

Vers un cadre d'analyse de l'autonomie des élèves en classe de physique

SUZANE EL HAGE

Centre d'Études et de Recherches sur
les Emplois et les Professionnalisations
Université de Reims Champagne-Ardenne
France
suzane.elhage@univ-reims.fr

ABSTRACT

An important societal subject is discussed in France and worldwide regarding the student's autonomy. This issue represents a major challenge for students and the success of their studies. In the French institutions, the notion of autonomy is mentioned without being explicitly defined. We thus propose here an analysis framework of what would be the autonomy of students in physics. In this framework, we distinguish two different types of autonomy and their dimensions. This framework could help science teachers to develop student's autonomy.

KEYWORDS

Students' autonomy, didactics autonomy, pedagogical autonomy, Physics, France

RÉSUMÉ

En France comme à l'international, un important débat de société a lieu à propos de l'autonomie des élèves. Cette dernière semble être un facteur central de la réussite scolaire. Dans le contexte institutionnel français, l'autonomie est mentionnée notamment dans les programmes mais n'y est pas définie. De plus, elle reste peu explorée dans les recherches en didactique de la physique. Nous proposons, ici, un cadre d'analyse de ce que serait l'autonomie des élèves en physique. Nous y distinguons différents types et domaines. Cette proposition pourrait aider les enseignants de physique à développer l'autonomie de leurs élèves pour répondre aux attentes institutionnelles.

MOTS CLÉS

Autonomie des élèves, autonomie didactique, autonomie transversale, physique, France

Cite this article

El Hage, S. (2024). Vers un cadre d'analyse de l'autonomie des élèves en classe de physique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 18(1), 77-96. <https://doi.org/10.26220/rev.4662>

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Dans le contexte scolaire français, le terme autonomie semble apparaître de plus en plus fréquemment dans les discours institutionnels mais son emploi n'est pour autant pas nouveau. En effet, il a fait son entrée dans les programmes scolaires français à partir de l'arrêté du 18 mars 1977. Patry (2018, p. 4) souligne que « dès la fin du XIXe siècle, les acteurs et grandes figures de l'Éducation nouvelle ont, par le prisme de la psychologie de l'enfant, tenté de repenser la forme scolaire et les méthodes d'apprentissage par la pratique de l'autonomie ». Cette dernière est pensée comme une remise en question de la relation enseignant-enseigné à l'instar du statut de l'élève (Ottavi, 2009). Par conséquent, l'autonomie semble plus en adéquation avec certaines formes de pratiques laissant plus d'initiatives à l'élève dans le fonctionnement de la classe. Plus spécifiquement, nous avons pu constater la présence de ce terme dans les programmes de physique-chimie du secondaire (MEN, 1997, 2005, 2008, 2010). Cependant, l'analyse des cooccurrences entre le terme autonomie et d'autres mots dans différents programmes de physique-chimie du collège ou du lycée (MEN, 1997, 2005, 2008, 2010, 2019a, 2019b, 2019c), grâce au logiciel Iramuteq¹, ne montre pas une ligne directrice explicite et continue au fil des années. Par exemple, les termes autonomie et créativité sont associés et font partie des programmes du collège de 1997 et 2008 mais ne le sont pas dans ceux de 2005 et de 2020. De plus, l'autonomie, pour les chercheurs, revêt des statuts différents : d'une part l'autonomie vue comme une finalité, voire un objectif (Barbot, 2000; Rivens Mompean & Eisenbeis, 2008) dans le cas de l'autonomie et la citoyenneté par exemple et d'autre part, l'autonomie vue comme un moyen (Barbot, 2000), voire un prérequis (Rivens Mompean & Eisenbeis, 2008). Ainsi, dans ce contexte marqué par : (1) une variété de termes associés à l'autonomie ; (2) des variations dans les enjeux institutionnels associés à l'autonomie et (3) la naturalisation du terme autonomie sans définition explicite, les enseignants sont ainsi chargés de développer cette autonomie

¹ Iramuteq fait appel à la méthode Reinert qui vise à faire émerger, du discours, des mondes lexicaux par l'analyse des cooccurrences.

mais sans disposer d'une définition opérationnelle leur permettant d'avoir des indicateurs de ce qu'ils doivent développer et de ce que serait l'autonomie nécessaire pour accéder aux apprentissages.

Pour les programmes de physique-chimie de la voie générale en vigueur au lycée (MEN, 2019a, 2019b, 2019c), autonomie et démarche scientifique sont liées. Une même phrase y évoque l'autonomie comme condition du développement des compétences liées à la démarche scientifique : « le niveau de maîtrise de ces compétences (de la démarche scientifique) dépend de l'autonomie et de l'initiative requises dans les activités proposées aux élèves sur les notions et capacités exigibles du programme ». L'apprentissage de la démarche scientifique est accompagné d'une préconisation pour la mise en place de démarches d'investigation. Cette dernière est présentée comme une forme de dérivé des démarches scientifiques par Venturini et Tiberghien (2012) et nécessite donc une certaine autonomie. Cette articulation autonomie et démarche scientifique se retrouve dans des publications des didacticiens de physique français (par ex. Boilevin, 2017) et a été traitée dans diverses recherches en didactique de la physique faisant appel aux démarches d'investigations en classe (Furtak & Kunter, 2012; Olsen et al., 1996; Ursekar & Naik, 2023; Vorholzer & Aufschnaiter, 2019). Cela nous amène à nous poser une série de questions : l'autonomie doit-elle avoir lieu à un moment du processus d'investigation ou tout au long du processus ? l'approche par investigation est davantage centrée sur les élèves, ils prennent une plus grande part dans le processus d'apprentissage, mais cet enseignement favorise-t-il l'autonomie des élèves ?

Cela nous conduit également à nous poser la question de la définition de l'autonomie. La littérature scientifique met en lumière une importante diversité de définitions. Cette variété est liée d'une part, au fait que, dans le langage courant, le terme autonomie est souvent employé comme synonyme de « faire seul » et d'autre part, au fait que l'autonomie est présente dans de nombreux champs de recherche de différentes disciplines. Ainsi, l'autonomie des élèves et son développement sont traités dans plusieurs recherches en sciences de l'éducation et de la formation (Albero, 2004; Carré, 1992; Denouël, 2017; Eneau, 2018). Ils le sont également en didactique des disciplines. Nous pouvons citer à titre d'exemple les travaux de : Guedet & Joffredo-Lebrun (2021), Guedet & Lebaud (2019) en didactique des mathématiques, Vincent-Durroux & Panckhurst (2002) en didactique de l'anglais ; Monod et al. (2010), Sanchez (2023) en didactique des SVT ; Olsen et al., 1996 ; El Bilani et al. (2007) ; Le Bouil et al., 2019 ; El Hage et al. (2021, 2022) ; Vorholzer & Aufschnaiter (2019) en didactique de la physique et/ou chimie. La lecture de ces textes permet de constater l'absence d'un cadre précis pour définir ce que serait un élève autonome. De plus, les éléments théoriques mobilisés par les auteurs semblent être à la croisée de la théorie de l'autodétermination (Deci & Ryan, 2000) et d'autres théories plus ou moins explicitées.

