins celles que l'institution considère comme correspondant à un objet ou à une condition d'apprentissage ; la qualification de malentendu sociocognitif est alors pertinente » (Bautier & Rayou, 2013, p. 101). Mettre en relation des orientations ou des habitudes inappropriées des élèves, plutôt que des manques de connaissances ou d'attitudes, avec des pratiques enseignantes en situation de classe permet de débusquer des malentendus sociocognitifs relevant pour partie de ce que la personne enseignante croit dire ou mettre en place sans toujours avoir conscience que l'élève l'interprète au prisme de sa socialisation (Bautier & Rayou, 2013).

Des études (citées dans Bressoux & Pansu, 2003) ont montré que les personnes enseignantes adoptent un jugement de valeur sur leurs élèves, certes fondé sur des faits, des résultats et des attitudes des élèves en classe, mais constituant aussi un jugement social fondé sur une psychologie du quotidien (Bressoux & Pansu, 2003). Une appréhension fautive de la situation (p. ex., penser qu'un élève a de faibles ou de fortes capacités d'apprentissage) provoque un comportement de la personne enseignante tel qu'il rend vrai ce qui ne l'était pas à l'origine. Rosenthal et Fontaine (1968, cités dans Bressoux & Pansu, 2003) attribuent ceci à un effet de prophétie autoréalisatrice qu'ils nomment effet Pygmalion. Bressoux et Pansu présentent le modèle de Good et Brophy (2000) qui décrit le mécanisme des comportements différenciés des personnes enseignantes vis-à-vis des élèves forts ou faibles en matière d'attentes, typique d'un effet Pygmalion, à partir d'observations de classes aux États-Unis. La personne enseignante

adopte une attitude différenciée vis-à-vis de chaque élève selon ses attentes en ce qui concerne les résultats et les comportements. En retour, les élèves tiennent compte des attentes de la personne enseignante qu'ils et elles perçoivent. Ces attentes affectent la façon dont les élèves se perçoivent eux- et elles-mêmes ainsi que leur motivation pour réussir. Avec le temps, la réussite et le comportement des élèves se conforment de façon de plus en plus étroite au comportement initialement attendu d'elles et eux. Par exemple, les personnes enseignantes demandent moins aux élèves jugés faibles qu'aux élèves forts, leur donnent moins de temps ou de possibilités pour accomplir des tâches ou répondre aux questions (Good & Brophy, 2000 cités dans Bressoux & Pansu, 2003). Des pratiques équitables du point de vue des attentes enseignantes consisteraient à afficher des attentes différentes visant clairement à permettre à l'ensemble des élèves de parvenir au but fixé.

Prendre conscience de la diversité des élèves et s'attacher à expliciter les attendus et les raisonnements pour éviter les malentendus sociocognitifs constitue un autre défi des pratiques enseignantes équitables. Ce défi est réalisable par la mise en place d'une pédagogie différenciée ou d'une différenciation pédagogique pour prendre en compte les besoins des élèves qui diffèrent selon leur vécu. « Si la différenciation est la prise en compte de chaque individu, elle n'induit pas une approche individuelle mais une manière d'accompagner l'individu au sein d'un collectif » (Feyfant, 2016, p. 7). Elle consiste à pratiquer une régulation interactive dans la classe au cours du déroulement de la situation d'apprentissage pour aider l'élève à apprendre (Perrenoud, 2016). L'aide apportée à l'élève par la personne enseignante doit être appropriée pour avoir un effet perceptible et tenir compte du contexte de la classe et de la situation.

Les considérations précédentes valent pour chaque élève indépendamment de son genre. Or, les séquences orientées investigation ont été, à l'origine, fortement soutenues par les institutions européennes pour, notamment, remédier à la désaffection des jeunes, et en particulier des filles, dans les filières scientifiques (Commission européenne et Direction générale de la recherche et de l'innovation, 2007). Pourtant sans attention particulière, les situations scolaires favorisent la reproduction des inégalités, car l'école est le lieu d'un fonctionnement normal des rapports de domination habituelle, qui favorisent la fabrication continue d'inégalités sexuées et sociales (Duru-Bellat, 2008). En effet, les filles réussissent scolairement mieux que les garçons, elles sont plus nombreuses en fin d'études secondaires et à

l'université et, cependant, leur proportion dans les filières scientifiques est inférieure à celle des garçons (Blanchard, 2021 ; Collet, 2016). Pour Collet, cela ne résulte « pas de simples différences entre les sexes (...), mais [d'] un effet du genre : un système de normes sexuées produit par les rapports sociaux qui définissent et hiérarchisent le féminin et le masculin » (Collet, 2016, p. 112). Les stéréotypes de genre correspondent aux « jugements et attentes en termes de traits de caractère, de compétences ou de comportements attribués aux individus en fonction du sexe qui leur est associé » (Blanchard, 2021, p. 117). Dans le contexte scolaire, ces stéréotypes se manifestent ainsi : « les filles sont décrites comme sérieuses, travailleuses, organisées, et les garçons comme plus actifs, rationnels ou encore brillants » (Blanchard, 2021, p. 118). Blanchard (2021) dans sa note de synthèse consacrée au genre et aux cursus scientifiques cite des études montrant que des personnes enseignantes reproduisent des stéréotypes de genre, mais aussi que certaines d'entre elles permettent aux élèves, et aux filles en particulier, de se projeter dans des filières scientifiques. Elle conclut que « les inégalités observées tiennent à des rapports de domination, pas seulement à des stéréotypes » (Blanchard, 2021, p. 137). Collet (2018) décrit une formation d'enseignant qui ne se contente pas de révéler les stéréotypes pour les combattre (tâche insuffisante selon elle) mais qui vise à analyser le système de production du genre et à fournir des outils pour mettre en place une pédagogie de l'égalité auprès des élèves de l'école primaire, qu'elle résume dans une toile de l'égalité. De celle-ci, nous pouvons extraire la répartition de la prise de parole ou l'installation de la coopération de façon raisonnée, qui sont autant de critères permettant de caractériser une pratique enseignante équitable. En effet, les séquences orientées investigation scientifique comportent souvent des débats ou des dialogues à plusieurs locutrices et locuteurs, autrement dit, du travail coopératif.

Enfin, au début de l'introduction institutionnelle des démarches d'investigation en France, Bressoux (2013) note que les études figurant dans l'ouvrage de Grangeat (2013) montrent que la phase d'institutionnalisation est souvent écourtée, voire inexistante. Un retour absent ou insuffisant sur ce qui a été fait nuit aux apprentissages des plus faibles. Ce constat doit être nuancé, car d'autres études montrent que les élèves apprennent mieux en ce qui a trait aux connaissances, aux raisonnements ou à l'argumentation aux États-Unis (Wilson et al., 2010) avec un enseignement de type investigation scientifique, que celui-ci est plus efficace quel que soit le milieu socioéconomique des élèves en Norvège (Teig et al., 2018) ou encore, qu'il

favorise l'acculturation des personnes étudiantes des milieux défavorisés n'ayant pas le capital culturel⁴ leur permettant de bénéficier des pédagogies traditionnelles à l'université au Canada (Summerlee, 2018).

L'autonomie des personnes apprenantes

Dans le champ des recherches en sciences humaines, l'autonomie est un concept général mentionné dans différents travaux qui recouvrent plusieurs dimensions (voir le glossaire IDEE, Grimault-Leprince & Plantard, 2018). Le plus souvent, il n'est pas défini explicitement et associé à d'autres notions pouvant également être croisées : autonomie et autoformation, autonomie et numérique, autonomie et compétence, autonomie et motivation, autonomie et autorégulation, autonomie et engagement, autonomie et socialisation, etc. Par exemple, pour Foray (2017, p. 19), l'autonomie est « la capacité à agir par soi-même, à choisir et à penser par soi-même ». Cependant, comme le souligne Ravez (2020), cette vision fonctionnelle de l'autonomie est insuffisante dans le contexte scolaire : « cette capacité à agir a par ailleurs à voir avec la construction d'une indispensable autonomie intellectuelle », visant ainsi un idéal émancipateur.

De son côté, la théorie de l'autodétermination (Deci & Ryan, 2000 ; Ryan & Deci, 2017) aborde les liens entre autonomie et apprentissage en distinguant plusieurs types de motivation dépendant des interactions de chaque personne avec son environnement social. L'autonomie est comprise comme la disposition fondamentale héritée de tout organisme vivant à s'auto-organiser et à s'autogérer (Deci & Ryan, 2000). Une méta-analyse de recherches menées sur cette thématique (Niemic & Ryan, 2009) montre ainsi que des comportements des personnes enseignantes favorisant l'autonomie ont un effet positif sur le développement de la motivation intrinsèque des élèves, alors que le contrôle du climat éducatif en classe sape cette dernière. Ces auteurs ajoutent que les élèves ont tendance à mieux apprendre et ont une créativité accrue lorsqu'elles et ils sont intrinsèquement motivés, en particulier pour les tâches nécessitant une compréhension conceptuelle. Certains travaux en didactique des sciences prennent appui sur la théorie de l'autodétermination pour étudier les liens entre l'autonomie, considérée comme une composante de la motivation, et les apprentissages en sciences (Basten et al., 2014 ; Black & Deci, 2000 ; Großmann & Wilde, 2020 ; Hofferber et al., 2016 ; Jungert & Koestner, 2015 ; Vedder-Weis & Fortus, 2018 ; Wang & Tsai, 2020 ; Zhang et al., 2020).

