



**EFFET DE L'UTILISATION DE LA DÉMARCHE
DIDACTIQUE HYPOTHÉTICO-DÉDUCTIVE À TRAVERS
UNE SITUATION-PROBLÈME SUR L'ACQUISITION DU PRINCIPE
D'INERTIE : CAS DES APPRENANTS MAROCAINS DU TRONC
COMMUN TECHNOLOGIQUE EN SCIENCES PHYSIQUESⁱ**

El Mehdi EL Hamdouchi¹

Mohammed Abid^{1,2ii},

Ali Ouasri²,

El Bachir Benamar²

¹Laboratoire des Matériaux Avancés et Génie des Procédés,
Faculté des Sciences Université Ibn Tofail,
BP133, Kénitra,
Maroc

²Laboratoire de la Recherche Scientifique et Innovation Pédagogique (ReSIP),
Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation,
Madinat Al Irfane, Souissi,
BP 6210, Rabat,
Maroc

Résumé :

Cette recherche vise l'étude de l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur l'acquisition du principe d'inertie par des apprenants marocains du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques. L'étude a adopté la méthodologie quasi-expérimentale basée sur deux groupes d'un échantillon de 74 apprenants. La démarche inductive (démarche classique) a été initiée pour le premier groupe dit groupe témoin, tandis que la démarche didactique hypothético-déductive a été testée pour le second groupe (groupe expérimental) à travers une situation-problème portant sur le principe d'inertie. L'évaluation de performance a été effectuée par un test écrit, administré aux apprenants une semaine après la fin du traitement expérimental. Les données recueillies des deux groupes, témoin et expérimental, ont été analysées en utilisant des statistiques descriptives, test-t de Student et test U de Mann-Whitney. L'analyse statistique inférentielle montre que l'enseignement-apprentissage par une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème a un effet positif sur le

ⁱ EFFECT OF USING THE HYPOTHETICO-DEDUCTIVE DIDACTIC APPROACH THROUGH A PROBLEM SITUATION ON THE ACQUISITION OF THE PRINCIPLE OF INERTIA: CASE OF MOROCCAN LEARNERS OF THE COMMON TECHNOLOGICAL CORE IN PHYSICAL SCIENCES

ⁱⁱ Correspondence: email profabidmed@gmail.com, abid.mohammed@uit.ac.ma

rendement scolaire des apprenants par rapport à l'enseignement classique. En somme, les résultats de cette étude ont montré que les élèves acquièrent davantage les apprentissages relatifs à l'énoncé du principe d'inertie par la démarche didactique hypothético-déductive comme une alternative innovante de la démarche inductive dans l'enseignement des sciences physiques au secondaire qualifiant, et qu'elle permet surtout de changer les conceptions initiales des apprenants. La démarche hypothético-déductive semble être convenable pour faire face aux situation-problèmes dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques en raison des avantages dans la construction des apprentissages des apprenants au niveau de Tronc commun du secondaire qualifiant.

Mots clés : conceptions initiales, hypothético-déductive, inductive, situation-problème, principe d'inertie

Abstract:

The aim of this research is to study the effect of using a hypothetico-deductive didactic approach through a problem situation, on the acquisition of the principle of inertia by Moroccan learners in qualifying secondary education (case of the technological common core), in Physical Sciences. The study adopted a quasi-experimental methodology based on two groups of a sample of 74 learners. The inductive approach (classical approach) was introduced for the first group (control group), while the didactic hypothetico-deductive approach was tested for the second group (experimental group) through a problem situation involving the principle of inertia. Performance was assessed by means of a written test administered to the learners one week after completion of the experimental treatment. Data collected from both control and experimental groups were analyzed using descriptive statistics, Student's t-test and Mann-Whitney U-test. Inferential statistical analysis shows that teaching-learning using a hypothetico-deductive didactic approach through a problem situation has a positive effect on learners' academic performance compared with conventional teaching. In summary, the results of this study show that the hypothetico-deductive didactic approach is an innovative alternative to the inductive approach in the teaching of physical sciences in qualifying secondary schools, and that it is particularly effective in changing learners' initial conceptions. The hypothetico-deductive approach appears to be suitable for dealing with problem situations in the teaching-learning of the physical sciences, because of its advantages in the construction of learners' learning at the level of the Common Core of qualifying secondary education.

Keywords: initial concepts, hypothetico-deductive, inductive, problem situation, principle of inertia

1. Introduction

Le système éducatif marocain a connu une succession de réformes, depuis la publication de la Charte Nationale d'Éducation et de Formation en 1999 jusqu'à nos jours, dont l'objectif est d'améliorer l'enseignement-apprentissage des sciences et des technologies (COSEF, 1999). Cependant, on constate que les apprenants souffrent toujours de carences en connaissances et compétences de base requises de l'enseignement-apprentissage des sciences et technologies, comme en témoignent les évaluations internationales (TIMSS, 2015 ; TIMSS 2019 et PISA, 2018) auxquelles le Maroc avait participé (CSEFRS, 2018 ; 2021 ; Mullis *et al.* 2020).

En Europe, aussi, on constate un manque d'intérêt croissant et une attitude négative des élèves du secondaire vis-à-vis des sciences (Lozano et Solbes, 2021 ; Solbes *et al.*, 2007), qui diminuent leurs performances (Cardellini, 2012). Les élèves considèrent souvent les sujets scientifiques comme ennuyeux, non pertinents et trop théoriques, ce qui est dû selon ces auteurs à un phénomène complexe et multiple. L'enseignement scientifique décontextualisé où les activités pratiques ne sont pas suffisantes en est une explication. En effet, l'enseignement n'est souvent pas en lien avec le monde extérieur à l'école (Cardellini, 2012), alors que la science en dehors de classe devient un divertissement populaire, via des foires scientifiques, émissions de TV scientifiques, sites web concernant des expériences amusantes (Lozano et Solbes, 2021).

Parmi les facteurs complexes et multiples responsables de la situation de carence au Maroc, se trouve certainement les pratiques enseignantes (CSEFRS, 2021). À cet égard, de nombreuses études en didactique des sciences ont montré que les difficultés rencontrées en apprentissage peuvent être liées, entre autres, aux pratiques enseignantes (Robert et Rogalski, 2002 ; De Hosson *et al.*, 2008). En ce sens, les méthodes d'enseignement des sciences utilisées par les enseignants marocains ont été qualifiées de méthodes dogmatiques (Ministère de l'Éducation nationale, 2000). De même, plusieurs travaux didactiques ont confirmé que les enseignants des sciences utilisent essentiellement la démarche inductiviste, qui consiste en certaines étapes régulières et routinières : manipulations, observations, mesures et conclusions (Guillaud ; Guillaud et Robardet, 1997 ; Kouhila et Maarouf, 2001 ; Windschitl, 2003 ; Apostolou et Koulaidis, 2010).

Par ailleurs, de nombreuses recherches en didactique des sciences avaient critiqué la démarche inductiviste pour plusieurs considérations, dont la plus importante est la non-prise en compte des conceptions initiales des apprenants (Désautels *et al.*, 1993 ; Dupin et Johsua, 1993 ; Clément, 1998), en faveur des méthodes didactiques intégrant les activités expérimentales dans des démarches didactiques inspirées de la démarche scientifique tenant compte des conceptions initiales des apprenants (Robardet, 1990). Parmi ces démarches, nous nous intéresserons spécifiquement, dans ce travail aux démarches didactiques constructivistes fondées sur une épistémologie hypothético-déductive et centrées sur la résolution des situations-problèmes.

En vue d'étudier l'efficacité de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive et des situations-problèmes dans l'amélioration du rendement scolaire des élèves du secondaire qualifiant, et contribuer à la mobilisation et l'encouragement des enseignants à les mettre en œuvre lors de l'enseignement-apprentissage des sciences physiques et dans d'autres matières, la présente étude vise les objectifs suivants :

- Évaluer l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.
- Faire une comparaison entre deux démarches d'enseignement : la démarche hypothético-déductive à travers une situation-problème et une démarche inductiviste (démarche classique), au niveau du rendement scolaire de ces apprenants.
- Améliorer les performances, en termes de résultats des apprenants en matière des Sciences Physiques.

Cet article se compose donc de quatre parties importantes. La première partie réservée à décrire la problématique, les questions et les hypothèses sous-jacentes de cette étude, la deuxième partie est un bref état de l'art sur la situation didactique, démarches didactiques hypothético-déductives, la troisième partie illustre la méthodologie suivie dans la réalisation de ce travail, et puis une dernière partie réservée à la présentation et la discussion des résultats obtenus au terme de cette étude.