Par ailleurs, les résultats obtenus par des recherches en didactique des sciences

portant notamment sur la construction d'ingénieries didactiques relèvent que leur implémentation dans des classes ordinaires se heurtent parfois à des difficultés malgré un processus de validation interne (Artigues, 1988). Ces constats amènent à s'interroger sur les facteurs pouvant impacter ces résultats. En particulier, il est possible que cela soit dû (ou pas) au fait que ces ingénieries n'ont pas pour objet premier la diffusion en classe et/ou qu'elles travaillent avec des élèves considérés comme des sujets épistémiques (Brousseau, 1998). En effet, un certain nombre de facteurs, non pris en compte par le travail sur l'élève épistémique, interviennent dans la classe réelle : les caractéristiques de l'élève psychologique avec sa motivation, son attention, ... Et parmi ces caractéristiques de l'élève psychologique peut apparaître l'autonomie.

Ces différents constats conduisent à plusieurs questions relevant de niveaux différents :

- La définition de l'autonomie : comment définit-on l'autonomie dans le contexte éducatif ? Est-ce un état, un processus, une compétence ?
- La recherche en didactique : comment pourrions-nous prendre en compte l'autonomie dans les recherches en didactique de la physique ?
- Les pratiques enseignantes : de quoi l'enseignant a-t-il besoin pour prendre en compte l'autonomie de l'élève dans le processus d'enseignement apprentissage : au service de l'enseignement de la physique et comme apprentissage en soi (l'autonomie constitutive du développement du citoyen) ?

C'est à ces questions que nous allons maintenant essayer de répondre. Tout d'abord, le terme autonomie est examiné dans le domaine de l'éducation d'une façon générale. Puis, nous précisons les concepts retenus dans ce travail permettant ainsi de présenter un cadre d'analyse dual constitué d'une part de l'« **A**utonomie **t**ransversale » et d'autre part de l'« **A**utonomie **d**idactique **d**isciplinaire » (« AtA2d ») permettant d'outiller les enseignants et les chercheurs en didactique de la physique. Enfin, nous concluons par une discussion sur l'intérêt de ce cadre d'analyse.

DÉFINITIONS DE L'AUTONOMIE : DIFFÉRENTES APPROCHES DE L'AUTONOMIE DANS DES SITUATIONS D'ENSEIGNEMENT ET D'APPRENTISSAGE

Dans cette partie, le terme autonomie est exploré selon différentes orientations. Adoptant un point de vue sociologique, Lahire (2001) évoque deux pôles de l'autonomie à l'école : l'autonomie politique (respect des règles de la vie collective) correspondrait au fait « d'être un élève-citoyen autonome » ; l'autonomie cognitive correspondrait à l'appropriation des savoirs, la compréhension des tâches scolaires et de leur finalité par les élèves. Pour Lahire (2001), ces pôles ne sont pas contradictoires puisqu'il est

fréquent de les retrouver dans les situations étudiées. Nous retrouvons ainsi, dans cette définition, la dualité entre l'autonomie comme objet d'apprentissage pour former le citoyen et comme outil au service des apprentissages scolaires.

De son côté, à partir d'une approche interactionniste en psychologie, Raab (2014) distingue deux types d'autonomie : l'autonomie individuelle et l'autonomie de groupe. Quel que soit le type d'autonomie en question, l'auteure définit l'autonomie scolaire comme « la capacité d'un élève, d'un groupe d'élèves ou d'une classe à mener une activité productive (la tâche) au service d'une activité constructive (les apprentissages) en dehors de la présence directe de l'enseignant » (p. 3). Ainsi, selon Raab (2014), l'autonomie devrait alors être regardée comme caractéristique de l'individu mais aussi d'un groupe social.

D'autres définitions mettent en avant le fait que l'autonomie est fortement liée à l'usage de la raison et est nécessaire pour développer une démarche scientifique. Foray (2017) notamment souligne que l'autonomie est au centre de la philosophie de Kant (1788/2003) qui l'envisage sous l'angle de la rationalité : « agir et choisir de façon autonome implique un usage de la raison » (p. 5). Foray (2017) ajoute que pour répondre à la question reliant autonomie et rationalité aujourd'hui, il est utile d'opérer un déplacement de la raison kantienne. Pour cela, il donne quelques exemples, applicables dans des situations d'enseignement et d'apprentissage, nécessitant ce qu'il appelle une réflexion critique telle que : élaborer un projet, effectuer une opération arithmétique, construire une phrase correcte ou enchaîner des arguments dans une discussion.

Dans le contexte anglosaxon, la théorie de l'autodétermination issue de la psychologie et des théories de la motivation (Deci & Ryan, 2000; Ryan & Deci, 2017) donne lieu à de très nombreuses études autour des liens entre autonomie et apprentissages dans le cadre scolaire. Au sein de ce courant de recherche, « l'autonomie est comprise comme un besoin fondamental de tout organisme vivant afin de s'auto-organiser et se gouverner lui-même » (Chirkov, 2009, p. 254). En effet, le besoin d'être autonome constitue un des postulats de base de cette théorie affirmant que l'être humain a une tendance naturelle à s'engager dans des activités intéressantes, exercer ses compétences et se sentir efficace dans les activités entreprises, développer des relations sociales et intégrer des expériences psychiques et interpersonnelles dans une relative unité. Dans cette perspective, l'estime de soi, tout comme la considération de l'enseignant, peuvent entraîner un élève à travailler par lui-même. L'autonomie serait donc une caractéristique intrinsèque, ce qui renverrait à l'idée d'un « développement de l'autonomie » et non pas de son apprentissage.

La question des moyens permettant de développer l'autonomie a été traitée dans le cadre de la formation d'adultes (Albero 2000). Dans ces recherches et notamment dans celles d'Albero (2004), l'autonomie est décomposée en plusieurs domaines. Elle est à prendre « non plus comme une notion globale, mais comme un ensemble de

compétences spécifiques auxquelles il est possible de préparer les apprenants par les activités et des tâches qu'ils ont à réaliser » (Albero, 2004, p. 147). L'autonomie est alors multidimensionnelle et peut s'analyser à partir de sept domaines : technique, informationnel, méthodologique, social, cognitif, métacognitif et psycho-affectif. Ces domaines, bien que présentés séparément, sont liés les uns aux autres. Ainsi Albero (2004) décompose, tout d'abord, l'autonomie en plusieurs domaines pour les analyser individuellement et les recomposer, par la suite ; le tout étant supérieur à la somme des différents domaines de l'autonomie puisqu'il intègre les relations entre les domaines.