4. Au sens de Perrenoud (2016)

Du côté de la formation d'adultes, Albero (2004), s'éloignant de la théorie de l'autodétermination, conçoit l'autonomie comme un ensemble de compétences spécifiques auxquelles il est possible de préparer les personnes apprenantes par des tâches qu'elles ont à réaliser. Cette autrice distingue plusieurs domaines de l'autonomie requis dans une situation d'enseignement et d'apprentissage : technique, informationnel, méthodologique, social, cognitif, métacognitif et psychoaffectif. Grimault-Leprince (2017 citée dans El Hage et al. 2024) a montré que ces domaines sont adaptés au contexte scolaire ordinaire. En complément, Albero et Eneau (2017) caractérisent la notion d'autonomie selon plusieurs principes. L'autonomie est un phénomène dynamique et transitoire, un processus fragile, jamais totalement acquis ou totalement stable, dépendant de l'environnement. Il suffit que celui-ci ne soit pas propice pour que ces traits d'autonomie se délitent et que ce processus émergent n'ait plus lieu. Il est également réversible et l'on peut d'ailleurs observer des processus de perte d'autonomisation et de désautonomisation. Ces éléments amènent Albero et Eneau (2017) à parler, comme le propose Candy (1989), de processus d'autonomisation ou de degré d'autonomie plutôt que d'autonomie. Ces travaux sont mobilisés dans le cadre de recherches en didactique visant à étudier l'autonomie des élèves dans différentes disciplines (Boilevin et al., 2021 ; Gueudet & Lebaud, 2019). Gueudet et Lebaud (2019) mettent en contraste deux types d'autonomie : l'autonomie pédagogique (AP) qui concerne des éléments du travail de l'élève présents dans toutes les disciplines et l'autonomie didactique (AD) qui est liée au savoir en jeu. De son côté, s'appuyant sur ces propositions, El Hage (2023) construit un cadre d'analyse de l'autonomie en classe de physique nommé « autonomie transversale et autonomie didactique disciplinaire ».

Une autre catégorie de recherches aborde plus spécifiquement les rôles de la personne enseignante dans le soutien à l'autonomie et au processus d'autonomisation (Basri, 2023 ; Bergeron et al. 2022 ; Reeve & Halusic, 2009 ; Tan et al., 2023). Par exemple, Quintin (2013) s'intéresse aux facteurs permettant le développement de l'autonomie des élèves. Croisant le cadre de la théorie de l'autodétermination avec l'interactionnisme selon Vygotski, cet auteur met en avant le rôle essentiel des personnes enseignantes dans la capacité à proposer un étayage pertinent dans la zone proximale de développement des élèves. D'autres travaux s'appuient sur le modèle de l'autonomie proposé par Stefanou et al. (2004), considérant l'autonomie comme un ensemble de compétences regroupées dans des

catégories organisationnelles, procédurales et cognitives. Ainsi, Berger et Girardet (2016) développent un cadre théorique du soutien à l'autonomie distinguant trois leviers d'autonomisation : 1) le soutien organisationnel, 2) le soutien procédural et 3) le soutien cognitif. Patall et Zambrano (2019), dans une synthèse des résultats de ce type de travaux, repèrent plusieurs éléments apparaissant comme essentiels à un style d'enseignement favorable à l'autonomie : (a) laisser faire des choix aux élèves et prendre en compte leurs contributions, (b) expliquer ou justifier l'intérêt de chaque élève à l'apprentissage, (c) être ouvert et à l'écoute des perspectives des élèves, (d) accepter plutôt que supprimer l'affect négatif des élèves et leur résistance, (e) utiliser le langage pour inviter et informer, au lieu de contrôler, (f) susciter et intégrer la curiosité et l'intérêt des élèves pour le contenu de l'apprentissage. Pour ces autrices, l'une des raisons des difficultés rencontrées par les personnes enseignantes pour développer l'autonomie des élèves pourrait simplement venir d'une confusion concernant la nature du soutien à l'autonomie par rapport au chaos éventuel dans la classe et la nature de la structuration des activités par rapport au contrôle. Les personnes enseignantes peuvent également adopter des pratiques de contrôle dans la classe en raison de diverses pressions exercées en interne ou en externe.

De leur côté, Furtak et Kunter (2012) classent l'aide à l'autonomie en cours de sciences selon deux catégories : un soutien à l'autonomie procédurale, dans lequel les élèves peuvent par exemple choisir et gérer leur propre matériel expérimental, et le soutien à l'autonomie cognitive, où les élèves peuvent trouver de multiples solutions aux problèmes par elles- et eux-mêmes, recevoir des informations en retour et bénéficier d'un soutien de la personne enseignante dans la réévaluation de leurs erreurs. En fait, ces deux catégories reviennent, pour ces deux auteurs, à distinguer les travaux pratiques classiques des séances de type ESFI. Ce genre d'idée se retrouve dans des travaux comme ceux de Silva et Galembeck (2017) ou de Ramnarain (2020), qui montrent que l'apprentissage basé sur l'investigation scientifique renforce l'autonomie des élèves en leur permettant d'explorer leurs propres idées et en leur donnant l'occasion de prendre en charge leur apprentissage de manière plus indépendante.

La créativité des personnes apprenantes

La créativité est un phénomène complexe pouvant être étudié à différents niveaux et dans divers domaines d'action. De manière synthétique, elle peut être définie comme un processus multidimensionnel, constitué de différentes

étapes et aboutissant à une production répondant de manière pertinente et originale à un problème donné (Lubart et al., 2015). Ainsi, les travaux de psychologie distinguent différentes étapes du processus. Il y a d'abord une étape de préparation mentale, au cours de laquelle des informations sont recherchées lors d'un travail préliminaire et conscient. Viennent ensuite une phase d'incubation au cours de laquelle des associations inconscientes se forment et une phase d'illumination caractérisée par l'éclosion d'une idée qui apparaît soudainement de façon consciente. Finalement, une phase de vérification ou d'évaluation permet de tester l'idée (Wallas, 1926, cité dans Bonnardel & Lubart, 2023). Les travaux de psychologie différentielle soulignent également l'existence de différents facteurs cognitifs, conatifs, affectifs et environnementaux qui sont impliqués dans les processus créatifs (Lubart et al., 2015). Si l'environnement extérieur à la personne prend une place incontestable dans le processus créatif, l'achèvement de ce processus repose, en grande partie, sur les ressources cognitives des personnes, qui mobilisent un ensemble de connaissances, de savoir-faire, mais aussi un ensemble de valeurs et de motivations pour y parvenir, et ce, à différentes étapes. Il s'agit, par exemple, de la capacité à reconnaître les questions importantes, de trouver des idées, puis de développer des solutions à travers l'évaluation critique des idées produites (Runco & Chand, 1995; Sternberg, 1998).

À rebours d'une conception de la créativité consistant en une qualité innée et relevant d'un génie inexplicable, nous envisageons le développement des ressources individuelles mobilisées dans les processus créatifs comme émanant de différentes formes de socialisation et d'expériences, notamment scolaires. Si les curriculums scolaires et la forme scolaire appréhendés de manière générale sont peu enclins à développer la créativité (Beaudot, 1980; Bowles & Gintis, 1976), le modèle politique d'éducation républicaine, mis en œuvre en France et qui domine depuis la fin du XIX^e siècle, en véhiculant une conception très durkheimienne de l'éducation, semble particulièrement peu enclin à développer la créativité (Meuret, 2007). Les travaux de recherche montrent néanmoins l'influence du recours à certaines pédagogies sur le développement de la créativité des élèves (Besançon & Lubart, 2008). Les travaux antérieurs (Dirani, 2016) ont permis de faire état d'une série de facteurs de développement de la créativité dans les situations d'apprentissage en contexte scolaire, parmi lesquels la coopération entre les élèves, la motivation intrinsèque pour l'activité proposée, la contribution à la résolution de problèmes réels, le recours à l'imagination et à la pluridisciplinarité (Dirani, 2017).

Les séances orientées investigation, qui véhiculent une définition de l'enquête scientifique proche de celle développée par John Dewey dans sa théorie de l'enquête (Thievenaz & Fabre, 2023), sont décrites dans les programmes scolaires comme des situations scolaires susceptibles de développer la créativité. En effet, en suscitant chez les élèves une attitude d'enquête, ces situations scolaires sont supposées leur proposer une situation problématique ouverte, mobiliser leurs idées, les inciter à recourir aux connaissances issues de plusieurs disciplines, faire appel à leur esprit critique et à leurs connaissances techniques pour les amener à proposer une solution originale. En outre, elles sont susceptibles, plus que d'autres situations d'apprentissage, de susciter la prise de risque et la motivation intrinsèque des élèves, mais aussi de faire appel à une forme d'intuition que Cariou (2015) désigne par le terme d'esprit créatif. Certaines études vont jusqu'à souligner l'effet positif des séances orientées investigation scientifique, à certaines conditions, sur le développement de la créativité des élèves (Suardana et al., 2019).

Les travaux ayant étudié les séances orientées investigation en sciences dans leur mise en œuvre nous invitent néanmoins à nuancer l'hypothèse selon laquelle ces situations développeraient systématiquement la créativité de chaque élève. Tout d'abord, il convient de souligner les spécificités mises en évidence par Calmettes (2009) ou par Molvinger (2017), qui relèvent que ces séances ont tendance, dans le contexte scolaire français, à limiter l'accès des élèves à une véritable démarche d'investigation scientifique. Cela tiendrait notamment au fait que ces séances sont contraintes par les programmes, par les dispositifs matériels accessibles au personnel enseignant, ainsi que par le temps qui leur est dédié. Cette mise en œuvre des séances orientées investigation scientifique invite assez rapidement les élèves à établir des généralisations, et sont parfois limitées à certaines étapes de l'investigation dans son ensemble (Calmettes, 2009). Elles s'inscrivent en outre dans des relations d'élèves à personne enseignante marquées par des rapports peu propices à la prise d'initiative des élèves.

Ensuite, il convient de noter que l'expérience qu'en font les élèves dépend de pratiques enseignantes variables. Prieur et al. (2013) ont mis en évidence des représentations différenciées selon les contextes disciplinaires. Par exemple, en ce qui concerne le registre de l'engagement des élèves dans la résolution de problèmes ancrés dans le réel ou dans le quotidien, celui-ci est plus prégnant dans les représentations des enseignantes et des enseignants de mathématiques que dans celles des personnes enseignant les sciences de la vie et de la Terre (SVT) ou la technologie.