2. Problématique, hypothèses et limites de la recherche

L'enseignement-apprentissage selon des démarches didactiques constructivistes fondées sur une épistémologie hypothético-déductive avait fait l'objet de nombreuses études (Al Mushrif, 1993 ; Abou Qamar, 1996 ; Ayesha, 2009 ; Kabbaja, 2014 ; Abdi, 2014 ; Maxwell *et al.*, 2015 ; Aktamis *et al.*, 2016 ; Alfin *et al.*, 2019, Verhagen, 2010 ; Droui et El Hajami, 2015 ; Ben Jemaa et Boilevin, 2016). Selon ces études, on parle surtout de « Inquiry Based Learning (IBL) » dans les pays anglophones, alors que dans les pays francophones, on utilise la dénomination « démarche d'investigation (DI) ». En effet, l'apprentissage par investigation (IBL) est basé sur une approche pédagogique mettant les élèves au centre de leur apprentissage. Il s'agit d'un projet d'investigation mobilisant des ressources cognitives, des savoir-faire expérimentaux ainsi que des compétences transversales, soumis aux élèves travaillant souvent en groupes. Cette pédagogie a été imposée dans de nombreux cursus scientifiques (Belgique, France, Maroc, Canada, ...), en secondaire afin d'augmenter l'intérêt et donc d'engendrer une attitude positive des élèves envers les sciences, en particulier les sciences physiques.

La plupart des études citées s'accordent sur l'efficacité positive des démarches didactiques constructivistes qui suivent une épistémologie hypothético-déductive, en raison des différences significatives justifiées entre les apprenants du groupe

expérimental et ceux du groupe de contrôle, en faveur du groupe expérimental. Cependant, les résultats de l'étude réalisée par Maxwell *et al.* (2015) ont montré un effet positif de la méthode. Dans le même sens, Ben Jemaa et Boilevin (2016) et Alfin *et al.* (2019) ont confirmé l'effet positif de leurs méthodes, mais aucune méthode statistique inférentielle n'a été utilisée pour vérifier la significativité de leurs résultats. Par ailleurs, les études des auteurs Al Mushrif (1993) et Maxwell *et al.* (2015) avaient abouti aux résultats relativement différents. Alors que les résultats d'Al Mushrif (1993) montraient l'inefficacité de la méthode sur le développement des niveaux cognitifs moins élevés (mémorisation, compréhension, application), ceux de Maxwell *et al.* (2015) indiquaient que la méthode a eu un impact négatif sur les attitudes des apprenants, un effet qui n'était pas statistiquement significatif. D'autre part, l'étude (Verhagen, 2010) a indiqué qu'il n'y a pas une nette préférence par l'une des deux méthodes.

Par conséquent, il est toujours crucial et recommandé de réaliser des travaux de recherches plus approfondis dans des contextes particuliers, comme le contexte marocain caractérisé généralement par le faible rendement scolaire des apprenants marocains au secondaire qualifiant, en sciences physiques (TIMSS, 2015 ; TIMSS 2019 et PISA, 2018 ; CSEFRS, 2018 ; 2021). Ce qui peut être dû au fait que l'enseignement-apprentissage des sciences physiques repose encore sur des méthodes traditionnelles, telles que la démarche inductiviste. D'où la problématique de la présente étude que l'on décline sous la question suivante :

L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème peut-elle améliorer le rendement scolaire des apprenants en sciences physiques du secondaire qualifiant, cas du tronc commun technologique ?

À la lumière de la question de cette recherche, deux hypothèses peuvent être énoncées :

- **Hypothèse nulle (H_0)** : L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a le même effet que la démarche inductiviste (démarche classique), sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.
- **Hypothèse alternative (H_1)** : L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à la démarche inductiviste (démarche classique), sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

De point de vue méthodologique, la présente recherche s'est limitée par certains facteurs, en l'occurrence :

- **Délimitation spatiale** : La recherche a été réalisée à un seul lycée situé à la ville de Salé relevant de la région de Rabat-Salé-Kénitra, Maroc.
- **Délimitation temporelle** : la recherche a été menée au premier semestre de l'année scolaire 2021-2022.

- **Niveau** : il concerne un échantillon d'apprenants du tronc commun technologie, option française.
- **Contenu scolaire** : porte sur l'enseignement de l'élément « Énoncé du principe d'inertie » relevant du programme de physique.
- **Objet** : l'étude concerne essentiellement la démarche d'enseignement comme facteur qui conduit à la faiblesse du rendement scolaire des apprenants en matière des sciences physiques.

3. Cadre théorique

Comme déjà évoqué, le manque d'intérêt et les attitudes négatives des élèves du secondaire envers les sciences ne cessent de croître (Lozano et Solbes, 2021, Rocard *et al.*, 2007 : Solbes *et al.*, 2007). C'est donc dans le but d'accroître l'intérêt des élèves pour ces matières que la pédagogie par investigation a été proposée dans de nombreux programmes scolaires en secondaire (Belgique, France, Maroc, Canada ...).

Quelles sont les différences avec la pédagogie adoptée jusqu'alors ? Qu'apporte ce type d'enseignement en plus ? Pour discuter ces questions, nous allons passer en revue certains éléments et caractéristiques de la démarche inductive et de la méthode hypothético-déductive mises en œuvre dans l'enseignement des sciences physiques, en se référant particulièrement aux illustrations faites sur ces approches par Guillaud et Robardet (1997).

3.1. Situation-problème : conceptions initiales en tant qu'obstacles

Les apprenants ne sont plus considérés comme vides d'esprit, bien au contraire, ils viennent en classes avec des idées différentes sur le thème de la séquence d'enseignement-apprentissage, ces idées sont le reflet de structures mentales appelées conceptions initiales. Dans ce sens, De Vecchi et Giordan (1987) ont défini une conception comme un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face aux situations-problèmes, mais surtout ils mettent en évidence l'idée que cet ensemble traduit une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles.

Un obstacle d'apprentissage correspond à une conception fautive ou incomplètement élaborée qui empêche l'apprenant d'avancer dans la construction d'un savoir (De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996). En effet, un obstacle relève d'une connaissance qui possède un domaine de validité et d'efficacité, comme elle est résistante à l'enseignement-apprentissage (Artigue, 1991). Ainsi, des travaux didactiques s'accordent à dire que l'objectif premier visé par les situations-problèmes est le franchissement d'un obstacle par l'élève (Boilevin, 2005).

Dans cette étude, on adopte la définition proposée par De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996). Il s'agit d'une situation de recherche, en relation avec un obstacle lié à des conceptions erronées et vécu par les élèves comme une contradiction. Le travail sur

cet obstacle s'appuie sur des conflits cognitifs ou socio-cognitifs, et son dépassement ouvre sur la construction de connaissances à caractère général (Boilevin, 2005).

Les caractéristiques les plus importantes de la situation-problème ont été discutées (Bonnard, Gesset, et Ferre, 2009). Selon ces auteurs, une situation problème consiste tout d'abord en une énigme proposée par l'enseignant, qui entraîne un déséquilibre, un conflit ou une divergence chez les apprenants. A ce moment-là, un conflit cognitif est né de la confrontation entre ce que l'élève constate dans la réalité et ce qu'il croit savoir (représentations initiales) ; ce qui le conduit à élaborer de nouvelles représentations, elles-mêmes confrontées aussi à celles des autres. Et c'est ainsi qu'un conflit sociocognitif a lieu en termes de nouvelles représentations pour chaque élève, pour le groupe, et pour la classe. Des études ont été menées sur les difficultés rencontrées par les élèves marocains en résolution de problèmes des sciences physiques (Ouasri, 2017, 2018). Il s'en dégage que la plupart des élèves éprouvent des difficultés à atteindre ce qu'on appelle l'étape autonome dans le processus de production des connaissances. D'où l'intérêt d'introduire d'autres approches et méthodes dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques à travers des situations problèmes.