Cette revue de littérature fournissant des éclairages sur la question de l'autonomie montre qu'il n'y a pas de consensus ou de cadre théorique commun définissant l'autonomie des élèves. De plus, ces recherches ne précisent pas toujours si l'autonomie est une finalité éducative ou un moyen d'enseignement et d'apprentissage (Barbot, 2000 ; Rivens Mompean & Eisenbeis, 2008). On peut alors considérer qu'elle puisse être les deux. Le développement de l'autonomie pourrait alors être un but en soi, une compétence à développer à travers des situations didactiques comme il pourrait être un moyen au service des apprentissages.

À partir de cette synthèse, nous retenons que l'autonomie développée par Foray (2017), voire par Lahire (2001), fait appel à la raison et que les processus cognitifs sont en jeu. Or, ces processus ne sont pas « hors sol », ils s'appliquent à des savoirs, des connaissances dans un contexte particulier. Cela nous amène à questionner la place des savoirs disciplinaires. En physique, une place importante est accordée aux démarches scientifiques qui sont dépendantes de l'autonomie des élèves telle que définie par Furtak & Kunter (2012), Vorholzer & Aufschnaiter (2019). Dans cet article, nous questionnons donc l'autonomie sous l'angle spécifique de cette discipline tout en prenant en compte ses dimensions épistémologiques. Nous proposons, ainsi, un cadre d'analyse conciliant la richesse de la littérature autour de l'autonomie des élèves et les fondements épistémologiques de la physique.

VERS UN CADRE D'ANALYSE DE L'AUTONOMIE DES ÉLÈVES DANS L'ENSEIGNEMENT ET L'APPRENTISSAGE DE LA PHYSIQUE

La démarche déployée par Albero (2004) nous semble adaptée à notre questionnement. Elle nous permet de caractériser l'autonomie mais il s'avère nécessaire de tenir compte de la dimension disciplinaire de l'autonomie. Nous commençons par préciser les concepts retenus pour accéder à l'autonomie des élèves puis nous développons ensuite les principes méthodologiques et épistémologiques reliés au fonctionnement de la physique. La mise en dialogue de ces deux perspectives permet d'élaborer notre cadre d'analyse présenté dans un troisième temps.

Cadre théorique/conceptuel

Les travaux d'Albero (2004) évoquent l'autonomie des apprenants dans un contexte de formation ouverte et à distance selon sept domaines. Grimault-Leprince (2017) montre, quant à elle, que ces sept domaines sont adaptés au contexte scolaire ordinaire (en présentiel). Pour leur part, Gueudet et Lebaud (2019) mènent des recherches en didactique des mathématiques et considèrent que les sept domaines d'Albero correspondent à une autonomie pédagogique (AP) puisque les éléments du travail de l'élève peuvent être présents dans toutes les disciplines, indépendamment du savoir en jeu. Elles montrent la nécessité d'ajouter un nouveau type d'autonomie, qu'elles qualifient d'autonomie didactique, en complément de l'autonomie pédagogique. Ce nouvel aspect est entièrement lié au savoir en jeu. Pour cela, elles transfèrent le cadre d'Albero dans le contexte disciplinaire des mathématiques (Tableau 1).

TABLEAU 1

Les différents domaines de l'autonomie selon Gueudet et Lebaud (2019)

Domaine	Autonomie pédagogique	Autonomie didactique (en mathématiques)
Technique	Maîtrise des technologies numériques et capacité à s'adapter face à la diversité des outils et supports.	Maîtrise des logiciels (géométrie dynamique, tableur, ...) ou des techniques spécifiques aux mathématiques (calcul, représentation graphique, ...).
Informationnel	Recherche et traitement de l'information : savoir maîtriser les outils de recherche documentaire, savoir rechercher et trouver de l'information pertinente, savoir recueillir, stocker, gérer l'information obtenue et savoir traiter, restituer l'information recueillie.	Recherche et traitement de l'information : savoir comprendre un énoncé mathématique, savoir chercher dans son cours, dans son manuel de maths, ..., et savoir utiliser l'information recueillie.
Méthodologique	Organisation de son travail en classe ou à la maison. Il s'agit de savoir s'organiser en tenant compte des objectifs et des contraintes diverses.	Organisation de son travail : pouvoir choisir parmi différentes stratégies pour résoudre un problème de mathématiques.
Social	Collaboration avec d'autres élèves et/ ou avec le professeur. Il s'agit de savoir prendre part à un travail collectif, à la construction collective d'une stratégie. Il peut aussi s'agir de savoir solliciter à bon escient le professeur.	Échanger avec d'autres élèves sur le choix d'une procédure ou la validité d'un raisonnement ; solliciter à bon escient le professeur.
Cognitif	Aspects individuels de la construction d'une stratégie de travail.	Aspects individuels de la construction d'une stratégie de travail concernant un contenu mathématique particulier.

Domaine	Autonomie pédagogique	Autonomie didactique (en mathématiques)
Métacognitif	Capacité à s'auto-évaluer et à utiliser ses erreurs pour faire évoluer une stratégie	Capacité à s'auto-évaluer et à utiliser ses erreurs pour faire évoluer une stratégie concernant un contenu mathématique particulier.
Psycho-affectif	Estime de soi en classe : oser répondre lorsqu'une question est posée à la classe entière, oser montrer son travail à tous.	Estime de soi en classe : oser faire différents essais sans avoir peur de se tromper, oser échanger avec ses pairs, oser s'évaluer sans recours à l'enseignant.

Nous constatons, dans le Tableau I que le transfert de l'autonomie pédagogique à l'autonomie didactique (en mathématiques) présente une granularité² large. Une première adaptation de ce cadre (El Hage et al., 2021) a permis de comprendre les attentes des enseignants concernant ce que serait un élève autonome en classe de physique sans pour autant approfondir les spécificités épistémologiques de la physique. En effet, la prise en compte de la perspective épistémologique de certains domaines (technique, cognitif par exemple) reste implicite.

Pour aller plus loin encore, nous pouvons nous appuyer sur le travail de Ben-Zvi & Sfar (2007) montrant l'intérêt de distinguer, au sein même de l'autonomie didactique, deux formes relatives au statut et à la nature des savoirs en jeu dans la situation d'enseignement-apprentissage : l'autonomie de mobilisation et l'autonomie d'acquisition. La première concerne des savoirs anciens, c'est-à-dire considérés comme déjà connus et assimilés ; la seconde concerne la rencontre avec des savoirs nouveaux.

Forte de cette première expérience de l'utilisation d'un cadre analytique, distinguant autonomie didactique et pédagogique ainsi que des questions qu'elle soulève sur les spécificités de la physique et l'opportunité de distinguer différents types d'autonomie didactique, nous avons élaboré un nouveau cadre d'analyse.