Ainsi, les travaux antérieurs ne font pas consensus quant à la possibilité pour les séances orientées investigation en sciences de développer la créativité des élèves. Dès lors, la propension réelle des séances orientées investigation scientifique à développer la créativité des élèves mérite d'être étudiée.

La coopération entre personnes apprenantes

Le travail collectif en petits groupes dans un cadre scolaire ou universitaire relève d'une coopération, c'est-à-dire d'actions coordonnées entre partenaires pour atteindre un but commun qui contribue à des apprentissages pour chacun (Baudrit, 2007; Reverdy, 2016). Faisant le point sur près de 40 années de recherche, Johnson et Johnson (2009) soulignent que l'apprentissage par coopération, fondé sur la théorie de l'interdépendance sociale apparue aux États-Unis, constitue un succès de la psychologie de l'éducation, visible par ses effets et par sa dissémination dans de nombreux systèmes éducatifs dans le monde. Ils ont proposé cinq composants clés pour qu'un apprentissage coopératif soit effectif : 1) l'instauration d'une interdépendance positive (les actions des uns et des autres se complètent et contribuent au but commun), 2) la conduite d'interactions générant des encouragements et des efforts au sein de groupes hétérogènes, 3) la responsabilisation individuelle pour réaliser sa part du travail tout en facilitant celle des autres, 4) le développement d'habiletés psychosociales et 5) l'évaluation par le groupe de ses actions et de leurs contributions à l'objectif commun. L'apport théorique des frères Johnson, fondé sur les travaux de Deutsch (1949, 1962 cités dans Johnson & Johnson, 2009), est reconnu. Il est accompagné de plusieurs méta-analyses montrant l'efficacité de cet apprentissage coopératif dans les institutions scolaires et universitaires aux États-Unis (Buchs et al., 2012; Connac & Irigoyen, 2023; Lehraus & Rouiller, 2008). Ces méta-analyses attestent que les élèves bénéficient de cet apprentissage par coopération davantage que d'un apprentissage individuel ou avec des enjeux compétitifs, et que cela profite à tous et à toutes, indépendamment de l'âge, du statut socioéconomique ou de l'ethnicité (Buchs et al., 2012).

Selon les auteurs, la totalité ou seulement certains des éléments pointés par les frères Johnson sont considérés comme nécessaires à un apprentissage coopératif. Sont mises en avant l'interdépendance positive et la responsabilisation individuelle (Buchs, 2017; Buchs et al., 2012). Le rôle de la personne enseignante est primordial. En effet, il ne suffit pas de mettre les élèves ensemble pour qu'ils et elles coopèrent et atteignent le but fixé (Connac & Irigoyen, 2023; Gillies, 2008, 2016). La personne enseignante

doit avoir entraîné les élèves à s'écouter, à échanger et à s'aider, ce qui correspond à la formation de groupes ou de dispositifs structurés (Buchs et al., 2012 ; Gillies, 2008) et à la construction d'habiletés coopératives (Buchs, 2017). La personne enseignante intervient aussi durant la conduite des travaux en groupe, d'une part, en régulant à bon escient les interactions entre élèves, par exemple en veillant à la répartition de la parole (Reverdy, 2016) et, d'autre part, en suscitant parmi elles et eux des réflexions de niveau cognitif élevé à l'aide de questions judicieuses (Gillies, 2016 ; van Leeuwen & Janssen, 2019).

Les séances orientées investigation en sciences donnent très souvent lieu à un travail des élèves en groupe (Bächtold, 2012) parce que les interactions entre pairs favorisent l'apprentissage (Buchs, 2017 ; Gillies, 2023 ; Lehraus & Rouiller, 2008 ; Morge & Boilevin, 2007), que cela fait écho au travail collectif au sein de la communauté des scientifiques (Bader & Therriault, 2008 ; Morge & Boilevin, 2007) et que cela donne alors une image de la façon dont les sciences se développent. Dans sa revue de littérature sur l'apprentissage par coopération dans les séances orientées investigation, Gillies (2023) précise que les résultats sont meilleurs quand les groupes ne comptent pas plus de quatre élèves, qu'ils sont équilibrés en matière de genre et qu'ils sont hétérogènes en ce qui concerne les capacités cognitives.

Ainsi, les travaux antérieurs ne font pas consensus quant à la possibilité pour les séances orientées investigation en sciences de renforcer l'équité sociale et de genre, de développer l'autonomie, la créativité ou encore la coopération des élèves. Dès lors, la propension réelle des séances orientées investigation à soutenir ces objectifs mérite d'être étudiée empiriquement. Dans la suite de l'article, nous présentons une méthodologie permettant d'opérationnaliser cette question.

Méthodologie

Le projet CI-PHE ambitionne d'étudier les pratiques ordinaires, ce que font les personnes enseignantes en dehors de toute intervention de chercheurs ou de chercheuses dans la préparation et dans la mise en œuvre des séances (Calmettes, 2017). Afin d'objectiver ces pratiques ordinaires dans divers contextes, nous avons choisi d'élaborer une grille d'analyse, fondée sur des observations de séances et sur des entretiens avec la personne enseignante concernée.

L'élaboration de la grille pluridimensionnelle : processus itératif de construction de plusieurs grilles avec confrontation aux données de terrain

L'élaboration de la grille visant à observer et à caractériser des pratiques d'enseignement ordinaires orientées investigation en sciences s'est d'abord appuyée sur une sélection de travaux issus de la littérature faite par une équipe de recherche spécialiste des différents thèmes couverts par la grille (sciences de l'éducation, didactique des sciences, didactique des mathématiques, sociologie de l'éducation, psychologie de l'éducation). Cette équipe était constituée de 12 personnes ayant participé au recueil des données de terrain et/ou à l'élaboration de la grille. Puis, les critères retenus ont été sélectionnés sur la base des premières explorations sur le terrain, dont il a été rendu compte par le biais de la captation audiovisuelle de séquences orientées investigation. Le processus de construction itératif s'apparente à ceux proposés dans le cadre d'autres recherches en éducation (Gagnon, 2011 ; Parent, 2024).

Le processus itératif et les données recueillies

La revue de littérature a nourri la préparation du recueil de données. Différents terrains ont été repérés, en dernière année de lycée ou en première ou deuxième année d'enseignement supérieur, sur des thèmes de physique, de mathématiques ou de biologie, en classe entière, en travaux pratiques ou en groupe d'étudiantes et d'étudiants. Ces variabilités nécessitaient des entretiens avec la personne enseignante pour connaître ses intentions et ses appréciations après la conduite de la séance, ce qui a donné lieu à deux guides d'entretien, l'un pré, l'autre post observation. Une grille d'observation des séances a également permis de synthétiser les informations pertinentes telles que le nombre d'élèves, les modalités de travail (individuel, en groupe, hors classe, ...), les grandes parties de la séance, les thèmes abordés, le matériel à disposition (expérimental, numérique, ...), diverses notes de terrain. Le tableau 1 ci-dessous recense les cinq terrains dans lesquels des données ont été effectivement recueillies et utilisées ainsi que leur nature et leurs caractéristiques. Ces données ont servi dans le processus de mise à l'épreuve des grilles successives.

Tableau 1
*Caractéristiques des terrains ou des études de cas dans lesquelles
 des données ont été recueillies*

Niveau	Discipline	Nature et durée de la séance	Grille d'observation	Entretien avec la personne enseignante	Productions des personnes apprenantes recueillies
Terminale Lycée	Mathématiques	2 h, classe entière, travail en binômes	Oui	Pré et post	Non
Terminale Lycée	Physique	2 h, travaux pratiques, groupes de 3 à 4	Oui	Pré et post***	Non
Première année Licence université	Biologie	4 h, séance de travaux pratiques, en binômes	Oui	Pré et post	Oui
Première année IUT	Mathématiques	Exposé d'un groupe de 3 étudiantes et étudiants (1 h), hors classe	Oui	Pré	Non
Première année CPGE	Mathématiques	Suivi annuel du travail d'un groupe de 3 étudiantes et étudiants, hors classe	Oui	Pré	Oui

*** Un troisième entretien, confrontant l'enseignante au profil obtenu après la mise en œuvre de la grille pluridimensionnelle finale (voir les sections Illustration : l'exemple du profil d'une séance en classe de physique et Conclusion) a été mené un an et demi après la prise de données. Cet entretien n'a pas contribué à la mise à l'épreuve des grilles, car il a été effectué postérieurement à ce processus.

Dès l'origine, le but du travail était d'élaborer une grille globale, mais pour des raisons de faisabilité, il a été jugé préférable de construire d'abord des grilles mêlant un nombre réduit de dimensions. La revue de littérature a conduit dans un premier temps à la construction de quatre grilles : deux grilles clairement bidimensionnelles, Investigation et équité, d'une part, et Coopération et équité, d'autre part, ainsi que deux grilles focalisant sur une dimension, Autonomie pour l'une et Créativité pour l'autre, avec mention possible d'une autre dimension.

Chaque grille a été élaborée de façon progressive, dans un processus cyclique, en partant de critères proposés à partir de la revue de littérature précédente. Chacune a été utilisée par des membres du groupe de recherche pour analyser une série de données : une séance filmée, la grille d'observation remplie, les entretiens pré et post de la personne enseignante, les éventuelles productions d'élèves ou d'étudiantes et d'étudiants. Typiquement, une version de la grille mono ou bidimensionnelle a été testée dans deux ou trois études de cas par la personne ayant recueilli les données de l'étude utilisée. Lors de réunions plénières du groupe de recherche durant lesquelles ces analyses étaient présentées, les discussions ont conduit à la modification de certains critères, des guides d'entretien et de la grille d'observation pour d'éventuelles futures observations. Chaque grille mono ou bidimensionnelle modifiée a ensuite fait l'objet d'une nouvelle utilisation par un autre membre du groupe de recherche sur d'autres données que celles ayant conduit à la première modification.