3.2. Démarches d'enseignement des sciences

3.2.1. Démarche inductive

La démarche inductive est une démarche classique, appelée aussi approche empirico-inductive, qui part de faits, de données réelles et observables, pour aller vers l'explication de ces faits. Dans l'enseignement des sciences, Robardet (1990) a défini la démarche inductive comme la démarche qui repose sur l'analyse, en classe, d'une expérience prototypique à partir de laquelle sont mis en évidence les concepts et les lois. Ce passage des faits aux lois s'appuie sur la rigueur, l'observation et la mesure. Dans cette démarche, définie brièvement comme une séquence de manipulation, d'observations, de mesures et de conclusions, l'enseignant joue le rôle principal en conduisant l'exploitation théorique de l'expérience (Robardet, 1990). Alors que l'apprenant n'a qu'à observer ou effectuer des mesures et ensuite les convertir en un graphique permettant d'établir une loi. Le schéma présenté dans la figure 1 illustre la démarche inductive utilisée dans l'enseignement des sciences physiques (Guillaud et Robardet, 1997).

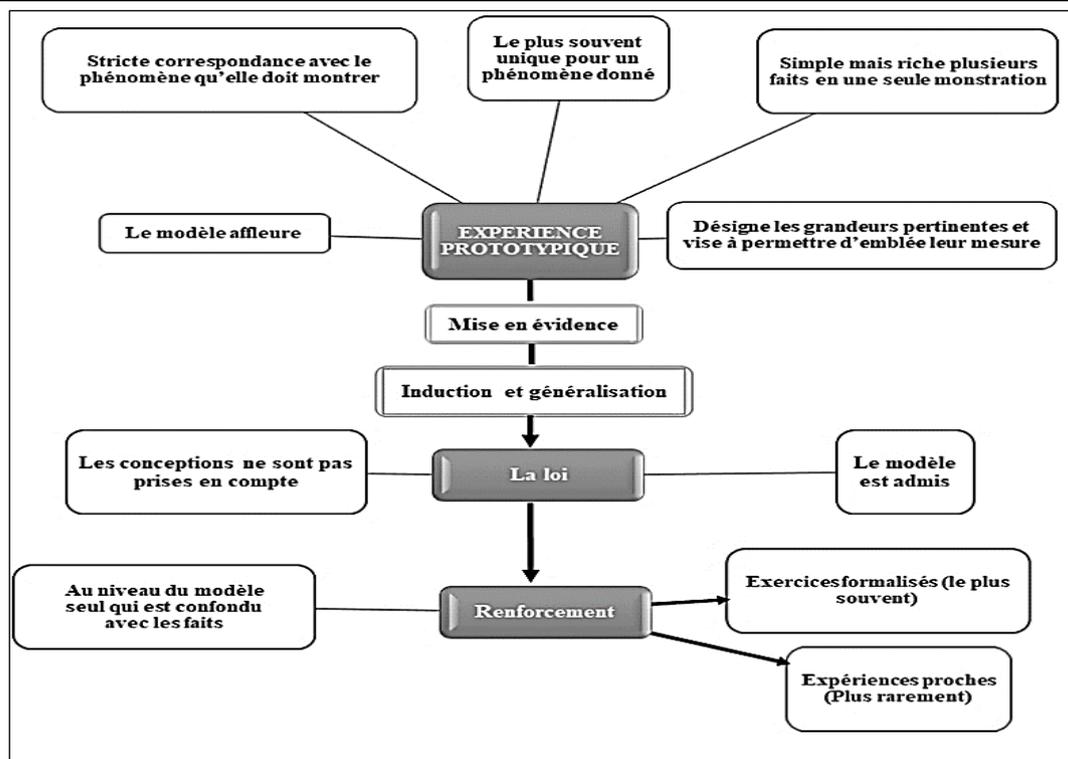


Figure 1 : La démarche inductive dans l'enseignement des sciences physiques (d'après Guillaud et Robardet, 1997)

3.2.2. Démarche didactique hypothético-déductive

L'approche dite généralement par investigation ou « Inquiry-Based Learning » n'est pas aussi nouvelle, puisque les éléments de ce modèle trouvent leurs origines vers 1911 (Khalaf et Zin, 2018). Elle s'inscrit dans une tradition pédagogique issue de Dewey, Bruner, Piaget ...promouvant une posture active de l'élève (Coquidé-Cantor *et al.*, 2009 ; Sun *et al.*, 2022). Ses fondements viennent donc de la théorie constructiviste, dans laquelle les apprenants construisent leurs propres connaissances en prenant une part active dans le processus d'apprentissage (Bächtold, 2012 ; Berie *et al.*, 2022 ; Coquidé-Cantor *et al.*, 2009 ; Orosz *et al.*, 2023 ; Sun *et al.*, 2022).

L'objectif de l'apprentissage par investigation est de permettre aux élèves de résoudre des problèmes en prenant appui sur leurs propres forces intellectuelles (Cariou, 2013). En effet, les élèves devraient résoudre un problème issu de la vie de tous les jours. Pour ce faire, ils vont mener des expériences, collecter des données, les analyser, les discuter pour pouvoir ensuite en tirer des conclusions, et répondre à la question initiale (Ouasri, 2017, Ouasri et Ravanis, 2017, Ouasri et EL Mhammedi, 2018). C'est donc comme un processus de découverte scientifique (Sun *et al.*, 2022).

La démarche hypothético-déductive est une méthode qui part d'une ou plusieurs hypothèses de travail pour aboutir à leur vérification expérimentale. En tant que démarche scientifique, elle consiste à tester une conséquence déduite de l'hypothèse. Le mode de raisonnement scientifique est donc adopté dans l'approche didactique hypothético-déductive (Dépelteau, 2010). A partir d'hypothèses générales, cette méthode

permet à l'apprenant de comprendre des éléments particuliers en procédant du général au spécifique.

Dans le mode déductif, l'apprenant en tant que "chercheur" formule d'abord une hypothèse plus ou moins spécifique et infère logiquement à partir de cette dernière des implications matérielles pour ensuite colliger des données et éprouver les hypothèses (Balslev et Saada-Robert, 2002), au contraire du mode inductif qui consiste à aborder concrètement un sujet d'intérêt et laisser les faits suggérer les variables importantes, les lois, etc. (Beaugrand, 1988).

Dans l'enseignement des sciences, Guy Robardet (1990) a défini trois critères qui doivent être remplis dans une démarche didactique hypothético-déductive :

- La construction des savoirs scientifiques suppose la prise en compte des conceptions initiales des apprenants.
- L'apprentissage ne commence pas par l'expérience, celle-ci ne vient que pour confirmer ou infirmer les conceptions initiales des apprenants.
- Il faut distinguer les faits des modèles en présentant des situations non simplifiées, inspirées de la réalité des apprenants, qui met en évidence la nécessité d'adopter des modèles comme outils pour simplifier la situation et fournir une solution acceptable au problème.

Il est utile donc pour les enseignants d'utiliser une démarche didactique hypothético-déductive qui tient compte des conceptions initiales des apprenants à travers une situation-problème (Robardet, 1990, Guillaud et Robardet, 1997, Balslev et Saada-Robert, 2002). Pour un exemple illustratif, le schéma présenté dans la figure 2, récapitule la démarche hypothético-déductive en sciences physiques, selon Guillaud et Robardet (1997).