2 Le chercheur peut approcher l'analyse conceptuelle avec différentes granularités. Par exemple, Tiberghien et Malkoun (2007) évoquent 3 granularités : une granularité de savoir macroscopique quand la granularité est relativement élevée du point de vue temporel, par exemple : une séquence d'enseignement. Au niveau mésoscopique, le choix fait est celui d'une reconstruction thématique du savoir enseigné à l'échelle de la dizaine de minutes. C'est au sein de chaque thème qu'est menée l'analyse des positions du professeur et des élèves par rapport au savoir et de l'environnement en jeu. Quant au niveau de l'échelle microscopique, la granularité d'analyse est fine et correspond à des éléments de savoir qui ont la taille d'une phrase.

Principes de l'élaboration de notre cadre d'analyse (AtA2d)

Dans notre cadre d'analyse, nous proposons donc, à la suite de Guedet et Lebaud (2019) de distinguer :

- L'autonomie transversale (At) fortement inspirée des sept domaines d'Albero. Ces derniers seront décrits plus loin dans le texte.
- L'autonomie didactique disciplinaire (A2d). Cette forme d'autonomie ne correspond pas seulement à un transfert de l'autonomie transversale dans un champ disciplinaire donné ; elle s'inscrit également dans une perspective épistémologique.

En effet, d'un point de vue épistémologique, il est possible de caractériser le fonctionnement de la physique comme la recherche de relations entre les phénomènes, les concepts et les lois permettant d'expliquer, d'interpréter, de prédire ces phénomènes. Ces relations de modélisation, fondatrices de l'élaboration des savoirs en physique, sont aussi au cœur de l'enseignement de cette discipline (Bécu-Robinault, 2015). Cet ancrage de nature épistémologique nous semble essentiel quand on parle d'une autonomie didactique dans des situations d'enseignement et d'apprentissage en physique. Un second ancrage qui nous semble important concerne l'aspect sémiotique permettant de communiquer les différents éléments du savoir en classe de physique (Bécu-Robinault, 2015; El Hage & Buty, 2014; Pantidos & Givry, 2021).

L'autonomie didactique correspond à une autonomie dans un champ de savoirs précis décrite dans le curriculum de physique-chimie puisqu'on s'attend à ce que l'élève s'engage activement dans le processus d'apprentissage. Il est nécessaire de souligner que l'autonomie didactique dépend de l'âge de l'élève et du curriculum ; les contenus d'enseignement et d'apprentissage sont inséparables d'une programmation didactique. En effet, les savoirs abordés dans une classe ou un cycle pourront être revisités dans un autre niveau dans la scolarité ultérieure pour progresser vers plus de généralisation et d'abstraction. Cela renforce l'idée que la variable temps est une variable essentielle dans cette forme d'autonomie.

Suivant l'idée de Ben-Zvi et Sfard (2007), nous considérons que l'autonomie didactique disciplinaire dépend de l'apprentissage d'un savoir qui peut être en cours d'acquisition, plutôt bien ancré ou acquis. Prenons, à titre d'exemple, cet objectif en classe de physique « être capable de réaliser un circuit électrique simple à partir d'un schéma ». Cet objectif correspond à une autonomie cognitive si l'élève est au collège puisqu'il est en phase d'apprentissage. Cependant, ce même objectif correspondra plus à une autonomie technique au lycée car on attend de l'élève qu'il soit en phase d'utilisation de l'outil (ici le schéma). Autrement dit, il s'agit d'une opération routinière créée par habitude et qui s'accomplit d'une façon inconsciente pendant l'exécution d'une action dans un contexte donné (Leontiev, 1975).

Parler de l'At et de l'A2d n'est pas forcément dichotomique puisque que ces deux

formes d'autonomie sont interdépendantes et peuvent se construire dans différentes situations. L'At correspond à une autonomie indépendante d'une discipline alors que l'autonomie didactique est en lien avec des apprentissages de savoirs et savoir-faire dans une discipline scolaire bien identifiée. Par exemple, quand un élève doit travailler à son propre rythme sur une liste d'exercices donnée par l'enseignant avec comme objectif de résoudre au moins trois exercices, on peut dire que cela concerne la dimension méthodologique de l'autonomie pédagogique. Il s'agit en effet d'une organisation générale qui peut être indépendante du contenu. En revanche, un élève peut être autonome sur la prise de notes (At) sans l'être dans une séance de travaux pratiques en salle de physique où il doit faire appel à des savoirs et savoir-faire de différents niveaux.

Cette réflexion nous amène à une nouvelle grille d'analyse avec un ensemble d'indicateurs.

AtA2d dans l'enseignement et l'apprentissage de la physique

En prenant en compte tous ces principes, nous construisons notre cadre d'analyse présenté dans le Tableau 2 ci-dessous. Les colonnes n°2 et 3 de ce Tableau renvoient aux indicateurs pouvant aider à caractériser l'autonomie d'un élève à un moment donné. Quant à la colonne n°4, elle vise à illustrer par quelques exemples les conduites attendues d'élèves en lien avec les apprentissages concernant des thématiques en physique.

TABEAU 2

Différents indicateurs des domaines de l'autonomie, At et A2d, avec des exemples en physique

Domaines de l'autonomie	Indicateurs de l'autonomie transversale	Indicateurs de l'autonomie didactique disciplinaire	Exemples en physique
Technique	Maîtrise des technologies numériques utilisées et capacité à s'adapter face à la diversité des outils et supports.	Prélèvement d'informations sur des grandeurs mesurables. Maîtrise des tâches numériques (utilisation des logiciels/des applications en physique) ou du matériel expérimental (instrument de mesure etc.).	L'élève est capable d'utiliser seul un voltmètre et/ou un ampèremètre en électricité pour réaliser une mesure.
Informationnel	Recherche et traitement de l'information : maîtriser les outils de recherche documentaire, savoir rechercher et trouver l'information, etc.	Recherche et traitement de l'information sur des sites dédiés en physique, chercher dans son cours, dans son manuel etc. Identification de la nature de l'information.	L'élève distingue les photos des dessins, des schémas d'un circuit électrique à la suite d'une recherche documentaire.