Les grilles mono et bidimensionnelles

Les grilles initiales, sauf celle qui est consacrée à la créativité, comportent d'abord une série de questions, puis des critères relatifs à la préparation de la séance (codés PREP) par la personne enseignante et ensuite des critères concernant la mise en œuvre de la séance (codés MO). Le tableau 2 fournit une vue d'ensemble de leurs caractéristiques. Voici, pour la grille Autonomie, les questions débutant la grille. La première série est relative à la préparation, la seconde à la mise en œuvre :

La situation proposée par l'enseignante ou l'enseignant permet-elle a priori une forme d'autonomie des élèves? La personne enseignante propose-t-elle des outils pour que chaque élève puisse développer une forme d'autonomie (quel que soit son niveau scolaire par exemple)?

La mise en œuvre de la situation donne-t-elle lieu à une forme d'autonomie des élèves? Est-ce que chaque élève développe une forme d'autonomie, quel que soit son genre, son niveau scolaire?

La grille Autonomie présente neuf critères sur la préparation de la séance (sept issus des sept dimensions de l'autonomie du cadre d'Albero (2004) auxquels ont été ajoutés deux critères portant sur une prise en compte des inégalités) et sept sur la mise en œuvre tous directement inspirés du cadre d'Albero (2004).

La grille Coopération entre élèves et équité comporte 13 critères sur la préparation de la séance par la personne enseignante, notamment sur la façon de constituer les groupes, les rôles au sein des groupes, la façon dont le travail par coopération est envisagé, si les élèves y ont été entraînés, les ressources à disposition, les interventions prévues de la personne enseignante pour organiser ce travail et 17 critères sur ce qui a effectivement été mis en œuvre durant la séance, dont la plupart correspondent aux critères évoqués dans la préparation et pour lesquels il est demandé de fournir de possibles raisons à d'éventuels écarts par rapport à la préparation.

La grille Investigation et équité comporte cinq critères sur la préparation de la séance, 11 sur la mise en œuvre dont l'un porte sur la différenciation, un autre sur la diversité de genre et de niveau scolaire et un dernier sur les aides fournies par la personne enseignante.

Dans ces trois grilles, chacun des critères est évalué sur un mode binaire (oui/non) ou présente plusieurs modalités, à cocher ou, pour certaines, à expliciter.

La grille Créativité débute elle aussi par des questions :

Dans quelle mesure les séquences filmées donnent-elles lieu au développement de la créativité? Observe-t-on des différences selon le genre ou le niveau des acquis des élèves?

La structure de la grille est différente de celle des trois autres. Elle comporte quatre grands critères : 1) les personnes apprenantes (pour un travail individuel ou en groupe), 2) le climat et le contexte, 3) la situation d'apprentissage à renseigner a priori puis, a posteriori, et 4) les productions des personnes apprenantes. Pour chacun de ces critères, il est demandé d'attribuer un degré d'atteinte de la modalité, avec quatre échelons, de 0 à 3 : 0, pas du tout ; 1, plutôt non ; 2, plutôt oui ; 3, clairement oui ; N, non observé/non applicable. Une cinquième possibilité, N, correspond au cas où la modalité n'a pas été observée ou ne s'applique pas.

Tableau 2
Récapitulatif des caractéristiques des grilles mono et bidimensionnelles

Nom de la grille	Nombre de critères	Thèmes	Sources	Mode d'évaluation
Investigation et équité	5PREP+11MO	9	Plurielles	Binaire ou modalités à cocher ou à expliciter
Coopération et équité	13PREP+17MO	19	Plurielles	Idem
Autonomie	9PREP+7MO		Cadre Albero (2004)	Idem
Créativité	4	4	Plurielles	Évaluation graduée selon échelons

Fusionner les quatre grilles en une seule a soulevé plusieurs questions : dans quel but effectuer ce regroupement ? Comment concilier les présentations différentes des deux types de grilles ? Comment, finalement, renseigner les informations sur la séance analysée, par une notation ou par des réponses aux questions posées ? Comment rendre compte de façon synthétique de l'analyse produite ?

La grille pluridimensionnelle

La grille pluridimensionnelle que nous présentons est constituée de 25 critères répartis en cinq dimensions : l'investigation, l'équité selon le genre et selon le niveau scolaire, l'autonomie des personnes apprenantes, la créativité des personnes apprenantes et la coopération entre elles. Cela permet de donner une appréciation d'une séance à partir d'un nombre raisonnable de critères. La diminution du nombre de critères est substantielle, mais facilitée, car certaines grilles initiales mêlaient plusieurs dimensions. Par exemple, dans la grille Autonomie, le critère relatif à l'autonomie sociale a été enlevé car il est abordé dans la dimension de la coopération entre élèves. Dans la grille finale, les cinq dimensions ont été séparées de façon à établir un score relatif à chacune, l'un des buts étant de proposer un profil de la séance. Les critères descriptifs qui ne demandaient qu'une réponse oui-non ou numérique (p.ex., durée de travail en groupe) n'ont pas été retenus, car ces réponses n'offrent pas de gradation de l'appréciation. Pour la dimension de la créativité, un recentrage sur l'originalité a été effectué.

La notation à quatre échelons provenant de la grille Créativité a été étendue à tous les critères. De plus, il a été convenu que si la formulation d'un critère commençait par «si», une appréciation N non applicable était nécessaire. Ainsi, quelle que soit la dimension observée, il en est rendu compte d'une façon uniforme, car, pour chaque critère, la notation (qualitative) est la même.

La première version de la grille à cinq dimensions a été appliquée sur les données recueillies par plusieurs membres du groupe. À chaque fois qu'un membre du groupe ne pouvait pas renseigner un critère, la discussion collective a cherché à déterminer si cela provenait d'une présentation ambiguë du critère, auquel cas cela a conduit à de nouvelles formulations. Plusieurs membres ont fait part d'interrogations sur la façon de noter les critères. En effet, chaque dimension a été élaborée spécifiquement mais les présupposés théoriques sous-tendant les critères n'étaient pas immédiatement perceptibles à sa lecture. En conséquence, le groupe a décidé d'élaborer un mode d'emploi de la grille, précisant la façon d'apprécier les critères selon l'échelle de notation valable pour toute la grille. Enfin, la dernière discussion a porté sur le calcul du score d'une séance et sur la façon de rendre compte de son profil. Lorsque l'appréciation d'un critère ne peut être faite, choix N, ce critère est neutralisé et enlevé du calcul du score de la dimension, lequel est donné en pourcentage. La disposition des scores par dimension dans un diagramme en radar fournit un pentagone (irrégulier) caractérisant la séance. Un exemple sera donné par la suite.

La présentation des critères dans chaque dimension et la justification de leur sélection

Dans cette section, nous précisons les critères retenus dans chaque dimension ainsi que des raisons ayant conduit à leur sélection. La grille pluridimensionnelle peut être consultée à l'adresse suivante <https://www.mshb.fr/article/equite-autonomie-cooperation-creativite-investigation-eacci> et les cinq dimensions avec la formulation des critères sans l'échelle de notation figurent ci-après, dans le tableau 3.

Tableau 3
Les dimensions et les critères de la grille pluridimensionnelle⁵

Dimensions	Critères
Investigation	IN1 Y a-t-il une problématisation ou une modélisation de la situation à la charge des élèves?
	IN2 L'enseignant formule-t-il explicitement des hypothèses?
	IN3 Y a-t-il formulation d'hypothèses par les élèves?
	IN4 La démarche de résolution est-elle à la charge des élèves?
	IN5 Y a-t-il des échanges argumentés s'appuyant sur les propositions des élèves qui permettent une avancée du savoir?
	IN6 Si l'enseignant a proposé une institutionnalisation, celle-ci s'appuie-t-elle sur les contributions des élèves?
Équité	ÉQ1 Si l'enseignant annonce les objectifs de la séance, y a-t-il différenciation des attentes selon le niveau scolaire?
	ÉQ2 L'enseignant rappelle-t-il les prérequis nécessaires en prenant en compte la diversité des élèves?
	ÉQ3 Si l'enseignant apporte des aides aux élèves durant la séance, le fait-il en s'adaptant aux besoins des élèves?
	ÉQ4 Les interactions élèves-enseignant respectent-elles l'égalité de genre (répartition de la parole, attribution de rôles, etc.)?
Autonomie	AU1 L'activité des élèves durant la séance manifeste-t-elle une autonomie dans le domaine cognitif (construction individuelle d'une stratégie à partir de contenus déjà connus)?
	AU2 L'activité des élèves durant la séance manifeste-t-elle une autonomie dans le domaine métacognitif (auto-évaluation)?
	AU3 Les élèves ont-ils ou elles mis en œuvre le domaine méthodologique de l'autonomie (s'organiser, gérer les différentes tâches, gérer son temps)?
	AU4 L'activité des élèves durant la séance manifeste-t-elle une autonomie dans le domaine informationnel (recherche d'informations dans des ressources ou recherche de ressources)?
	AU5 L'activité des élèves durant la séance manifeste-t-elle une autonomie dans le domaine technique?
	AU6 L'activité des élèves (de certains ou certaines élèves) durant la séance manifeste-t-elle une autonomie dans le domaine psychoaffectif (poser des questions, faire des essais)?