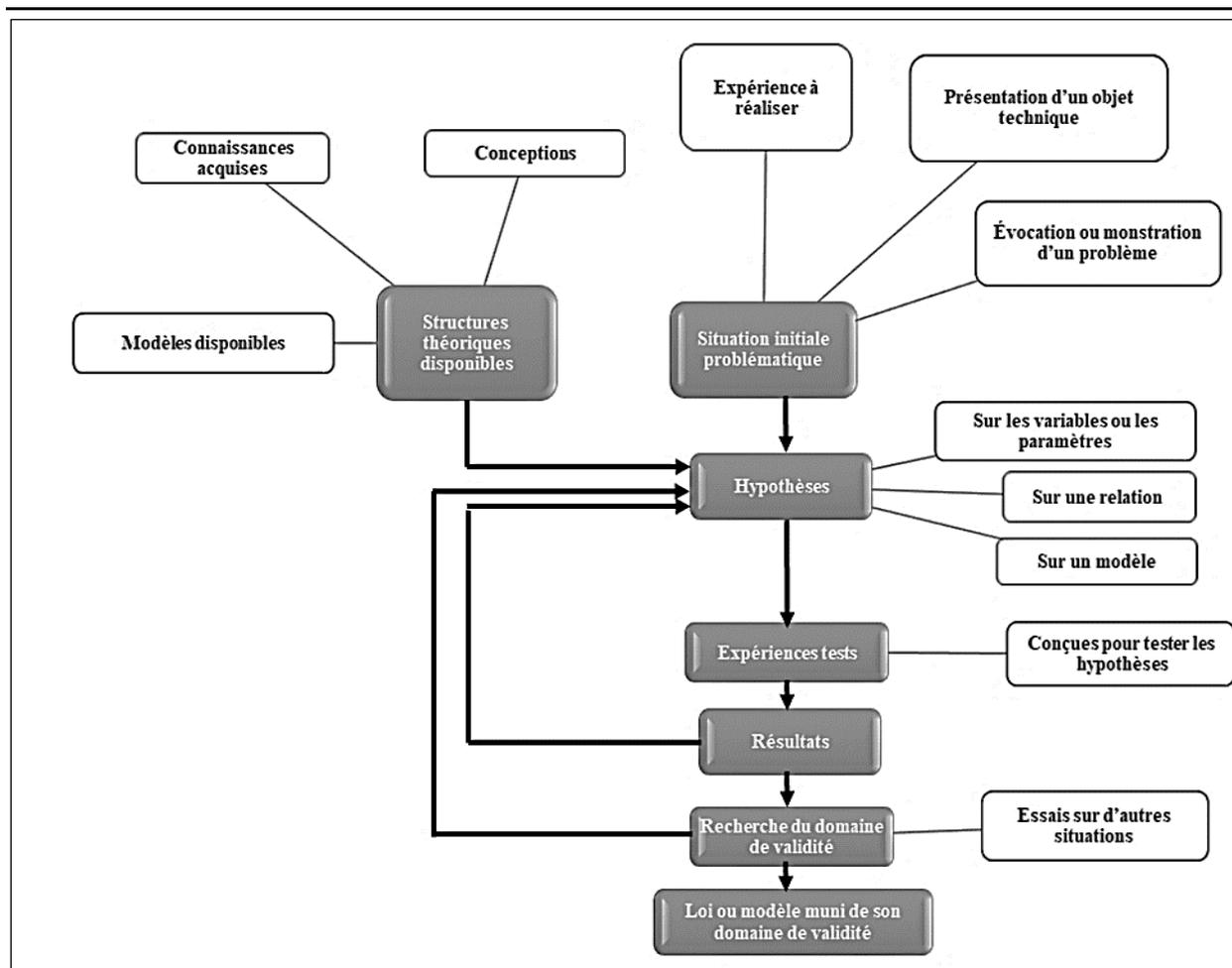


Figure 2 : la démarche hypothético-déductive dans l'enseignement des sciences physiques (d'après Guillaud et Robardet, 1997)

4. Méthodologie de recherche

Cette recherche a été développée en suivant une méthodologie quasi-expérimentale avec deux groupes. Dans le premier groupe (groupe témoin), la séquence de cours a été assurée par un enseignant utilisant une démarche inductive (démarche classique). Dans le deuxième groupe (groupe expérimental), la séquence de cours a été assurée par le même enseignant en utilisant la démarche didactique hypothético-déductive via une situation-problème.

4.1. Echantillon cible

Cette étude s'est déroulée en ciblant un échantillon de 74 apprenants âgés de 16 ans, répartis en deux groupes : 27 apprenants dans le groupe témoin et 47 dans le groupe expérimental. Tous les apprenants sont issus du niveau du tronc commun technologique et appartiennent à trois classes d'un lycée public situé à Salé, au Maroc. Le choix de ces classes a été motivé par des raisons liées à la facilitation du processus de recherche. Il convient de noter que, dans le système éducatif marocain, le niveau du tronc commun

correspond à la première année du cycle secondaire qualifiant, qui comprend également deux autres niveaux : la première et la deuxième année du Baccalauréat.

4.2. Pré-test et Post-test

Pour étudier l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème sur le rendement scolaire des apprenants du tronc commun technologique, en sciences physiques, on a procédé à la conception et la réalisation de deux tests :

Le premier test « pré-test » (Annexe 1) a été effectué avant les séquences d'enseignement-apprentissage, pour voir si les apprenants du groupe expérimental et ceux du groupe témoin maîtrisaient au même degré les acquis précédents liés à l'élément « Énoncé du principe d'inertie ». Dans ce test, on a limité les savoir et les savoir-faire précisés dans les programmes antérieurs et le programme actuel du tronc commun, dont la maîtrise est nécessaire pour l'apprentissage. Pour ce test, on a élaboré six exercices ne contenant pas de questions redondantes, pour pouvoir évaluer la maîtrise de chaque ressource, une seule fois.

Le deuxième test « post-test » (annexe 2) a eu lieu une semaine après le traitement expérimental afin de faire une comparaison entre les deux groupes au niveau du rendement scolaire. Ce test s'est présenté sous forme écrite en trois exercices visant à vérifier si les apprenants ont compris le principe d'inertie et qu'ils sont capables de l'appliquer.

4.3. Déroulement de l'intervention

4.3.1. Déroulement de la séquence d'enseignement-apprentissage du groupe témoin

Le principe d'inertie est enseigné aux apprenants du groupe témoin par une démarche inductive lors d'une séquence d'enseignement-apprentissage d'une heure et demie et qui s'est déroulée en quatre phases :

- **Phase 1 - Présentation du dispositif expérimental :** l'enseignant a expliqué aux apprenants le fonctionnement de la table à coussin d'air.
- **Phase 2 - Étude du mobile autoporteur au repos :** Les apprenants ont étudié le mobile autoporteur au repos en déterminant la somme vectorielle des forces extérieures agissant sur lui ($\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$) et le vecteur vitesse ($\vec{V} = \vec{0}$).
- **Phase 3 - Étude du mobile autoporteur en mouvement rectiligne uniforme :** L'un des apprenants a poussé le mobile autoporteur en exploitant l'enregistrement réalisé. Les apprenants ont déterminé son vecteur vitesse ($\vec{V} = \overline{constant\vec{e}}$), et également la somme vectorielle des forces extérieures agissant sur le mobile ($\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$).
- **Phase 4 - Conclusion et généralisation :** Les apprenants ont résumé et généralisé ce qui a été obtenu des deux cas (Cas du repos et du mouvement rectiligne uniforme). Enfin, le professeur a énoncé le principe d'inertie.

4.3.2. Déroulement de la séquence d'enseignement-apprentissage du groupe expérimental

Le principe d'inertie a été enseigné aux apprenants du groupe expérimental par une démarche didactique hypothético-déductive qui fait face à une situation-problème, au cours d'une séquence qui a duré environ deux heures et qui s'est déroulé selon cinq phases :

- **Phase 1 : Présentation de la situation-problème** : l'enseignant a amené les apprenants à exprimer leurs conceptions initiales en posant la question suivante : *Un ballon initialement en mouvement peut-il garder sa vitesse sans avoir besoin de lui appliquer une force ?* et ce avant de leur demander de répondre individuellement à la question posée. Enfin, l'enseignant a recueilli et lu les réponses.
- **Phase 2 - Formulation des hypothèses et déduction des prédictions** : l'enseignant a essayé de remettre en question les conceptions initiales des apprenants en leur demandant d'expliquer et prouver leur point de vue empiriquement. Pour les faire inspirer, l'enseignant a proposé d'étudier le mouvement du ballon pour montrer aux apprenants le fait que le ballon ne soit soumis à aucune force après l'avoir poussée, les forces de frottement doivent être éliminées. Cette étude a montré aux apprenants qu'il est difficile de minimiser les forces de frottement appliquées sur le ballon jusqu'à ce qu'elles soient presque inexistantes, et de déterminer la vitesse du ballon afin de savoir si elle restera constante ou non. Ainsi, l'enseignant a averti les apprenants sur la possibilité de recourir à un autre corps, qui peut réaliser ces deux possibilités, au lieu du ballon, c'est le mobile autoporteur. Ce qui aidera les apprenants à déduire des prédictions mesurables de leur hypothèses, afin de les vérifier expérimentalement plus tard.
- **Phase 3- Vérification de l'hypothèse par l'expérimentation** : L'un des apprenants a poussé le mobile autoporteur en exploitant l'enregistrement ; les apprenants déterminent son vecteur vitesse ($\vec{V} = \overrightarrow{\text{constanté}}$), et la somme vectorielle des forces externes agissant sur le mobile ($\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$). A ce stade, les apprenants prennent conscience que les résultats déduits de l'expérience est incompatible avec leurs conceptions initiales ; ce qui crée chez eux un conflit cognitif. L'enseignant doit ouvrir une discussion avec eux afin qu'ils puissent reconstruire et formuler une nouvelle compréhension de l'effet de la force sur la vitesse.
- **Phase 4 - Interprétation et discussion des résultats** : A ce stade, l'enseignant a poussé les apprenants à reconsidérer et discuter entre eux les effets de la force sur le mouvement, ce qui les a amenés à se rendre compte du nouveau principe permettant la compréhension et l'interprétation de la relation entre la force et la vitesse, c'est le principe d'inertie.
- **Phase 5- Conclusion et généralisation** : c'est le moment d'institutionnaliser les apprentissages pour les apprenants, de résumer et généraliser la nouvelle loi à laquelle ils sont parvenus à partir de la discussion précédente, avant que l'enseignant ait énoncé le principe d'inertie.