Domaines de l'autonomie	Indicateurs de l'autonomie transversale	Indicateurs de l'autonomie didactique disciplinaire	Exemples en physique
Méthodologique	Organisation de son travail en classe ou à la maison en tenant compte des objectifs et des contraintes diverses.	Organisation de son activité en physique dans le temps Mettre en œuvre un protocole expérimental donné par le professeur. Proposition d'un protocole avec des étapes.	L'élève propose un protocole permettant d'étudier l'évolution de la tension en fonction du temps quand un condensateur se charge m (choix de matériel, montage –calibrage– relevé des valeurs – tracé de la courbe).
Social	Collaboration avec d'autres élèves et/ou avec le professeur Développement d'une attitude d'empathie, d'ouverture et de tolérance envers ses pairs.	Échange et coopération avec d'autres élèves au sujet d'une situation en physique Sollicitation, à bon escient, du professeur en classe de physique.	En cas de blocage, l'élève sollicite un joker de la part de l'enseignant pendant la mise en œuvre d'une investigation. L'élève travaille avec ses camarades autour du choix d'une procédure expérimentale visant à tester la validité d'un modèle.
Cognitif	Aspects individuels de la construction d'une stratégie de travail. Création des liens entre les éléments nouveaux et les éléments stabilisés dans les représentations.	Réinvestissement des connaissances apprises plus tôt en physique pour résoudre une tâche sur un autre thème du programme. Etablissement un lien entre le monde des objets / événements et le monde des théories / modèles. Recours à des opérations mentales variées concernant des contenus de physique.	L'élève mobilise l'exponentiel et l'équation différentielle, vu plus tôt dans l'année en électricité pour résoudre un exercice en radioactivité. Lors d'une activité, l'élève fait le lien entre ce que l'écran de l'application « carte du ciel » donne à voir et le ciel qu'il observe.
Métacognitif	Activité réflexive sur : l'action entreprise ; l'efficacité des modalités d'apprentissage choisies.	Capacité à s'auto-évaluer et utiliser ses erreurs pour faire évoluer une stratégie en physique. Être conscient de ses propres stratégies en physique Contrôle de ses résultats en physique.	En mécanique, l'élève connaît le principe d'inertie mais il est conscient qu'il a du mal à les mobiliser pour interpréter des mouvements simples en termes de forces.
Psycho-affectif	Estime de soi : oser répondre lorsqu'une question est posée à la classe entière, oser montrer son travail à tous. Motivation extrinsèque et/ou intrinsèque par rapport à des contenus.	Prise des initiatives lors de la résolution d'un exercice ou d'une activité expérimentale en physique. Motivation extrinsèque et/ou intrinsèque pour des savoirs en physique, pour la compréhension du fonctionnement de la physique.	L'élève choisit une thématique en physique qui l'intéresse pour le grand oral du baccalauréat en France. L'élève est passionné pour faire des expériences en physique L'élève continue à s'investir en cours de physique malgré l'obtention d'une mauvaise note.

Bien que ce cadre se compose de deux formes d'autonomie interdépendantes (At et A2d), nous présentons ici A2d dans le contexte scolaire de l'enseignement de la physique. Ainsi, la grille constituée des indicateurs présentés dans le Tableau 2 permet de caractériser l'autonomie d'un élève à un moment donné dans les apprentissages en physique.

Le domaine technique

Pour Albero (2004), le domaine technique recouvre la maîtrise des usages des artefacts numériques ou non, utilisés dans le contexte scolaire. En s'inspirant de Albero (2004), les indicateurs retenus pour A2d dans ce domaine sont en lien avec ce que Tiberghien (1994) considère comme appartenant au monde des objets et des événements, et renvoie donc à la capacité de l'élève à prélever des informations sur des grandeurs mesurables et à la maîtrise des tâches numériques.

Voici quelques exemples de conduite d'élèves permettant d'inférer son autonomie dans le domaine technique : l'élève est capable d'utiliser sans difficulté des instruments de mesure comme la balance pour mesurer la masse d'un objet en classe de 6^{ème} ; l'élève maîtrise l'utilisation d'un voltmètre pour mesurer des tensions électriques ; l'élève utilise sans difficulté des logiciels d'acquisition de données comme Regressi en physique.

Ce domaine technique revêt une dimension particulière car il met souvent en jeu la sécurité de l'élève (risques d'électrocution, d'intoxications...).

Le domaine informationnel

En termes d'autonomie didactique disciplinaire, les indicateurs retenus sont en lien avec la recherche d'informations en physique et ses spécificités, l'identification des sources appartenant aux sciences physiques, la compréhension de la nature des documents proposés.

Une des spécificités est la nature de l'information, qui porte souvent sur des phénomènes ne pouvant être accessibles directement à l'œil nu (mouvement des électrons), et donc modélisés pour être représentés (modèle atomique en boules et tiges) et vulgarisés (photographies de l'univers colorisées). Ce qui différencie ce domaine du domaine cognitif est qu'il ne concerne pas le contenu mais l'identification du type de documents dans lequel est présentée l'information.

La maîtrise spécifique de ce type d'information scientifique relève du champ de l'A2d. Par ailleurs, cette information peut entrer en conflit avec les croyances individuelles (création de l'univers par exemple) ce qui peut engendrer des interactions entre At et A2d.

Le domaine méthodologique

Du point de vue de l'A2d en physique, les indicateurs permettant d'inférer une autonomie spécifique aux sciences physiques sont reliés notamment à l'aspect expérimental et aux fondements épistémologiques de la physique. Ainsi, la colonne 2 du Tableau 2 indique : s'organiser dans le temps pour résoudre un problème en physique, mettre en œuvre un protocole de physique fourni par l'enseignant, proposer un protocole par étape. Il ne s'agit donc pas, dans ce domaine, de demander aux élèves de concevoir le protocole ou une expérimentation pertinente mais de connaître les étapes d'élaboration d'un protocole et de comprendre en quoi cette expérience est licite pour le domaine scientifique.

Prenons un exemple en lien avec la capacité de planification et de conception d'un protocole en électricité : choix d'équipement → montage → calibrage → expérience → relevé des valeurs → analyse des données etc. sans oublier les règles de sécurité et les gestes techniques (branchement de l'ampèremètre en série).

Comme nous pouvons le constater sur cet exemple, un ensemble de tâches sont nécessaires pour la mise en place ou l'élaboration d'un protocole. Certaines d'entre-elles peuvent appartenir à d'autres domaines (technique par exemple). Or, l'objectif de la tâche va au-delà de la dimension technique et nécessite une organisation à l'échelle temporelle.

Le domaine social

Ce domaine renvoie au fait que l'autonomie ne se limite pas au temps de travail d'un élève seul, en dehors de la présence de l'enseignant mais inclut la collaboration avec d'autres élèves et/ou avec le professeur. Un indicateur caractérisant l'autonomie selon cette dimension est la capacité de l'élève à prendre part à un travail collectif, à la construction collective d'une stratégie. Il peut aussi s'agir de savoir solliciter à bon escient le professeur. Cela correspond à ce que Raab (2014) définit comme l'autonomie de groupe. Cette autonomie se construit à la fois par l'individu lui-même mais aussi avec les autres. L'autonomie sociale est ainsi une compétence qui se construit en collectif pour un usage individuel et/ou collectif ultérieur.