5. Dans cette grille, «l'enseignant» est utilisé comme terme générique sans préjuger du genre de la personne.

Tableau 3
Les dimensions et les critères de la grille pluridimensionnelle (suite)

Dimensions	Critères
	AU7 L'enseignant a-t-il soutenu l'autonomie des élèves dans le domaine psychoaffectif (encourager à poser des questions, à faire des essais)?
Créativité	CR1 L'enseignant encourage-t-il la production d'idées?
	CR2 L'enseignant soutient-il l'originalité des productions?
	CR3 Si un retour est fait aux élèves, est-ce qu'il valorise la créativité (c'est-à-dire une forme d'originalité, respectant les contraintes de la situation)?
	CR4 Les productions des élèves font-elles preuve de créativité (c'est-à-dire une forme d'originalité, respectant les contraintes de la situation)?
Coopération	CO1 Qualité de l'écoute au sein des groupes (à appliquer pour l'ensemble de la classe)
	CO2 Qualité de l'implication de l'ensemble des élèves dans le collectif (à appliquer pour l'ensemble de la classe)
	CO3 L'enseignant s'est-il soucié de la qualité des interactions entre les élèves dans les groupes [vérification de la qualité de ces interactions, et intervention en cas de problème]?
	CO4 Si l'enseignant a proposé une synthèse, celle-ci s'appuie-t-elle sur le travail des différents groupes?

Les critères sont évalués selon une échelle à quatre échelons, chacun de ces échelons étant explicité dans le mode d'emploi (consultable à l'adresse ci-dessus). L'échelle traduit une gradation des appréciations allant de la non prise en compte du critère (valeur 0) à une prise en compte complète (valeur 3).

La dimension 1: l'investigation

Cette dimension est abordée à partir des caractéristiques essentielles d'une séance d'investigation, telle que définie précédemment. Elle repose sur six critères. Il s'agit d'amener les élèves à engager la construction de nouvelles connaissances scientifiques en leur proposant des tâches ou des problèmes à résoudre requérant des activités cognitives et/ou expérimentales.

L'enjeu du critère IN1 est la dévolution de la problématisation ou de la modélisation aux élèves par la personne enseignante. En effet, un problème scolaire ne se résume pas à une simple question : il correspond à un questionnement qui nécessite une procédure de résolution a priori non

connue des élèves et constituée de différentes tâches, sinon cela ne constitue qu'un rappel de connaissances. Cette problématisation ou modélisation débouche sur l'émission de plusieurs hypothèses faisant l'objet des critères IN2 et IN3. Une hypothèse n'est pas un simple pari ou une supposition. Elle doit être étayée. Elle possède un caractère provisoire et explicatif, et constitue une réponse possible au problème ou à la tâche étudiés selon la personne (Mathé et al., 2008). Elle appartient au monde des idées et peut mettre en jeu des grandeurs physiques, des concepts, articulés entre eux. La démarche de résolution qui s'ensuit constitue l'enjeu du critère IN4. Elle peut comprendre la conception et la mise en œuvre d'un protocole expérimental, la recherche et la mise en œuvre de procédures ou de stratégies de résolution, la comparaison de raisonnements différents, de résultats, de représentations. Une séance de type ESFI doit permettre un avancement du savoir qui repose en particulier sur des discussions argumentatives et sur des communications entre élèves (au sein des groupes) ou entre les élèves et la personne enseignante. C'est l'objet du critère IN5. Enfin, un tel type de séance de classe doit prévoir une structuration des connaissances reposant sur une institutionnalisation, s'appuyant si possible sur les contributions des élèves. Il s'agit du dernier critère IN6 de la dimension investigation.

La dimension 2: l'équité sociale et l'équité de genre

Cette dimension a d'abord été abordée dans deux grilles bidimensionnelles, au travers de trois critères, dans la partie mise en œuvre de la séance de la grille Investigation et équité et par le biais de deux critères de la grille Coopération et équité figurant dans les parties préparation et mise en œuvre de la séance de cette grille. Ces deux derniers critères concernent la façon dont la personne enseignante peut constituer les groupes d'élèves en tenant compte du niveau scolaire et/ou du genre. Cet aspect, que l'on pourrait qualifier de comptable, n'a finalement pas été retenu, car les critères de composition des groupes, homogène ou non, mixte ou non, donnaient lieu à une réponse affirmative ou négative que nous avons écartée en raison de la difficulté à en rendre compte dans une échelle graduée. Les trois critères restant portent sur :

- L'annonce des objectifs de la séance par la personne enseignante, identiques ou modulés selon le niveau scolaire des élèves, et reflétant ses attentes vis-à-vis des élèves (Bressoux & Pansu, 2003);

- Le rappel des prérequis nécessaires à la séance à l'ensemble des élèves ou à certaines et à certains, à quel moment et quels sont les prérequis (Bautier & Rayou, 2013);
- Les interactions entre personnes enseignantes et élèves concernant, d'une part, l'apport d'aides déclenchées à l'initiative des élèves ou de la personne enseignante et, d'autre part, les retours effectués par cette dernière selon le niveau scolaire des élèves ou selon leur genre.

Ce dernier point a *in fine* donné lieu à deux critères: l'un, EQ3, centré sur les apports d'aides liées à la différenciation selon le niveau scolaire (Perrenoud, 2016) et l'autre, EQ4, focalisé sur le soutien à l'équité de genre lors des interactions entre élèves ou entre la personne enseignante et les élèves (Collet, 2018).

La dimension 3: l'autonomie des personnes apprenantes

Les critères finalement retenus pour l'analyse de l'autonomie des élèves durant la séance font référence au cadre d'Albero (2004) qui dépasse l'aspect statique et décontextualisé des définitions existantes. L'autonomie est ainsi considérée comme un « processus qui permet à l'élève, dans un contexte donné et au sein d'un système d'interactions, d'organiser son travail et de mobiliser des ressources (internes ou externes) pour accomplir une tâche donnée en développant éventuellement des moyens nouveaux » (Gueudet & Lebaud, 2019, p. 5) et s'applique à différents domaines: technique, informationnel, méthodologique, social, cognitif, métacognitif et psychoaffectif. Cependant, comme indiqué précédemment, le domaine social a été retiré, car le travail collectif est étudié spécifiquement dans la dimension 5, la coopération entre personnes apprenantes. Par ailleurs, un critère concernant le soutien de la personne enseignante dans le domaine psychoaffectif de l'autonomie a été ajouté (Patall & Zambrano, 2019) pour enrichir la proposition d'Albero.

Chaque critère est évalué à partir d'une échelle graduée en cinq modalités, ce qui permet de tenir compte du point de vue de Albero et Eneau (2017) qui préfèrent parler de degré d'autonomie ou du processus d'autonomisation plutôt que d'autonomie. Le critère AU1 concerne le domaine cognitif où l'on s'intéresse, à partir d'une observation de classe ou de productions d'élèves, aux constructions individuelles de stratégie à partir de contenus déjà connus. Le critère AU2 aborde le domaine métacognitif en mettant l'accent sur l'aspect autoévaluation. Il s'agit de noter ici si on observe que les élèves (ou certains et certaines élèves) s'interrogent sur leur

démarche et/ou sur la validité de leurs productions. Le critère AU3 explore la mise en œuvre du domaine méthodologique de l'autonomie (organisation, gestion des différentes tâches, gestion du temps). Le domaine informationnel de l'autonomie (recherche d'informations dans des ressources ou recherche de ressources) est abordé dans le critère AU4 en observant l'activité des élèves pendant la séance de classe. Quant au domaine technique de l'autonomie qui concerne la capacité à mettre en œuvre seul ou seule des techniques de calcul et un protocole expérimental, à utiliser des appareils de mesure sans aide extérieure, etc., il est étudié dans le critère AU5. Le critère suivant, AU6, s'intéresse à la manifestation (ou non) du domaine psychoaffectif des élèves pendant leur activité en classe. Il s'agit notamment de regarder si les élèves osent prendre des initiatives, exprimer leur opinion à l'oral ou à l'écrit, échanger avec les autres et si les élèves ne craignent pas de commettre des erreurs, etc. Enfin, le dernier critère, AU7, étudie le type de soutien proposé par les personnes enseignantes à leurs élèves (s'il est effectif) dans le domaine psychoaffectif de l'autonomie. Ce critère est en effet particulièrement important pendant les séances de type ESFI pour que les élèves se sentent suffisamment en confiance.

La dimension 4 : la créativité des personnes apprenantes

Comme indiqué précédemment, les séquences de classe orientées investigation constituent des éléments du curriculum scolaire propices au développement de la créativité et qui permettent des formes de création en contexte scolaire. Qu'en est-il vraiment? Pour objectiver la contribution de ce type de séquence au développement de la créativité, il nous a semblé pertinent d'examiner plus précisément cette dimension à l'aune de critères d'observation.

La riche littérature en sciences de l'éducation et de la formation et en psychologie a permis d'identifier de nombreux facteurs de développement de la créativité, en dehors de la classe et en classe, lesquels ont fait l'objet d'analyse dans le cadre de travaux antérieurs (Dirani, 2016). Ces facteurs ont toutefois dû être reconsidérés à l'aune des spécificités des séquences orientées investigation en sciences. Il a ainsi fallu identifier et sélectionner ceux qui étaient les plus en mesure de compter dans le cadre des séquences orientées investigation.

Tout d'abord, il a été envisagé d'observer plusieurs éléments clés des séquences orientées investigation qui pourraient avoir un rôle déterminant dans le développement de la créativité. L'attention devait porter à la

fois sur la situation d'apprentissage, sur les élèves, individuellement et en groupe, sur la personne enseignante, sur le climat, sur le contexte et sur les productions des élèves. Dans un second temps, les critères qui risquaient d'être présents de manière assez homogène d'une séquence orientée investigation à l'autre ont été mis de côté.