4.4 Traitement des données

Les données recueillies, en termes de notes des tests administrés aux apprenants, sont traitées et élaborées à l'aide du logiciel SPSS version 26.

5. Résultats, analyse et discussion

5.1. Analyse des résultats relatifs au pré-test

Le pré-test a été effectué avant les séquences d'enseignement-apprentissage pour vérifier que les apprenants des deux groupes maîtrisaient au même degré les prérequis liés à la séquence « Énoncé du principe d'inertie ». Les résultats descriptifs du pré-test (Tableau 1) indiquent que le groupe témoin a une moyenne (M=11,01) légèrement supérieure à celle du groupe expérimental (M=10,55). Toutefois, cette différence apparente ne permet pas à elle seule de conclure à une différence statistiquement significative. Les données obtenues sur les scores du pré-test des deux groupes de l'échantillon étaient normalement distribuées, puisque la valeur de signification $p=0,131$ pour le groupe témoin et celle du groupe expérimental est $p=0,274$ sont respectivement supérieures à 0,05. Par conséquent, on peut vérifier le lien significatif entre les variables groupe d'apprenants et résultats du pré-test, par une analyse de comparaison, soit le test-t de Student pour échantillons indépendants (Tableau 2).

En se basant sur les données du tableau 2, on constate que le test-t de Student affiche la valeur de signification bilatérale $p=0,507$ est très supérieure à 0,05 (le seuil de signification), ce qui nous permet d'accepter l'hypothèse nulle et conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes. Ainsi, on peut affirmer que les apprenants du groupe expérimental et ceux du groupe témoin maîtrisaient au même degré les prérequis liés à l'enseignement de l'élément « Énoncé du principe d'inertie ».

Tableau 1 : Les résultats descriptifs du pré-test

Groupe	N	M	Écart type
Groupe témoin	27	11,01	2,24
Groupe expérimental	47	10,55	3,19

Tableau 2 : Les résultats du test-t de Student pour échantillon indépendant du pré-test

	Test de Levene		Test t pour égalité des moyennes		
	F	Sig.	t	ddl	Sig. (Bilatérale)
Hypothèse de variances égales	1,128	0,292	0,667	72	0,507

5.2. Analyse des résultats relatifs au post-test

Le post-test a été effectué une semaine après avoir réalisé le traitement expérimental pour vérifier les deux hypothèses sous-jacents de la recherche, qui sont déjà mentionnées : Hypothèse nulle (H_0) indiquant le même effet de l'utilisation de la démarche didactique hypothéti-co-déductive et de la démarche inductive sur le rendement scolaire des apprenants, et Hypothèse alternative (H_1) : indiquant un effet positif de l'utilisation de

la démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème sur le rendement scolaire des apprenants. Les résultats descriptifs du post-test (Tableau 3) indiquent que le groupe expérimental a une moyenne ($M=13,71$) supérieure à celle du groupe témoin ($M=10,90$). Toutefois, cette différence apparente ne permet pas à elle seule de conclure à une différence statistiquement significative. L'analyse de la normalité des scores du post-test révèle que les données du groupe témoin sont normalement distribuées, mais celles du groupe expérimental ne le sont pas (test de Shapiro-Wilk, $p = 0,031$). Par conséquent, on peut vérifier le lien significatif entre les variables groupe d'apprenants et résultats du post-test, par le test U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants (Tableau 4).

Tableau 3 : Les résultats descriptifs du post-test

Groupe	N	Moyenne	Écart type
Groupe témoin	27	13,71	4,47
Groupe expérimental	47	10,90	3,17

Afin de vérifier la présence d'un lien significatif entre les variables groupe d'apprenants et résultats du post-test, on a effectué une analyse de comparaison par le test U de Mann-Whitney (Tableau 4).

Tableau 4 : Les résultats du test U de Mann-Whitney pour échantillon indépendant du post-test

	Groupe témoin	Groupe expérimental
N	27	47
Rang moyen	28,63	42,60
U de Mann-Whitney	395,00	
W de Wilcoxon	773,00	
Z	-2,693	
Sig. asymptotique (bilatérale)	0,007	

Selon les résultats du tableau 4, le test U de Mann-Whitney affiche la valeur de signification bilatérale $p=0,007$ qui est inférieure à 0,05 (le seuil de signification). Ce qui nous permet de rejeter l'hypothèse nulle et conclure qu'il y existe statistiquement une différence significative entre les deux groupes au niveau du rang moyen des notes, en faveur du groupe expérimental, car le rang moyen des notes (42,60) du groupe expérimental est supérieur à celui du groupe témoin (28,63). Ainsi, on peut affirmer que l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème a un effet positif, par rapport à la démarche inductive sur le rendement scolaire des apprenants du tronc commun technologique en sciences physiques.

5.3. Discussion des résultats

L'analyse des résultats obtenus montre que les élèves du tronc commun du secondaire qualifiant ont acquis davantage les apprentissages relatifs au principe d'inertie assurés par la démarche hypothético-déductive. Ainsi, les résultats statistiques inférentiels dans

le post-test des deux groupes ont indiqué que le rendement du groupe expérimental qui a reçu un enseignement basé sur une démarche didactique hypothético-déductive, faisant face à une situation-problème, était meilleur que le rendement du groupe témoin qui a reçu un enseignement basé sur une démarche inductive.

L'analyse de l'effet de la démarche déductive sur l'acquisition des connaissances chez les élèves a été étudiée via trois exercices fermés contenant quelques questions ouvertes complexes comme étant une situation problème (Annexe 2). Il s'en dégage que les cinq phases (i : Présentation de la situation-problème, ii : Formulation des hypothèses et déduction des prédictions, iii : Vérification de l'hypothèse par l'expérimentation, iv : Interprétation et discussion des résultats, v : Conclusion et généralisation) de l'approche déductive (Robardet, 1990, Guillaud et Robardet, 1997, Balslev et Saada-Robert, 2002) ont permis à un nombre important d'élèves du groupe expérimental de réussir les apprentissages relatifs au principe d'inertie par rapport au nombre des élèves observé du groupe témoin, dont l'enseignement-apprentissage du principe a été réalisé en se limitant à quatre phases (i : Présentation du dispositif expérimental : ii : étude du mobile autoporteur au repos, iii : étude du mobile autoporteur en mouvement rectiligne uniforme, iv : conclusion et généralisation) constitutifs de l'approche inductive qui consiste en l'observation et la mesure faites sur une expérience prototypique pour aboutir au principe étudié (Robardet, 1990).

D'autre part, les résultats obtenus peuvent être discutés en rapport avec l'éclatement des problèmes en tâches allant du simple vers le complexe. Dans ce sens, des études ont mis en évidence que le mode d'instruction basé sur la décomposition des situations en tâches permettant d'acquérir progressivement les connaissances et les compétences requises n'ont pas abouti aux résultats nettement significatifs, car les apprenants soumis à ce type d'instruction basée sur l'éclatement des problèmes ne réussissent pas toujours les tâches complexes (Ouasri, 2017, Ouasri et Ravanis, 2017, Ouasri et EL Mhammedi, 2018). Ainsi, on peut conclure que l'approche déductive a permis à un nombre important des élèves du groupe expérimental de réussir les tâches finales relativement complexes énoncées particulièrement dans les exercices 2 et 3 de la situation donnée dans l'annexe 2. Cela peut être attribué aussi à un certain nombre de raisons, qui peuvent être résumées comme suit :

- **La prise en compte des conceptions initiales des apprenants** : Les apprenants du groupe expérimental ont été confrontés à une situation-problème qui les a poussés à mettre en avant leurs conceptions initiales, dont les limites ont été prouvées par des faits expérimentaux, et ainsi ils les ont modifiées pour les rendre plus cohérentes avec le savoir enseigné.
- **Donner du sens aux apprentissages et motiver les apprenants** : Les apprenants du groupe expérimental ont été confrontés à une situation-problème dérivée de leur vie réelle, ce qui a accru leur intérêt et leur motivation à apprendre.
- **La participation active des apprenants** : Tous les apprenants du groupe expérimental ont reçu un enseignement favorisant leur implication dans leurs apprentissages, ce qui développe chez eux l'autonomie.