Sur le plan de l'A2d, les interactions sociales peuvent être, par exemple, examinées sous l'angle spécifique du socio-constructivisme comme productives de transformation (assimilation – accommodation au sens piagétien). Dans ce contexte, le langage entre élèves ou entre élèves et professeur de physique joue un rôle particulier dans la construction des concepts (Verгдаud, 1989). L'élève se sent appartenir à une communauté.

Le domaine cognitif

Il est nécessaire de prendre en compte l'aspect épistémologique de la physique. En effet, on peut caractériser le fonctionnement de la physique comme la recherche de

relations entre les phénomènes d'un côté, les concepts et les lois permettant d'expliquer, d'interpréter, de prédire des phénomènes de l'autre. Pour Martinand (1992), comme pour Tiberghien (1994), la compréhension de la physique nécessite que les élèves parviennent à articuler l'expérimental et le théorique.

Ces relations de modélisation, fondatrices de l'élaboration des savoirs en physique, sont au cœur de l'enseignement de cette discipline et font appel à des modèles. Or, tous les modèles de la physique, scientifiques ou scolaires, s'appuient sur des représentations (El Hage & Buty, 2014). Dans la continuité des travaux de Duval en mathématiques (1995), de Bécu-Robinault (2015), El Hage & Buty (2013, 2014), Pantidos & Givry (2021) en didactique de la physique, nous partons du postulat que les élèves donnent du sens aux modèles en s'appropriant et en articulant divers registres de représentations des concepts. De ce fait, nous insistons sur deux composantes liées d'une part au fonctionnement de la physique et d'autre part au processus de communication et d'appropriation des contenus. Ainsi l'aspect épistémologique et sémiotique, ce que Bécu-Robinault (2015) appelle cadre épistémologique-sémiotique, forme une partie intégrante de ce domaine.

Au sein du domaine cognitif, les indicateurs présents dans le Tableau 2 s'appuient de ce fait sur les aspects épistémologiques-sémiotiques de la discipline et la capacité de l'élève à : établir un lien entre un modèle et le monde réel ; recourir à des opérations mentales diversifiées pour résoudre un exercice (théorique ou expérimental) en physique ; réinvestir ses connaissances apprises déjà en physique pour résoudre une tâche. L'exemple suivant illustre une de ces caractéristiques : pour réussir une activité en classe, l'élève fait le lien entre ce que l'écran de l'application « carte du ciel » donne à voir et le ciel qu'il observe.

Le domaine méta-cognitif

Sur le plan de l'A2d, les indicateurs permettant d'inférer une autonomie dans ce domaine sont en lien avec la capacité d'un élève à mener une réflexion sur sa propre façon de penser et d'apprendre en physique. Il s'agit d'être : conscient de ses propres stratégies en physique, avoir des outils spécifiques pour mémoriser des contenus et des stratégies de résolution en physique. Prenons à titre d'exemple : l'élève sait qu'il doit être vigilant aux grandeurs et unités de résultats trouvés car un satellite de surveillance ne peut pas être à 20 km au-dessus de notre tête mais plutôt à 20.000 km.

Le domaine psycho-affectif

Il s'agit des compétences présentées par Albero (2004) telles que l'estime de soi, oser répondre lorsqu'une question est posée à la classe entière, oser montrer son travail à tous, ne pas craindre de faire une erreur et d'être jugé. Nous proposons d'ajouter la motivation, absente dans ce domaine, en suivant la théorie de l'auto-détermination (Deci & Ryan, 2000). Ainsi, l'élève n'est pas considéré comme un simple sujet épistém-

ique (Brousseau, 1998) en ne prenant en compte que sa composante cognitive mais comme un sujet qui a également une composante psychologique et motivationnelle.

Plus spécifiquement pour l'A2d, quelques indicateurs dans ce domaine peuvent s'exprimer de la façon suivante (Tableau 2) : prendre des initiatives dans son cours de physique ; prendre des risques (non pas en lien avec la sécurité mais cognitivement faire un essai, avancer une hypothèse...) ; être créatif lors de la résolution d'un exercice ou d'une activité expérimentale et/ou théorique; dépasser des préjugés liés à la physique (penser que c'est complexe, que ce n'est pas pour les femmes, imaginer le scientifique comme un vieil homme en blouse blanche avec ses cheveux blancs) ; avoir une motivation intrinsèque pour travailler la physique non pas pour la note mais par intérêt pour la physique (ou pour une thématique de la physique).

Venturini (2009) note, à la suite d'Osborne et al. (2003) que les travaux de recherche francophones autour de la motivation en sciences, en particulier l'intérêt des élèves envers les sciences semblent peu nombreux au regard des travaux portant sur la motivation en éducation. Ce courant de recherche propose de fonder l'étude des phénomènes humains, comme la motivation, sur l'interaction existant entre les comportements d'une personne, ses caractéristiques individuelles, et l'environnement dans lequel elle évolue (Viau, 2003). Récemment, Wang et Tsai (2020) s'intéressent aux attitudes des élèves envers les sciences et pointent à travers une étude quantitative, auprès de 699 lycéens à Taiwan, une corrélation positive entre autonomie et efficacité dans les apprentissages scientifiques.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'autonomie est une préoccupation institutionnelle non récente, figurant dans les programmes de physique-chimie en France depuis 1997. Dans les parties ci-dessus, il a été démontré d'une part, que l'autonomie est une notion polysémique et d'autre part, que l'autonomie didactique, et notamment en physique, est un sujet peu traité et pourrait être une véritable préoccupation de recherches en didactique à venir. Ainsi, notre article vise à répondre à trois questions : (1) celle de la définition de l'autonomie en contexte scolaire, (2) celle de la place de l'autonomie dans les recherches en didactique de la physique et (3) celle des pratiques d'enseignement visant à développer l'autonomie des élèves. Pour répondre à ces questions, nous avons construit le cadre AtA2d synthétisé dans le Tableau 2.

Ce cadre d'analyse donne une définition analytique de l'autonomie. L'autonomie est la reconstitution de tous les domaines dans les deux formes (At et A2d). Le tout est supérieur à la somme des parties. Cela implique que l'autonomie d'un élève n'a de sens qu'à un moment fixé, dans une discipline donnée. Tout comme l'on peut dire que quelqu'un est compétent en regardant ce qu'il peut faire dans une situation donnée, à

un moment donné (l'examen du permis de conduire par exemple), on peut dire qu'un élève est autonome en physique en fixant des indicateurs à un moment donné ; toutefois son autonomie continuera d'évoluer.