Ainsi, dans un premier temps, les principaux critères retenus ont été formulés de la manière suivante :

- Place pour la pluralité de solutions et manières de faire d'après les consignes données
- Soutien accordé à l'originalité des propositions émises par les élèves et par les groupes
- Place faite aux idées et à l'imagination des élèves dans le déroulé de la séquence
- Dimension ludique de l'activité

Dans un second temps, à la suite des échanges ayant prévalu au sein du groupe de travail, nous avons formulé les critères finalement retenus de la manière suivante dans la version finale de la grille pluridimensionnelle (voir annexe 1) :

- Encouragement de la production d'idées par la personne enseignante (CR1)
- Soutien de l'originalité des productions par la personne enseignante (CR2)
- Retour de la personne enseignante valorisant l'originalité et l'adaptation aux contraintes (CR3)
- Originalité et adaptations aux contraintes des productions des élèves (CR4)

Les critères retenus couvrent ainsi l'ensemble des étapes, précédemment présentées, d'un processus créatif et, plus particulièrement, les étapes relatives à l'émergence d'idées, à la sélection d'idées et à la concrétisation d'une proposition. Trois de ces critères prennent en considération les pratiques enseignantes alors que l'un d'entre eux tient compte des productions des élèves. Ils font écho aux critères distinctifs récurrents mentionnés dans les travaux de psychologie différentielle portant sur les définitions des processus créatifs et sur la mesure de la créativité. Ainsi, l'un des critères tient compte de la fluidité, trois d'entre eux, de l'originalité et deux critères prennent la

pertinence ou l'adaptation aux contraintes en considération, et ce, depuis les travaux pionniers (Torrance, 1966). Une revue de littérature récente met en outre en évidence la récurrence de ces critères pour définir la créativité dans les travaux de psychologie différentielle (Miravete & Tricot, 2024).

La dimension 5 : la coopération entre personnes apprenantes

Dans la grille finale, la dimension coopération entre personnes apprenantes est évaluée à travers quatre critères, deux concernant le travail au sein du groupe, deux autres touchant la gestion par la personne enseignante du travail coopératif. Les deux premiers portent sur la qualité de l'écoute au sein des groupes (CO1) et sur la qualité de l'implication de l'ensemble des élèves dans le collectif (CO2). Ils peuvent être rattachés à l'établissement d'une interdépendance positive entre élèves (Buchs et al., 2012; Johnson & Johnson, 2009). Les deux derniers concernent l'attention que porte la personne enseignante à la qualité des interactions entre élèves dans les groupes (CO3) (Gillies, 2016) et l'appui sur le travail des différents groupes pour effectuer une synthèse (CO4).

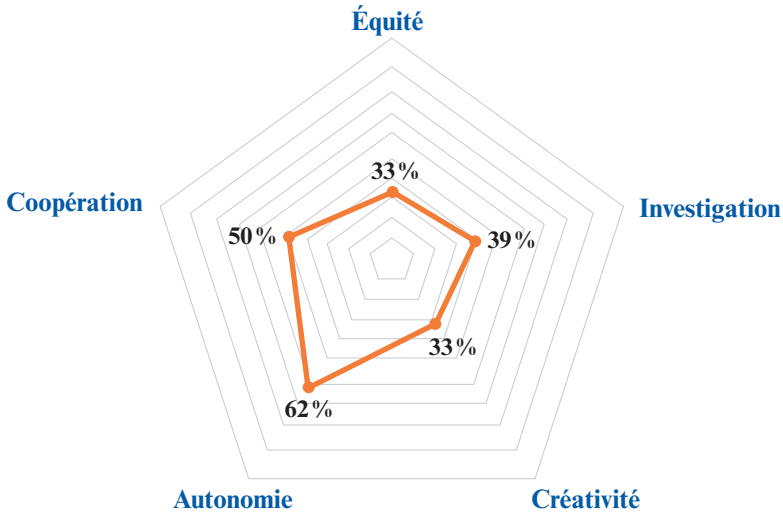
Plutôt que multiplier les critères faisant l'objet d'une réponse binaire (cas de la grille originelle), nous avons choisi de faire apparaître plusieurs d'entre eux comme contribuant à la gradation d'un critère plus global. Par exemple, pour CO3, le fait que la personne enseignante veille à la participation de l'ensemble des élèves est conjugué à son intervention pour réorganiser le travail de certains groupes (MO8 et MO9 de la première grille) ainsi qu'à d'éventuelles déclarations dans l'entretien sur l'importance des interactions entre élèves et de leur régulation pour constituer les quatre niveaux d'atteinte du critère.

Après cette présentation des choix effectués pour retenir certains critères, nous abordons maintenant un exemple de résultat auquel conduit l'usage de la grille dans une étude de cas (la deuxième du tableau 1).

Illustration : l'exemple du profil d'une séance en classe de physique

Dans cette section nous présentons le résultat de la mise en œuvre de la grille Équité-Autonomie-Coopération-Créativité-Investigation (EACCI) dans une étude de cas, soit l'observation d'une séance de physique en classe terminale en France. La séance a été menée par une enseignante expérimentée dans une séance de travaux pratiques comprenant 15 élèves, 5 filles et 10 garçons. Elle réalisait cette séance intitulée Fonctionnement optimal d'un capteur photovoltaïque pour la première fois. Pour évaluer la séance

Figure 1
Diagramme de la séance de physique



selon les critères des cinq dimensions, les deux chercheurs (C1 et C2) disposaient de la vidéo de la séance, de la grille d'observation remplie par C1 ayant assisté à la séance et des deux entretiens avec l'enseignante réalisés par C1 avant et après la séance. Ils ont attribué une note à chaque critère indépendamment, puis sont parvenus à un consensus dans les cas de désaccord. Le diagramme obtenu (figure 1) permet d'avoir une vue d'ensemble rapide et de constituer le profil de cette séance. Elle est caractérisée par une autonomie assez élevée des élèves (62%), une coopération moyenne (50%) et trois autres dimensions plus en retrait, l'investigation ayant un score de 39% alors que celui de l'équité et la créativité est de 33%.

Nous donnons l'exemple du calcul du score de la dimension équité. Les notes attribuées aux critères (EQ1, EQ2, EQ3, EQ4) sont respectivement 0, 0, 2 et 2. Le total est égal à 4 pour une valeur maximale de 12 (échelon maximal 3 pour chacun des quatre critères), d'où le calcul du score 4/12 qui correspond à 33%.

Conclusion

La grille que nous avons élaborée présente l'originalité de permettre l'appréciation de cinq dimensions pour caractériser des pratiques ordinaires orientées investigation scientifique au secondaire ou en première année du supérieur. L'originalité provient de la prise en compte de dimensions qui ne sont usuellement pas mobilisées ensemble. Si des travaux antérieurs mobilisent déjà conjointement plusieurs dimensions, par exemple, Gillies (2023) qui associe investigation et coopération entre élèves, Ramnarain (2020), investigation et autonomie, Yonwong et al. (2024), investigation et créativité, Teig et al. (2018), investigation et milieu socio-économique des élèves, aucun n'inclut les cinq dimensions ici retenues.

Ce travail méthodologique a fait ressortir la part interprétative inhérente à l'utilisation d'une grille d'observation. En effet, les critères composant les dimensions font appel à une analyse lorsque le chercheur ou la chercheuse doit interpréter certains observables (p. ex., la recherche d'échanges argumentés en appui sur les productions des élèves permettant l'avancée du savoir, IN5) ou à une observation (p. ex., la recherche d'une différenciation des attentes de la personne enseignante lors de l'annonce des objectifs de la séance, EQ1). Dans le cadre du projet, ce travail d'interprétation a été effectué en relation avec les données collectées mais également par le biais d'une discussion collective au sein du groupe de recherche rassemblant les expertises associées aux différentes dimensions. De ce fait, le mode d'emploi élaboré de façon conjointe vise à limiter la marge d'interprétation de toute personne qui utilise la grille.

Les critères sélectionnés permettent de faire une analyse « à gros grain » d'une séance, ce qui peut être perçu comme une limite. En effet, les choix opérés restreignent le nombre de critères observés. Ces choix se sont révélés pertinents dans le contexte de notre recherche, portant sur un nombre réduit de cas d'études, mais pourraient être questionnés dans une recherche à plus grande échelle. Ces critères peuvent être considérés comme nécessaires, mais non suffisants, dans la perspective de la construction d'un outil validé. En effet, Duval et al. (2023) qui reviennent sur le processus de validation d'un outil d'observation à partir de la méthode Delphi, rappellent l'importance, pour la validation du contenu d'un outil et son amélioration continue, de « l'atteinte systématique d'un consensus entre les experts du panel sollicités », et de la prise de « décisions sur un instrument à partir des données recueillies » (Duval et al., 2023, p. 8).

Cependant, les critères peuvent aussi servir pour une analyse de moments plus ciblés, que ce soit dans une séance ou pour un groupe d'élèves ou de personnes étudiantes afin, par exemple, de caractériser le travail coopératif ou bien le degré d'autonomie. En outre, obtenir un profil d'une séance permet de s'interroger sur la raison de potentiels déséquilibres entre dimensions. Si plusieurs séances assurées par une même personne enseignante sont observées, il est possible d'étudier si ces déséquilibres sont récurrents ou s'ils correspondent au travail spécifique d'une ou de plusieurs dimensions selon la séance. Il est également possible de comparer des séances entre diverses personnes enseignantes. Cela pourrait constituer une perspective de recherche afin de dégager une typologie des pratiques observées selon les grands axes ici étudiés, pointant les différences ou les points communs entre personnes qui enseignent.

Une autre perspective concerne l'usage de la grille en formation initiale ou continue. L'intention n'est pas tant d'évaluer la conformité de la mise en œuvre des séquences orientées investigation scientifique à des prescriptions curriculaires que d'accompagner les acteurs et les actrices dans l'objectivation de leurs pratiques. Lors d'un entretien de confrontation au profil de sa séance outillée par la donnée des critères d'évaluation (Kermen & Boilevin, 2026), l'enseignante de physique a pris conscience de dimensions ou de critères à travailler spécifiquement avec les élèves. Il ne s'agit donc pas ici de considérer que les dimensions observées constituent des objectifs en soi mais qu'elles peuvent offrir des ouvertures aux personnes enseignantes pour enrichir leurs pratiques.