Les résultats de la recherche actuelle sont cohérents avec ceux des études menées auparavant (Abou Qamar, 1996 ; Ayesch, 2009 ; Abdi, 2014 ; Aktamis *et al.*, 2016 ; Droui et El Hajjami, 2015) qui ont confirmé que l'utilisation des démarches didactiques constructivistes fondées sur une épistémologie hypothético-déductive, ont un effet positif par rapport aux démarches traditionnelles, sur le rendement scolaire des apprenants.

D'autre part, les résultats de la recherche actuelle diffèrent de la conclusion de la recherche menée par Al Mushrifi (1993) concernant le fait que la démarche d'investigation n'était pas efficace pour développer les niveaux cognitifs moins élevés (mémorisation, compréhension, application). Ils diffèrent également des résultats de l'étude (Maxwell, Lambeth, & Cox, 2015) en l'absence de différences statistiquement significatives entre les apprenants ayant reçu un enseignement fondé sur l'investigation et les apprenants ayant reçu un enseignement traditionnel, au niveau du rendement scolaire.

6. Conclusions, implications, et limites

Les résultats statistiques inférentiels de la présente étude ont montré qu'il y a une différence significative entre les deux groupes concernant l'acquisition du principe d'inertie en faveur du groupe expérimental. Ce que l'on peut en conclure, c'est que l'enseignement fondé sur une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à l'enseignement classique, sur le rendement scolaire des apprenants.

À la lumière des résultats obtenus dans cette recherche, il semble que la démarche didactique hypothético-déductive s'avère une alternative intéressante et utile qu'il serait préférable d'adopter dans l'enseignement des sciences physiques. Elle favorise la prise en compte des conceptions initiales des apprenants mises en situations-problèmes, ce qui peut aider l'apprenant à changer ses conceptions initiales erronées.

Cette recherche, bien que produisant des résultats significatifs, présente certaines limites relatives à l'échantillon d'apprenants du tronc commun technologique, sciences physiques, relevant du même établissement scolaire. De plus, cette recherche traite seulement le rendement scolaire en tant que variable dépendante. Il convient donc de faire preuve de prudence dans l'adoption de ces résultats et leur généralisation autour d'autres variables dépendantes.

La passation du post-test, une semaine après l'intervention, s'est avérée quelque peu difficile pour les apprenants. Ce délai relativement court pourrait ne pas avoir été suffisant pour leur permettre de consolider efficacement leurs apprentissages, ce qui pourrait expliquer les moyennes obtenues, comprises entre 10,90 pour le groupe témoin et 13,71 pour le groupe expérimental.

Par conséquent, on propose de mener d'autres études pour examiner l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-

problème sur des variables autres que celles décrites dans cette étude, pour différents niveaux et établissements scolaires et dans différentes régions.

About the Author(s)

El Mehdi EL Hamdouchi has received his specialized master's in Physics and Chemistry Teaching and Training from Ibn Tofail University, Faculty of Sciences, Kenitra, Morocco in 2022. Currently, he's a physics and chemistry teacher at the qualifying secondary in the city of sale-Morocco.

E-mail: elmehdieselhamdouchi97@gmail.com

Mohammed Abid (Corresponding Author), Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Rabat, Maroc. M. Mohammed Abid has received his PhD in Applied Chemistry from Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco in 2000. He had published much research covering chemistry and science didactic fields in indexed international journals. Currently, his research interest focused as well as on chemistry and science didactic.

ORCID: orcid.org/0000-0002-7427-2215

E-mail: profabidmed@gmail.com, abid.mohammed@uit.ac.ma

Ali Ouasri, Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Rabat, Maroc. M. Ali Ouasri has received his PhD in Applied Chemistry from Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco in 2002. He had published a lot of research covering chemistry and science didactic fields in indexed international journals. Currently, his research interest focused as well as on chemistry and science didactic.

ORCID : orcid.org/0000-0002-7145-7759

E-mail : aouasri@yahoo.fr

El Bachir Benamar, Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Rabat, Maroc. M. El Bachir Benamar has received his PhD in Applied Chemistry from Mohamed V University, Rabat, Morocco in 2000. He had published many research covering physics fields in indexed international journals. Currently, his research interest focused as well as on physics and science didactic.

E-mail : elbachirbenamar1@gmail.com

Références bibliographiques

- Abdi, A. (2014). The Effect of Inquiry-based Learning Method on Students' Academic Achievement in Science Course. *Universal Journal of Educational Research*, 2(1), 37-41. Disponible en ligne : <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1053967.pdf>
- Abou Qamar, B.M. (1996). *L'impact de l'utilisation de la méthode de l'investigation guidée sur le rendement scolaire des élèves de la huitième année et leurs attitudes envers les sciences*. Université nationale An-Najah. Faculté de l'éducation.
- Aktamış, H., Hiçde, E., Özden, B. (2016). Effects of the Inquiry-Based Learning Method on Students' Achievement, Science Process Skills and Attitudes towards Science:

- A Meta-Analysis Science. *Journal of Turkish Science Education*, 13(4), 248-261.
<http://dx.doi.org/10.12973/tused.10183a>
- Al Mushrif, A. A. (1993). L'impact de l'enseignement fondé sur l'investigation sur le rendement scolaire et la pensée créative des élèves de la première année secondaire en biologie. *Université du Roi-Saoud. Faculté de l'éducation*.
- Alfin, M.B., Hidayati, Y., Hadi, W.P., Rosidi, D.I. (2019). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa terhadap pembelajaran hypothetico-deductive reasoning dalam learning cycle 7e. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 4(2), 75-81.
<https://doi.org/10.26740/jppipa.v4n2.p75-81>
- Apostolou, A., Koulaidis, V. (2010). Epistemology and Science Education: A Study of Epistemological Views of Teachers. *Research in Science & Technological Education*, 149-166. <https://doi.org/10.1080/02635141003750396>
- Artigue, M. (1990). Épistémologie et didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10 (2.3), 241-286. Disponible en ligne : <https://hal.science/hal-02138030v1/file/CDD%20%20-%20M.Artigue%20-%20Epistemologie%20et%20didactique.pdf>
- Ayesh, K.M. (2009). L'impact de la méthode des activités d'investigation sur la compréhension des concepts de la physique par les élèves de neuvième année et leurs croyances cognitives envers la science. *Université al-Qods. Faculté des sciences de l'éducation*.
- Bächtold M., Cross D. Munier V. (2022) : Questionner l'impact de certains aspects de la démarche d'investigation. Apports et limites d'une étude quantitative à l'école élémentaire. *12^{ième} rencontre scientifique de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies (ARDIST)*, 15-18 novembre 2022), Toulouse, 263-268.
- Baslslev, K., Saada-Robert, M. (2002). Expliquer l'apprentissage situé de la littéracie : une démarche inductive/déductive. *Raisons éducatives*, 5, 89-110. Disponible en ligne : <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:94563>
- Beaugrand, J.P. (1988). Démarche scientifique et cycle de la recherche. In M. Robert (Ed.), *Fondements et étapes de la recherche scientifique en psychologie*, Québec : Edisem, 1-36.
- Ben Jemaa, A., Boilevin, J.-M. (2016). Impact de la démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques sur le raisonnement des élèves. Consulté le 24 Août, 2022, sur *Archive ouverte HAL*: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02531686/document>.
- Berie Z., Damtie D., Bogale Y. N. (2022): Inquiry-based learning in science education: a content analysis of research papers in Ethiopia (2010-2021). *Education Research International*, vol. (2022). p. 10. <https://doi.org/10.1155/2022/6329643>
- Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster* (40), 13-37. Disponible en ligne : <https://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA040-02.pdf>
- Bonnard, J., Gesset, P., Ferre, F. (2009). Construire et faire vivre de véritables situations-problèmes en Technologie: Disponible en ligne :

<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/3477/3477-situationprobleme-techno.pdf>