L'autonomie, pour les recherches en didactique, permet d'appréhender des phénomènes qui relèvent de l'enrôlement, de la motivation, c'est-à-dire dépassant l'élève épistémique pour prendre en compte des dimensions de l'élève psychologique. La dimension cognitive de l'autonomie permet d'analyser le processus d'apprentissage en physique. Le cadre AtA2d apporte un éclairage complémentaire aux recherches en didactique de la physique qui sont essentiellement centrées sur les processus cognitifs en laissant de côté, de manière relative, les aspects psychologiques et sociaux des élèves. Autrement dit, ce cadre permet de diagnostiquer, sous l'angle de l'autonomie prenant en compte une dimension psychologique de l'élève, les difficultés de mise en œuvre en classe ordinaire d'une ingénierie didactique reconnue comme valide par les chercheurs l'ayant conçue et évaluée. Prenons comme exemple la situation proposée par Morge et al. (2005) permettant d'aborder les principales caractéristiques des circuits électriques, simples, en série et en dérivation. Dans cette situation, les élèves cherchent les montages électriques cachés dans différentes « boîtes noires ». Seuls les interrupteurs et les lampes de ces boîtes sont visibles. Les élèves manipulent le(s) interrupteur(s) des boîtes et observent les effets de leurs manipulations sur la(les) lampe(s). À partir de ces observations, les élèves doivent retrouver la façon dont les différents composants du circuit sont assemblés dans les « boîtes noires ». Bien que la situation soit pensée et validée dans cette recherche, on pourrait imaginer une mise en œuvre plus ou moins difficile dans une classe ordinaire. Suite à la dévolution du jeu par l'enseignant à ses élèves, il pourrait arriver qu'un élève dans un groupe ou bien un groupe ne jouent pas le jeu attendu, ne s'impliquent pas dans l'activité (attendant la réponse sans chercher, cherchant à ouvrir la boîte noire...). Ces événements singuliers ne doivent pas remettre en question la situation en elle-même (conçue en faisant appel à des cadres didactiques, à l'épistémologie de la physique, etc.) mais pourraient être expliqués par d'autres éléments difficiles à capter avec la théorie des situations didactiques. Le refus de l'élève d'étudier, le contournement de l'obstacle conçu pour l'amener à apprendre, pourraient être analysés en termes de motivation, manque d'intérêt pour la physique, interactions sociales (composition du groupe), difficulté à mobiliser des savoirs qui existent pourtant, etc. donc des caractéristiques relevant de l'autonomie d'un élève selon le cadre AtA2d.

Du côté des pratiques enseignantes, le cadre vise à donner un outil aux enseignants pour analyser d'une part les prescriptions officielles et d'autre part penser leur rôle dans le développement de l'autonomie de leurs élèves. De plus, AtA2d permet aux enseignants de regarder leurs pratiques à l'aune de l'autonomie : quel(s) domaine(s) d'autonomie est(sont) requis de la part de l'élève pour réussir la tâche ? quel(s) domaine(s) d'autonomie est(sont) développé(s) grâce à l'activité proposée ?

Le cadre At A2d répond donc à nos questionnements. Il est synthétisé dans un seul Tableau (Tableau 2) et renvoie aux trois éléments du système didactique (l'enseignant, les élèves et le contenu d'enseignement). L'autonomie des élèves comporte deux volets : l'At et l'Add. Chaque volet pourrait être décliné en 7 domaines. Pour chaque domaine, une série d'indicateurs a été présentée. Chaque indicateur de l'autonomie n'est pas un objectif à atteindre pour acquérir un domaine de l'autonomie et, *in fine*, l'autonomie en elle-même. Notre approche de l'autonomie est holistique. Ainsi, le cadre d'analyse AtA2d permet de saisir des informations ponctuelles et n'est pas une caractérisation dans l'absolu de l'autonomie qui dépend bien des tâches à réaliser, du contexte, de l'âge de l'élève, etc.

Pour autant, ce cadre peut laisser apparaître plusieurs biais : donner l'idée qu'il faut travailler indépendamment chaque domaine, laisser penser que l'autonomie est un concept absolu, masquer la dimension didactique des apprentissages.

Le cadre d'analyse doit encore faire ses preuves comme, d'une part, un outil qualitatif pour étudier des pratiques réelles de classe et ainsi comprendre le processus d'enseignement apprentissage et la place de l'autonomie et, d'autre part, comme un outil quantitatif afin de tester à grande échelle sa robustesse.

RÉFÉRENCES

- Albero, B. (2004). L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages. In I. Saleh, D. Lepage & S. Bouyahi (Eds.), *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur*, Actes de la journée d'étude du 12 novembre 2002, Laboratoire Paragraphe, Université Paris VIII (pp. 139-159). Vincennes - St Denis, France: Actes Huit.
- Artigues, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Barbot, M.-J. (2000). *Les auto-apprentissages*. CLE international.
- Bécu-Robinault, K. (2015). *Un cadre épistémologique pour concevoir des séances et analyser des pratiques d'étude et d'enseignement de la physique*. [Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université de Toulouse Jean-Jaurès]. Archive ouverte Hal. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01237838/>.
- Ben Zvi, D., & Sfar, A. (2007). Ariadne's thread, daedalus' wings and the learners autonomy. *Education & Didactique*, 1, 117-134.
- 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 (Dirs.), *Épistémologie et didactique* (pp. 195-220). Presses Universitaires de Franche-Comté.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Carré, P. (1992). *L'Autoformation dans la formation professionnelle*. La documentation française.
- Chirkov, V.-I. (2009). A cross-cultural analysis of autonomy in education. A self-determination theory perspective. *Theory and Research in Education*, 7(2), 253-262.
- 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.
- Denouël, J. (2017). L'école, le numérique et l'autonomie des élèves. *Hermès, La Revue*, 78(2), 80-86. <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2017-2-page-80.htm>.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine*. Peter Lang.
- El Bilani, R., Montpied, P., & Le Maréchal, J.-F. (2007). Autonomie et motivation lors de l'apprentissage avec un simulateur. *Didaskalia*, 31, 11-45.
- El Hage, S., & Buty, C. (2013). Weaving relationships in a teaching sequence using ICT: A case study in Optics at lower secondary school. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), *Topics and trends in current science education* (pp. 213-228). Springer.
- El Hage, S., & Buty, C. (2014). La notion d'inscription appliquée aux pratiques enseignantes, une étude de cas en physique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 213-243.
- El Hage, S., Boilevin, J.-M., & El Hajjar, D. (2021). Developing the students' autonomy in middle school: An exploratory study of French science teachers' points of view & the expectations of the school institution. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 15(2), 77-99. <https://doi.org/10.26220/rev.3826>.
- El Hage, S., Boilevin, J.-M., & El Hajjar, D. (2022). Autonomie des élèves français en physique au lycée : Points de vue d'enseignants. In P. Venturini & L. Pélissier (Dir.), *Actes du 12ème rencontres scientifiques de l'Association de Recherche en Didactiques, Sciences et Technologies* (pp. 507-512). Toulouse, France.
- Eneau, J. (2018). Autoformation, autonomisation et émancipation : De quelques problématiques de recherche en formation d'adultes. *Recherches & Educations*, 16, 21-38. <https://doi.org/10.4000/rechercheseducations.2489>
- Foray, P. (2017). Autonomie. *Le Télémaque*, 51, 19-28.
- Furtak, E.-M., & Kunter, M. (2012). Effects of autonomy-supportive teaching on student learning and motivation. *The Journal of Experimental Education*, 80(3), 284-316.
- Grimault-Leprince, A. (2017). Étudier les liens entre usages numériques et autonomisation chez les adolescents. *Éléments d'une recherche par questionnaire*. Séminaire du CREAD « Complémentarité des approches didactiques et sociologiques en éducation » (CADS), Rennes.
- Gueudet, G., & Joffredo-Lebrun, S. (2021). Teacher education, students' autonomy and digital technologies: A case study about programming with Scratch. *Review of Science, Mathematics and ICT Education* 15(1), 5-24. <https://doi.org/10.26220/rev.3575>.
- Gueudet, G., & Lebaud, M.-P. (2019). Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique partie 2. Analyser le potentiel de ressources pour les professeurs. *Petit x*, 110-111, 85-102.
- Kant, E. (1788/2003). *Critique de la raison pratique*. Flammarion.
- Lahire, B. (2001). La construction de l'« autonomie » à l'école primaire : Entre savoirs et pouvoirs. *Revue Française de Pédagogie*, 135(1), 151-161.
- Le Bouil, A., El Hage, S., Jameau, A., & Boilevin, J.-M. (2019). L'autonomie des élèves dans l'apprentissage de la physique-chimie selon les enseignants. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 274-280.
- Leontiev, A. (1975). *Activité, conscience, personnalité*. Progrès.
- Martinand, J.-L. (1992). Présentation. In J.-L. Martinand (Dir.), *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences* (pp. 7-22). INRP.