Révision linguistique : Marie-Claire Legaré

Mise en page : Emmanuel Gagnon

Résumé en portugais : Eusébio André Machado

Réception : 14 décembre 2024

Version finale : 19 décembre 2025

Acceptation : 27 mars 2026

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Albero, B. (2004). L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages, Dans I. Saleh, D. Lepage et S. Bouyahi (dir.), *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur, Actes de la journée d'étude du 12 novembre 2002* (p. 139-159), Université Paris VIII - Vincennes-St Denis, collection Actes Huit, <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000270/document>
- Albero, B., & Eneau, J. (2017). Autonomie, apprentissages, formation : délimitations et instruments conceptuels. *Présentation au séminaire collaboratif e-FRAN*, CREAD-université Rennes 2 [non publié].
- Antonio, R. P., & Prudente M. S. (2024). Effects of inquiry-based approaches on students' higher-order thinking skills in science: A meta-analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 12(1), 251-281. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3216>
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 7-39. <https://doi.org/10.4000/trema.2817>
- Bader, B., & Therriault, G. (2008). Pertinence de la prise en compte des dimensions sociales des sciences pour renouveler la conception des sciences au primaire: Illustration de la position d'une future enseignante. *Revue des sciences de l'éducation*, 34(1), 163-184. <https://doi.org/10.7202/018995ar>
- Basri, F. (2023) Factors influencing learner autonomy and autonomy support in a faculty of education, *Teaching in Higher Education*, 28(2), 270-285. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1798921>
- Basten, M., Meyer-Ahrens, I., Fries, S., & Wilde, M. (2014). The Effects of Autonomy-Supportive vs. Controlling Guidance on Learners' Motivational and Cognitive Achievement in a Structured Field Trip. *Science Education*, 98(6), 1033-1053. <https://doi.org/10.1002/sce.21125>
- Baudrit, A. (2007). *L'apprentissage coopératif*. De Boeck Supérieur. <https://www.cairn.info/l-apprentissage-cooperatif--9782804155018-p-5.htm>
- Bautier, É., & Rayou, P. (2013). *Les inégalités d'apprentissage*. Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.bauti.2013.01>
- Beaudot, A. (1980). *La Créativité à l'école*. Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/la-creativite-a-l-ecole--9782130363927-p-47.htm>
- Berger, J.-L., & Girardet, C. (2016). Les croyances des enseignants sur la gestion de la classe et la promotion des engagements des élèves : articulations aux pratiques enseignantes et évolution par la formation pédagogique. *Revue Française de Pédagogie*, 196, 129-154. <https://doi.org/10.4000/rfp.5099>
- Bergeron, G., Houde, G. B., Barthos, M. & Bergeron, L. (2022). Le soutien à l'autonomie dans la gestion de classe d'enseignants du secondaire : conceptions, pratiques et paradoxes. *Didactique*, 3(3), 37-64. <https://doi.org/10.37571/2022.0303>
- Besancon, M., & Lubart, T. (2008). Differences in the development of creative competencies in children schooled in diverse learning environments. *Learning and Individual Differences*, 18, 381-389. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.11.009>

- Black A., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self determination theory perspective. *Science Education*, 84(6), 740-756. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<740::AID-SCE4>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<740::AID-SCE4>3.0.CO;2-3)
- Blanchard, M. (2021). Genre et cursus scientifiques : un état des lieux. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 212, Article 212. <https://doi.org/10.4000/rfp.10890>
- Blanchard, M. R., Southerland, S.A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- Boilevin, J.-M. (2013). Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques. De Boeck.
- Boilevin, J.-M. (2017). La démarche d'investigation : simple effet de mode ou bien nouveau mode d'enseignement des sciences? Dans M. Bächtold, V. Durand-Guerrier & V. Munier (dir.), *Épistémologie et didactique* (p. 195-220). Presses universitaires de Franche-Comté.
- Boilevin, J.-M. (2023). Inquiry-based science education: between teacher guidance and student autonomy in learning physics. *Young Scholar Symposium on Science and Mathematics Education, and Environment (YSSSEE 2021)*, Bandar Lampung, Indonesia). *American Institute of Physics Conference Proceedings* 2595. <https://doi.org/10.1063/5.0123773>
- Boilevin, J.-M., El Hage, S., Joffredo-Lebrun, S., & Guedet, G. (2021). Développement de l'autonomie des élèves au collège. Points de vue d'enseignants de sciences physiques et de mathématiques. Dans M.-H. Hyndricks & C. Poffé (dir.), *Actes des 11èmes Rencontres scientifiques de l'ARDIST* (p. 195-202), Bruxelles, Belgique.
- Bonnardel, N., & Lubart, T. (2023). Chapitre 2. Conceptions et théories de la créativité. Dans N. Bonnardel, F. Girandola, É. Bonetto et T. Lubart (dir.) *La créativité en situations* (p. 40-51). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.bonna.2023.01.0040>
- Bowles, S., & Gintis, H. (1976). *Schooling in capitalist America: Educational reform and the contradictions of economic life*. Basic Books.
- Bressoux, P. (2013). Deuxième contrepoint. Les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences : mises au point et mises en garde. Dans M. Grangeat (dir.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (p. 237-243). Presses universitaires de Grenoble.
- Bressoux, P., & Pansu, P. (2003). *Quand les enseignants jugent leurs élèves*. Presses Universitaires de France.
- Buchs, C. (2017). Comment organiser l'apprentissage des élèves par petits groupes? Dans *Différenciation pédagogique : Comment adapter l'enseignement pour la réussite de tous les élèves?* (p. 137-146). Conseil National d'évaluation du Système Scolaire.
- Buchs, C., Lehraus, K., & Crahay, M. (2012). 8—Coopération apprentissage. Dans M. Crahay (dir.), *L'école peut-elle être juste et efficace?* 2^e éd. (p. 421-454). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.craha.2012.01.0421>
- Butlen, D., Peltier-Barbier, M.-L., & Pézard, M. (2002). Nommés en REP, comment font-ils? Pratiques de professeurs d'école enseignant les mathématiques en REF. Contradictions et cohérence. *Revue française de pédagogie*, 140(1), 41-52. <https://doi.org/10.3406/rfp.2002.2898>

- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirale. Revue de recherches en éducation*, 43, 139-148. <https://doi.org/10.3406/spira.2009.1191>
- Calmettes, B. (2012). *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*. L'Harmattan.
- Calmettes, B. (2017). Introduction : ce que fait l'enseignant... Dans M. Bächtold, J.-M. Boilevin & B. Calmettes (dir.), *La pratique de l'enseignant en sciences*. (p. 922). Presses Universitaires de Louvain.
- Candy, P. (1989). Constructivism and the study of self-direction in adult learning. *Studies in the Education of Adults*, 21, 95-116. <https://doi.org/10.1080/02660830.1989.11730524>
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, 21. <https://doi.org/10.4000/ree.7489>
- Cayouette-Remblière, J. (2016). *L'école qui classe*. Presses Universitaires de France.
- Collet, I. (2016). Former les enseignant-e-s à une pédagogie de l'égalité. *Le français aujourd'hui*, 193(2), 111-126. <https://doi.org/10.3917/lfa.193.0111>
- Collet, I. (2018). Dépasser les « éducations à » : vers une pédagogie de l'égalité en formation initiale du personnel enseignant. *Recherches féministes*, 31(1), 179-197. <https://doi.org/10.7202/1050660ar>
- Commission européenne et Direction générale de la recherche et de l'innovation. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : Une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Publications Office.
- Connac, S., & Irigoyen, A. (2023). Apprentissage coopératif ou pédagogies coopératives? *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, 67, <https://doi.org/10.4000/edso.22840>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
- de Jong, A., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- Dirani, A. (2016). Mesures, développement : le statut de la créativité en question. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, 41. <https://doi.org/10.4000/edso.1676>
- Dirani, A. (2017). Créativité, insertion professionnelle et parcours de formation : une étude empirique des inégalités de créativité, de leurs effets et leur construction [Thèse de doctorat, Bourgogne Franche-Comté]. <https://theses.fr/2017UBFCH007>
- Duru-Bellat, M. (2008). La (re)production des rapports sociaux de sexe : quelle place pour l'institution scolaire? *Travail, genre et sociétés*, 19(1), 131-149. <https://doi.org/10.3917/tgs.019.0131>
- Duval, S., Couttet, J., & Montminy, N. (2023). La validation de contenu d'un outil d'observation des fonctions exécutives selon la méthode Delphi. *Mesure et Évaluation en Éducation*, 46(2), 1-40. <https://doi.org/10.7202/1111097ar>

- El Hage, S. (2023). Un cadre d'analyse didactique de l'autonomie des élèves et de son développement par les enseignants en classe de physique. [Note de synthèse en vue de l'habilitation à diriger des recherches, Université de Reims Champagne Ardenne], France. <https://hal.univ-reims.fr/tel-04760319v1>
- El Hage, S., Boilevin, J.-M., Gueudet, G., & Lebaud, M.-P. (2024). 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*, 55, <https://doi.org/10.4000/ree.12437>
- Eurydice (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. États des lieux des politiques et de la recherche*. Bruxelles, Commission Européenne. Direction Générale de l'Éducation et de la Culture.
- Felouzis, G. (2020). *Les inégalités scolaires*. 2^e éd. Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/les-inegalites-scolaires--9782715403536-p-66.htm>
- Feyfant, A. (2016). *La différenciation pédagogique en classe* (Dossier de veille de l'IFÉ, n° 113). ENS de Lyon. <http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA/detailsDossier.php?parent=accueil&dossier=113&lang=fr>
- Foray, P. (2017). Autonomie. *Le Télémaque*, 51, 19-28. <https://doi.org/10.3917/tele.051.0019>
- Furtak E. M., & Kunter M. (2012). Effects of autonomy-supportive teaching on student learning and motivation. *Journal of Experimental Education*, 80(3), 284-316. <https://doi.org/10.1080/00220973.2011.573019>
- Gagnon, M. (2011). Proposition d'une grille d'analyse des pratiques critiques d'élèves en situation de résolution de problèmes dits complexes. *Recherches qualitatives*, 30(2), 122-147. <https://doi.org/10.7202/1084833ar>
- Gillies, R. M. (2008). The Effects of Cooperative Learning on Junior High School Students' Behaviours, Discourse and Learning During a Science-Based Learning Activity. *School Psychology International*, 29(3), 328-347. <https://doi.org/10.1177/0143034308093673>
- Gillies, R. M. (2016). Cooperative Learning: Review of Research and Practice. *Australian Journal of Teacher Education*, 41(3). <https://doi.org/10.14221/ajte.2016v41n3.3>
- Gillies, R. M. (2023). Using Cooperative Learning to Enhance Students' Learning and Engagement during Inquiry-Based Science. *Education Sciences*, 13(12), <https://doi.org/10.3390/educsci13121242>
- Gouvernement du Québec (2005). *Guide d'accompagnement des programmes de sciences*. Québec, Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport.
- Government of the United Kingdom (2015), *National curriculum in England: science programs of study*, England, Department for Education.
- Grangeat, M. (dir.). (2013). *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation*. Presses universitaires de Grenoble.
- Grimault-Leprince, A. & Plantard, P. (dir.) (2018). Glossaire des notions et concepts du projet e-FRAN IDEE. (<hal-05607120>)
- Großmann, N., & Wilde, M. (2020). Promoting interest by supporting learner autonomy: The effects of teaching behaviour in Biology lessons. *Research in Science Education*, 50, 1763-1788. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9752-5>
- Gueudet, G., & Lebaud, M.-P. (2019). Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique. 1. Différentes dimensions de l'autonomie, *Petit x*, 109, 3-16. https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/109x1_1585216784246-pdf