- Cariou J.-Y. (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST en ligne)*, n°7 (2013), 137-166. Disponible en ligne : <https://journals.openedition.org/rdst/717>
- Clément, P. (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, 57-93. <http://dx.doi.org/10.4267/2042/8706>
- Coquidé-Cantor M., Fortin C. et Rumelhard G. L'investigation (2009). Fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, n°49 (2009). Numéro thématique : *Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique*, 51-77. <http://dx.doi.org/10.3406/aster.2009.1520>
- COSEF (Commission spéciale éducation-formation). (1999). *Charte nationale d'éducation et de formation*. Rabat : Maroc. Disponible en ligne : <https://www.mcinet.gov.ma/sites/default/files/documentation%20iscae%20rabat%202018.pdf>
- CSEFRS. (2018). Résultats des élèves marocains en mathématiques et en sciences dans un contexte international TIMSS 2015. *Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique-Maroc*.
- CSEFRS. (2021). Rapport National PISA 2018. *Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique*.
- De Vecchi, G., Carmona-Magnaldi, N. (1996). *Faire construire des savoirs*. Paris: Hachette Education. Disponible en ligne : <https://www.enseignants.hachette-education.com/livre/faire-construire-des-savoirs-9782011711212/>
- De Vecchi, G., Giordan, A. (1987). Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques. Paris: *Delachaux et Niestlé*. Disponible en ligne : https://www.persee.fr/doc/staps_0247-106x_1988_num_9_18_1513_t1_0099_0000_1
- Dépelteau, F. (2010). La démarche d'une recherche en sciences humaines : de la question de départ à la communication des résultats. *Boeck Supérieur*. Disponible en ligne : <https://www.pulaval.com/livres/la-demarche-d-une-recherche-en-sciences-humaines-de-la-question-de-depart-a-la-communication-des-resultats-2e-edition>
- Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B., Ruel, F. (1993). La formation à l'enseignement des sciences : le virage épistémologique. *Didaskalia*, 49-67. Disponible en ligne : https://www.persee.fr/doc/didas_1250-0739_1993_num_1_1_911
- Droui, M., El Hajjami, A. (2015). Simulation et apprentissage par investigation. Consulté le Août 24, 2022, sur Université Sidi Mohamed Ben Abdellah - Ecole Supérieure de Technologie Fès : Disponible en ligne : <http://www.est-usmba.ac.ma/conferences/apel2015/proceeding/docs/E15C08.pdf>
- Dupin, J.-J., Johsua, S. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris, Puf.

- Guillaud, J.-C., Robardet, G. (1997). *Elements de didactique des sciences physiques. De la recherche à la pratique, théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané.* Paris: Presses universitaires de France. Disponible en ligne : <https://www.decitre.fr/livres/elements-de-didactique-des-sciences-physiques-9782130487616.html?srsId=AfmBOopKixfUuQnhmgrxyXZ1-auCfPJ07NLfAf2MgYWsc19cb5En7eN2>
- Kabbaja, Z. M. (2014). L'impact de l'utilisation de la stratégie de l'investigation réflexive sur l'acquisition des concepts de la physique et le développement des attitudes scientifiques chez les élèves de la sixième année en Palestine. *Psychological & Educational Studies*, 203-218.
- Khalaf B.K. Zin Z.B.M. (2018). Traditional and Inquiry-Based Learning Pedagogy: A systematic Critical Review. *International Journal of Instruction*. Vol 11, N°4, 545-564. Disponible en ligne : <https://eric.ed.gov/?id=EJ1191725>
- Kouhila, M., Maarouf, A. (2001). Approche épistémologique et didactique des fonctions de l'expérience dans la physique savante et scolaire. *Research Academica*, 9-38.
- Lozano O.R., Solbes J. (2021). Promoting Inquiry Based Learning through Entertaining Science Activities. *International Journal of Research in Education and Sciences (IJRES)*, 7(4), 1117-1135. Disponible en ligne : <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1318527.pdf>
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International Results in Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Mathé, S., Méheut, M., De Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 41-76. Disponible en ligne : https://www.persee.fr/doc/didas_1250-0739_2008_num_32_1_1227
- Maxwell, D., Lambeth, D., Cox, J.T. (2015). Effects of using inquiry-based learning on science achievement for fifth-grade students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16(1). Disponible en ligne : https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v16_issue1_files/cox.pdf
- Ministère de l'Éducation nationale. (2000). Étude historique de l'évolution des disciplines scientifiques dans le système éducatif marocain (document en arabe). Rabat: Direction de l'évaluation du système éducatif, résultats des études.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- Mullis, I., Martin, M., Foy, P., Kelly, D., Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 international results in mathematics and science*. Chestnut Hill: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education and Human Development, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

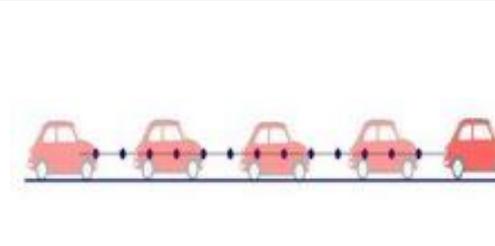
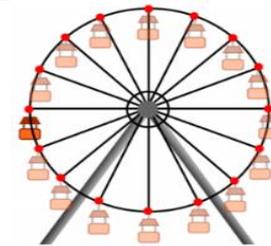
- OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Orosz G., Németh V., Kovács L., Somogyi Z., Korom E. (2023): Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: a case study. *Chemistry Education research and Practice, Royal Society of chemistry*. Vol 24, 50-70.
- Ouasri, A. (2017). Analyse des difficultés des élèves marocains de 15-16 ans en résolution de problèmes de mécanique (mouvement et repos, interactions mécaniques et forces, poids et masse), *Review of Mathematic, Sciences and ICT Education*, 11(2), 69-92. Disponible en ligne : <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/rp/d2rp00110a>
- Ouasri, A., EL Mhammedi, M.A. (2018) Observation et analyse des difficultés des élèves de première année Baccalauréat marocain en résolution de problèmes de Physique-chimie, *Slavonic Pedagogical Studies Journal*, 7(1), 178-200. <http://dx.doi.org/10.18355/PG.2018.7.1.17>
- Ouasri, A.; Ravanis, K. (2017) Analyse des compétences des élèves de Tronc Commun marocain en résolution de problèmes d'électricité (Dipôles actif et passif), *European Journal of Education Studies*, 3(11), 1-28. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3514627>
- Robardet, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir de situations - problèmes. *Bulletin de l'union des physiciens*, 84(720), 17-28. Disponible en ligne : <http://materiel-physique.ens-lyon.fr/Logiciels/CD%20N%C2%B0%203%20BUP%20DOC%20V%204.0/Disk%201/TEXTES/1990/07200017.PDF>
- Robert, A., Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 505-528. <http://dx.doi.org/10.1080/14926150209556538>
- Solbes, J., Montserrat, R. Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia : implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117. Disponible en ligne : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2475999>
- Sun Y., Yan Z. and Xu B. (2022). How differently designed guidance influences simulation-based inquiry learning in science education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 960-976. <https://doi.org/10.1111/jcal.12667>
- Verhagen, H. (2010). Démarche hypothétique-déductive : étude comparative des travaux pratiques de physique au Gymnase d'Yverdon. *Haute école pédagogique du canton de Vaud*. Disponible en ligne : https://patrinum.ch/record/17522/files/mp_ms2_p20057_2010.pdf
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science education*, 112-143. <https://doi.org/10.1002/sce.10044>

Annexes

Annexe 1 : Le pré-test

Partie n°1 : Mouvement (3 points)

1) Les images suivantes présentent des trajectoires de différents points. Préciser le type de chaque trajectoire en cochant la case appropriée.

		
<input type="checkbox"/> Rectiligne <input type="checkbox"/> Circulaire <input type="checkbox"/> Curviligne <input type="checkbox"/> Je ne sais pas	<input type="checkbox"/> Rectiligne <input type="checkbox"/> Circulaire <input type="checkbox"/> Curviligne <input type="checkbox"/> Je ne sais pas	<input type="checkbox"/> Rectiligne <input type="checkbox"/> Circulaire <input type="checkbox"/> Curviligne <input type="checkbox"/> Je ne sais pas

2) On réalise 3 chronophotographies du mouvement d'une voiture, l'intervalle du temps qui sépare deux positions successives, dans chaque chronophotographie, est égal à une seconde. Relier par une flèche chaque chronophotographie à la nature de mouvement qu'elle représente et à la façon dont la vitesse de la voiture varie.