- Monod, R., Digard, I., Florimond, A., Fontanieu, V., Péres, C., Rossetto, A.-M., & Morel-Deville, F. (2010). L'investigation en MI-SVT : un chemin vers l'autonomie des élèves ? In *Actes des journées scientifiques DIES 2010* (pp. 87-97). Lyon : INRP. www.inrp.fr/editions/dies.
- Morge, L., Chazeaux, G., Espalieu, C., & Martial, P. (2005). Une situation adidactique pour enseigner les principales caractéristiques des circuits électriques, simple, en série et en dérivation *BUP*, 99(876), 747-754.
- Olsen, T.-P., Hewson, P.-W., & Lyons, L. (1996). Preordained science and student autonomy: the nature of laboratory tasks in physics classrooms. *International Journal of Science Education*, 18(6), 755-790.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Ottavi, D. (2009). *De Darwin à Piaget. Pour une histoire de la psychologie de l'enfant*. CNRS Editions.
- Pantidos, P., & Givry, D. (2021). A semiotic approach for the teaching of energy: Linking mechanical work and heat with the world of objects and events. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 15(2), 5-30. <https://doi.org/10.26220/rev.3563>.
- Patry, D. (2018). L'autonomie : L'incontournable de toutes les pédagogies actuelles ? *Tréma*, 50, 1-18. <http://journals.openedition.org/trema/4237>.
- Raab, R. (2014). Apprentissage en autonomie et stratégies d'évitement de l'obstacle. *Questions Vives*, 22, 1-19. <http://doi.org/10.4000/questionsvives.1653>.
- Rivens Mompean, A., & Eisenbeis, M. (2008). Autoformation en langues : quel guidage pour l'autonomisation ? *Les Cahiers de l'Acedle*, 6(1), 221-244.
- Ryan, R.-M., & Deci, E.-L. (2017). *Self-determination theory. Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.
- Sanchez, E. (2023). *Enseigner et former avec le jeu. Développer l'autonomie, la confiance et la créativité avec des pratiques pédagogiques innovantes*. ESF Sciences Humaines.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71-87.
- Tiberghien, A., & Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et Didactique*, 1, 29-54.
- Ursekar, C., & Naik, S. (2023). So basically I have to speak less and give students some freedom: How committing to a value influences a teacher's enactment of an inquiry-based science unit. *International Journal of Science Education*, 45(18), 1507-1531.
- Venturini, P. (2009). L'envie d'apprendre les sciences à l'école : Apports de la recherche et perspectives pour la formation dans le secondaire. In J. Clanet (Dir.), *Recherche / Formation des enseignants. Quelles articulations ?* (pp. 143-151). Presses universitaires de Rennes.
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). Mise en œuvre de 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, 95-1220.
- Vergnaud, G. (1989). La formation des concepts scientifiques. Relire Vygotski et débattre avec lui aujourd'hui. *Enfance*, 1(2), 111-118.
- Viau, R. (2003). *La motivation en contexte scolaire*. De Boeck.
- Vincent-Durroux, L., & Panckhurst, R. (2002). *Autoformation et autoévaluation : Une pédagogie renouvelée ?* PULM.
- Vorholzer, A., & Aufschnaiter, C.-V. (2019). Guidance in inquiry-based instruction - an attempt

to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562-1577.

Wang, Y.-L. & 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 & Mathematics Education*, 18(1), 43-59.

Textes institutionnels

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (1997). *Organisation des enseignements du cycle central du collège* (Bulletin Officiel spécial de L'Éducation Nationale n° 5 du 30 janvier 1997).

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (2005). *Programmes des collèges physique-chimie classe de cinquième* (Bulletin Officiel spécial de L'Éducation Nationale n°5 du 25 août 2005 programmes). <https://www.education.gouv.fr/bo/BoAnnexes/2005/hs5/hs5.pdf>.

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (2008). *Programmes du collège, programme de l'enseignement de physique-chimie* (Bulletin Officiel spécial de L'Éducation Nationale n°6 du 28 Août 2008). https://cache.media.education.gouv.fr/file/special_6/52/7/Programme_physique-chimie_33527.pdf.

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (2010). *Programme de physique-chimie en classe de seconde générale et technologique* (Bulletin Officiel spécial de L'Éducation Nationale n°4, 29 avril 2010). https://cache.media.education.gouv.fr/file/special_4/72/9/physique_/chimie_143729.pdf

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (2019a). *Programme de physique-chimie de seconde générale et technologique*. <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special/MENE1901634A.htm>.

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (2019b). *Programme de physique-chimie de première générale*. https://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/43/2/spe635_annexe_1063432.pdf.

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (2019c). *Programme de physique-chimie de terminale générale*. https://cache.media.education.gouv.fr/file/SPE8_MENJ_25_7_2019/92/9/spe249_annexe_1158929.pdf.

Ministère de l'Éducation Nationale - MEN (2020). *Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle)*. https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/89/1/ensel714_annexe3_1312891.pdf.