- Hodson, D. (2014), Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Hofferber, N. Basten, M., Großmann, N., & Wilde, M. (2016). The effects of autonomy-supportive and controlling teaching behaviour in biology lessons with primary and secondary experiences on students' intrinsic motivation and flow-experience. *International Journal of Science Education*, 38(13), 2114-2132. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1229074>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379. <https://doi.org/10.3102/0013189X09339057>
- Jungert, T., & Koestner, R. (2015). Science adjustment, parental and teacher autonomy support and the cognitive orientation of science students. *Educational Psychology*, 35(3), 361-376. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.828826>
- Kermen, I., & Boilevin, J.-M. (2026). Profil d'une séance orientée investigation : impact d'un résultat de recherche sur la réflexion d'une enseignante. Dans P. Laisney & P. Brandt-Pomarès (dir.), *Structuration de la recherche en éducation. L'héritage scientifique de Jacques Ginesté* (p. 169-181). Presses universitaires de Provence.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Lehraus, K., & Rouiller, Y. (2008). Introduction : De la diversité des approches d'enseignement/apprentissage coopératives. Dans Y. Rouiller & K. Lehraus (dir.), *Vers des apprentissages en coopération: Rencontres et perspectives*. (p. 1-27). Peter Lang.
- Lubart, T., Mouchiroud, C., Tordjman, S., & Zenasni, F. (2015). *Psychologie de la créativité*, (2^e édition). <https://doi.org/10.3917/arco.lubar.2015.01>
- Mathé, S., Méheut, M. & de Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège: quels enjeux? *Didaskalia*, 32, 41-76. <https://doi.org/10.4267/2042/23980>
- Meuret, D. (2007). *Gouverner l'école: une comparaison France/États-Unis*. Presses universitaires de France.
- Ministère de l'Éducation Nationale (2015), *Programme de sciences et technologie du collège*, Paris, Ministère de l'Éducation nationale.
- Miravete, S., & Tricot, A. (2024). Are Some People Generally More Creative Than Others? A Systematic Review of Fifty Years' Research. *Educational Psychology Review*, 36(4), 99. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09926-6>
- Molvinger, K. (2017). La mise en œuvre d'une démarche d'investigation à l'école élémentaire. Une étude de cas. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, EI(varia), 49-78. <https://doi.org/10.3917/spir.hs1.0049>
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie*. SCEREN-CRDP Auvergne.
- Muhamad Dah, N., Mat Noor, M. S. A., Kamarudin, M. Z., & Syed Abdul Azziz, S. S. (2024). The impacts of open inquiry on students' learning in science: A systematic literature review. *Educational Research Review*, 43, 100601. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100601>
- National Research Council (2000), *Inquiry and national science education standards*. The National Academic Press.

- Niemiec C. P., & Ryan R. M. (2009). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: Applying self-determination theory to educational practice. *Theory and Research in Education*, 7, 133-144. <https://doi.org/10.1177/1477878509104318>
- OECD. (2008). PISA 2006: Les compétences en sciences, un atout pour réussir: Volume 1 Analyse des résultats. *Organisation for Economic Co-operation and Development*. https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2006_9789264040137-fr
- Parent, S. (2024). Conception d'une grille d'observation de la résolution collaborative de problèmes (RCP). *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, 47(1), 244–271. <https://doi.org/10.53967/cje-rce.5447>
- Patall, E. A., & Zambrano, J. (2019). Facilitating student outcomes by supporting autonomy: Implications for practice and policy. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 6(2), 115-122. <https://doi.org/10.1177/2372732219862572>
- Perrenoud, P. (2016). *Pédagogie différenciée: Des intentions à l'action* (7^e éd.). ESF éditeur.
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013). Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 7, <https://doi.org/10.4000/rdst.685>
- Quintin, J.-J. (2013). L'autonomie en question(s). *Les Langues Modernes*, 107(4), 17-29.
- Ramnarain, U. D. (2020). Exploring the Autonomy of South African School Science Students when Doing Investigative Inquiries for a Science Fair. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/9128>
- Ravez, C. (2020). Développer le(s) sens de l'autonomie à l'école ... et à la maison? *EDUVEILLE*. <https://doi.org/10.58079/o419>
- Reeve, J.-M., & Halusic, M. (2009). How K-12 teachers can put self-determination theory principles into practice. *Theory and Research in Education*, 7(2), 145-154. <https://doi.org/10.1177/1477878509104319>
- Reverdy, C. (2016). *La coopération entre élèves: des recherches aux pratiques* (Dossier de veille de l'IFÉ, n° 114). ENS de Lyon. http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA/detailsDossier.php?parent=accu_eil&dossier=114&lang=fr
- Runco, M. A., & Chand, I. (1995). Cognition and creativity. *Educational Psychology Review*, 7(3), 243-267. <https://doi.org/10.1007/BF02213373>
- Ryan, R.-M., & Deci, E.-L. (2017). *Self-determination theory. In basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.
- Silva, T., & Galembeck, E. (2017). Developing and supporting students' autonomy to plan, perform, and interpret inquiry-based Biochemistry experiments. *Journal of Chemical Education*, 94(1), 52–60. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00326>
- Stefanou, C. R., Perencevich, K. C., Dicintio, M., & Turner, J. C. (2004). Supporting autonomy in the classroom: Ways teachers encourage student decision making and ownership. *Educational Psychologist*, 39, 97-110. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_2
- Sternberg, R. J. (2012). The Assessment of Creativity: An Investment-Based Approach. *Creativity Research Journal*, 24(1), 3-12. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652925>

- Suardana, I. N., Selamat, K., Sudiarmika, A. A. I. A. R., Sarini, P., & Devi, N. L. P. L. (2019). Guided inquiry learning model effectiveness in improving students' creative thinking skills in science learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1), 012215. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012215>
- Summerlee, A. J. S. (2018). Inquiry-based learning: A socially just approach to higher education. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 28(4), 406-418. <https://doi.org/10.1080/10911359.2018.1438956>
- Sweller, J., Zhang, L., Ashman, G., Cobern, W., & Kirschner, P. A. (2024). Response to de Jong et al.'s (2023) paper "Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction". *Educational Research Review*, 42, 100584. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100584>
- Tan, L., Wei, B., & Cui, T. (2023). Relationships among perception of teacher autonomy support, achievement motivations, intellectual risk-taking, and science academic performance: a serial mediation model. *International Journal of Science Education*, 45(1), 43-64. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2151328>
- Teig, N., Scherer, R., & Nilsen, T. (2018). More isn't always better: The curvilinear relationship between inquiry-based teaching and student achievement in science. *Learning and Instruction*, 56, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.02.006>
- Thievenaz, J., & Fabre, M. (2023). La Théorie de l'enquête de John Dewey : fondements, réception et usages dans la recherche francophone en éducation et formation. *Revue française de pédagogie*, 219, Art. 219. <https://doi.org/10.4000/rfp.12978>
- Torrance, E. P. (1966). *Torrance Test of Creative Thinking. Directions Manual and Scoring Guide*. Personnel Press.
- Urdanivia Alarcon, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S., & Machaca Viza R. (2023) Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1170487>
- van Leeuwen, A., & Janssen, J. (2019). A systematic review of teacher guidance during collaborative learning in primary and secondary education. *Educational Research Review*, 27, 71-89. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.02.001>
- Vedder-Weiss, D., & Fortus, D. (2018). Teachers' Mastery Goals: Using a Self-Report Survey to Study the Relations between Teaching Practices and Students' Motivation for Science Learning. *Research in Science Education*, 48, 181-206. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9565-3>
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie*, 180, 95-120. <https://doi.org/10.4000/rfp.3810>
- Wang Y., & Tsai, C. (2020). An Investigation of Taiwanese High School Students' Basic Psychological Need Satisfaction and Frustration in Science Learning Contexts in Relation to Their Science Learning Self-Efficacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18, 43-59. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09950-x>
- Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301. <https://doi.org/10.1002/tea.20329>

- Yonwong, P., Thongsuk, T., & Hemtasin, C. (2024). Creativity development of secondary school students using four thinking activities blended inquiry-based learning. *International Journal of Instruction*, 17(1), 579-598. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.17130a>
- Zhang, D., Bobis, J., Wu, X., & Cui, Y. (2020). The Effects of an Autonomy-Supportive Teaching Intervention on Chinese Physics Students and their Teacher. *Research in Science Education*, 50, 645-671. <https://doi.org/10.1007/s11218-024-09943-x>