<ul style="list-style-type: none"> • Le mouvement est accéléré 		<ul style="list-style-type: none"> • La vitesse de la voiture diminue
<ul style="list-style-type: none"> • Le mouvement est retardé 		<ul style="list-style-type: none"> • La vitesse de la voiture reste constante
<ul style="list-style-type: none"> • Le mouvement est uniforme 		<ul style="list-style-type: none"> • La vitesse de la voiture augmente

Partie n°2 : Interactions mécaniques (12 points)

3) Répondre par « vrai », « faux » ou « je ne sais pas » en cochant la case appropriée.

a) Action à distance est une action qui ne peut s'exercer sans contact entre l'auteur et le receveur de l'action.

Vrai Faux Je ne sais pas

b) Action de contact est une action qui s'exerce sans contact entre l'auteur et le receveur de l'action.

Vrai Faux Je ne sais pas

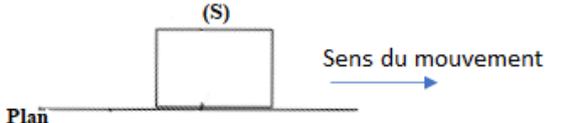
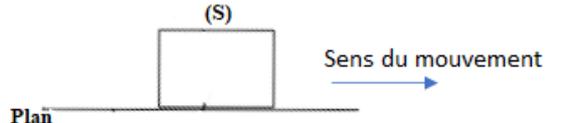
c) Les forces intérieures sont celles qui sont exercées par des objets appartenant au système étudié.

Vrai Faux Je ne sais pas

d) Les forces extérieures sont celles qui sont exercées par des objets n'appartenant pas au système étudié.

Vrai Faux Je ne sais pas

4) Dans chacun des deux cas, Représenter, sans souci d'échelle, les forces du poids \vec{P} , la réaction \vec{R} du plan et ses composantes \vec{R}_N et \vec{f} , auxquelles le corps (S) est soumis :

Contact avec frottement	Contact sans frottement
	

Partie n°3 : Équilibre d'un corps solide (2 points)

5) Répondre par « vrai », « faux » ou « je ne sais pas » en cochant la case appropriée.

Lorsqu'un corps solide soumis à deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 est en équilibre, alors :

a) \vec{F}_1 Et \vec{F}_2 ont la même droite d'action, le même sens et la même intensité.

Vrai Faux Je ne sais pas

b) \vec{F}_1 Et \vec{F}_2 ont la même droite d'action, des sens opposés et la même intensité.

Vrai Faux Je ne sais pas

c) $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$

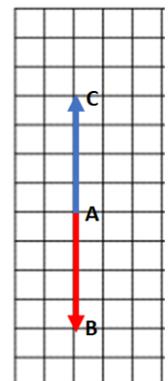
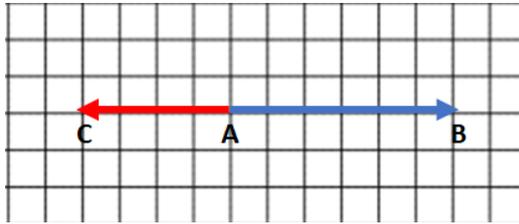
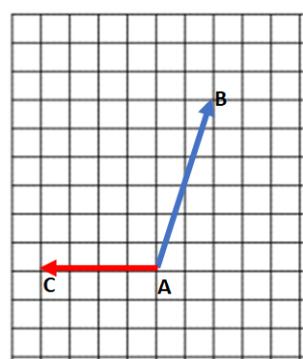
Vrai Faux Je ne sais pas

d) $F_1 + F_2 = 0$

Vrai Faux Je ne sais pas

Partie n°4 : Somme vectorielle (3 points)

6) Dans chacun des cas, construire, en utilisant le quadrillage, le vecteur \vec{AD} égal à la somme $\vec{AB} + \vec{AC}$ (Si la somme vectorielle est nulle $\vec{AD} = \vec{0}$, cochez la case sous le quadrillage).

Cas n°1	Cas n°2	Cas n°3
		
<input type="checkbox"/> $\vec{AD} = \vec{0}$	<input type="checkbox"/> $\vec{AD} = \vec{0}$	<input type="checkbox"/> $\vec{AD} = \vec{0}$

Annexe 2 : Le post-test

Post-test - Principe d'inertie

Exercice n°1 (4 points)

Consigne n°1 : Préciser dans les cas suivants, si la somme vectorielle des forces agissantes sur le système est nulle ou non nulle :

a) Un skieur qui monte sur une pente inclinée à vitesse constante.

$\sum \vec{F} = \vec{0}$ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ Je ne sais pas

b) Une fusée lancée verticalement et animée d'un mouvement accéléré.

$\sum \vec{F} = \vec{0}$ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ Je ne sais pas

c) Un hélicoptère qui s'élève verticalement en ligne droite à vitesse constante.

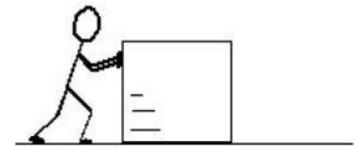
$\sum \vec{F} = \vec{0}$ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ Je ne sais pas

d) Une voiture qui descend une piste rectiligne et dont la valeur de la vitesse augmente.

$\sum \vec{F} = \vec{0}$ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ Je ne sais pas

Consigne n°2 : Choisir la bonne réponse.

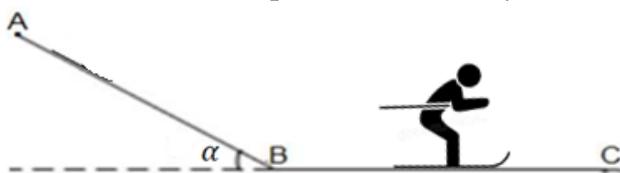
Un homme pousse une caisse. La résultante des forces qui s'exercent sur la caisse est nulle $\sum \vec{F} = \vec{0}$. Que peut-on dire de la vitesse de la caisse ?



- Elle est nulle
- Elle augmente
- Elle est constante
- Elle diminue
- Elle soit nulle, soit constante, on ne sait pas

Exercice n° 2 (8 points)

▪ Un skieur se déplace sur une trajectoire ABC (voir la figure ci-dessous).



▪ La partie (AB) est un plan incliné d'angle α sur l'horizontal. Le skieur part du point A à une vitesse $v_A = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et arrive au point B à une vitesse $v_B = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

▪ On suppose que **les frottements sont négligeables sur la partie horizontale (BC)**

1. La somme vectorielle des forces exercées sur le skieur pendant son déplacement sur **la partie AB** est nulle.

Vrai Faux Je ne sais pas

2. Représentez directement sur la figure ci-dessus, les forces qui agissent sur le skieur pendant son déplacement sur **la partie BC**.

3. La nature du mouvement du skieur pendant son déplacement sur **la partie BC** est :

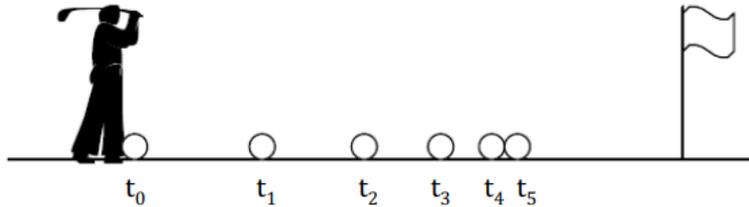
Retardé Uniforme Accéléré Je ne sais pas.

4. En supposant que **la partie BC** a une surface infinie, le skieur s'arrêtera à un moment donné sur cette partie ?

Oui Non Je ne sais pas.

Exercice n°3 (8 points)

Voici la copie d'une photographie prise par un journaliste sportif pendant un tournoi de golf :



Le golfeur a manqué son coup. Aide-le à comprendre pourquoi la balle s'est arrêtée juste avant le trou.

1. Examine le schéma et déduis-en la nature du mouvement de la balle de golf.

Retardé Uniforme Accéléré Je ne sais pas.

2. Comment varie la vitesse de la balle ?

Diminue Reste constante Augmente Je ne sais pas

3. La résultante des forces qui s'exercent sur la balle est nulle ($\sum \vec{F} = \vec{0}$) ? Justifier ta réponse.

Oui Non Je ne sais pas.

Justification :

...

4. Pour l'instant t_1 , Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la balle de golf ? Représente-les sur le schéma ci-dessus.

.....

Commons licensing terms

Authors will retain the copyright of their published articles agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Alternative Education Studies shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflict of interests, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind content related or integrated on the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).