

# **Impact d'usage de la démarche d'investigation scientifique avec la simulation informatique sur la compréhension des concepts de la physique. Les étudiants de l'ENS de Kouba comme échantillon**

**The impact of using the inquiry based learning with computer simulation on the conceptual understanding in physics. The students of the ENS of Kouba as a sample**

**Yamani Dalila**<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> MCB, ENS Kouba, Alger, Laboratoire de Didactique des Sciences,  
dalila.yamani@g.ens-kouba.dz

**Réception :** 18/08/2022

**Acceptation :** 07/12/2022

**Publication :** 31/12/2022

---

**Résumé :** cette étude vise à déterminer l'impact de la démarche d'investigation scientifique, comme méthode pédagogique utilisée avec la simulation informatique, sur le taux de compréhension conceptuelle chez les étudiants de l'ENS de Kouba. C'est une étude quasi-expérimentale avec pré et post-test qui a été menée auprès d'un groupe expérimental constitué de 74 étudiants et un groupe témoin constitué de 18 étudiants. Le premier groupe a expérimenté l'apprentissage basé sur la simulation informatique et l'investigation scientifique guidée comme méthode pédagogique et le deuxième groupe a expérimenté la simulation informatique et l'approche traditionnelle. Les étudiants ont été affectés aléatoirement aux deux groupes. Les résultats obtenus par le test t de Student ont montré une amélioration considérable en post-test du taux de compréhension conceptuelle et la capacité de transfert des savoirs acquis à la résolution de problèmes issus de la vie courante chez les étudiants du groupe expérimental, cette amélioration est statistiquement significative. Ainsi, nous avons conclu que la démarche d'investigation scientifique utilisée comme méthode pédagogique permet de mieux exploiter les potentiels des technologies éducatives que l'approche traditionnelle. Des études avec d'autres environnements de simulation et d'autres concepts devront être menées pour pouvoir généraliser les résultats obtenus.

**Mots-clés :** Technologies éducatives; Méthode pédagogique; Démarche d'investigation scientifique; Simulation informatique; Compréhension conceptuelle.

**Abstract:** this study aims to determine the impact of the scientific inquiry approach as a pedagogical method used with computer simulation on the conceptual understanding among students of the ENS of Kouba, future teachers of physical sciences and technology. It is a quasi-experimental study with pre- and post-test that was conducted with an experimental group of 74 students and a control group of 18 students. The first group experienced learning based on computer simulation with guided inquiry and the second group experienced computer simulation with the traditional approach. Students were randomly assigned to both groups. The findings obtained by the t Student' test showed a considerable improvement of the conceptual understanding and the ability to transfer the acquired knowledge to resolve real-life problems in the post-test, among the students of the experimental group, this improvement is statistically significant. Therefore, we have concluded that the scientific inquiry approach as a pedagogical method allows efficient use of the educational technologies than the traditional approach. Further studies with other simulation environments and other concepts have to be conducted in order to generalize the findings obtained.

**Keywords:** Educational technologies; Pedagogical method; Scientific inquiry approach; Computer simulation; Conceptual understanding.

## **1. Introduction:**

---

\* Auteur correspondant

Les grandes évolutions qu'a connues le monde au 21<sup>ème</sup> siècle ont imposé des habilités et compétences que chaque individu doit en posséder et maîtriser pour pouvoir s'intégrer pleinement dans la société d'aujourd'hui. La constante évolution de l'économie et du savoir requiert actuellement des personnes capables de s'adapter aux changements; ce qu'ils ont comme connaissances est moins important que ce qu'ils sont capables de faire avec ces connaissances dans différents contextes. En outre, l'individu autant que citoyen de cette société moderne doit pouvoir comprendre et évaluer les discours des experts sur les sujets et questions d'intérêt général tel que le changement climatique, l'épuisement des ressources naturelles, la santé mondiale, etc. Il doit également avoir un esprit critique et scientifique pour résoudre les problèmes qu'il rencontre dans sa vie quotidienne (Boilevin, 2013; Dell' Angelo et al., 2012; Hasni, Belletête, & Potvin, 2018).

Dans cette perspective, de grandes et nombreuses réformes ont été observées dans les curriculums éducatifs à l'échelle mondiale, toutes convergent vers l'idée que l'école doit assurer une culture scientifique à l'élève qui lui permet d'en acquérir ces compétences. Ces réformes sont fondées sur l'approche par compétences et l'apprentissage par la découverte, basé sur les démarches scientifiques comme méthodes d'enseignement et apprentissage (Boilevin, 2013, p. 294), ainsi que l'introduction des technologies de l'information et de la communication (TICE) en classe et à tous les niveaux (Voogt & Roblin, 2012).

Malgré que l'usage des TICE dans l'enseignement soit fortement indiqué dans les curricula pour leurs apports sur le plan de gestion, de communication, de disponibilité et diversité des ressources et surtout sur le plan pédagogique, leur plus-value en termes de qualité d'enseignement et apprentissage n'a pas été réellement observée notamment à l'enseignement supérieur. Les études renvoient ce fait aux méthodes pédagogiques qui sont restées semblables à celles utilisées depuis des décennies. En effet, il a été démontré par plusieurs recherches que la plupart des cas d'usage des TICE consiste à greffer les technologies aux approches traditionnelles (Friesen & Lock, 2010; Messaoui et al., 2021; Rutten et al., 2015; Salinas, 2008). Il s'agit d'utiliser les TICE pour récupérer des informations, regarder des vidéos, l'usage de l'ordinateur et des applications tels que les environnements numériques de simulation ne va pas au-delà de la démonstration. Même avec les conditions sanitaires imposées par la Covid-19, l'utilisation des technologies numériques relevait d'un bricolage pédagogique qui ne s'appuyait pas sur les principes de l'ingénierie pédagogique de l'enseignement en ligne et de l'usage des technologies éducatives (Messaoui et al., 2021).

Notre recherche concerne les méthodes pédagogiques à utiliser en intégrant les TICE en classe. Étant formateur de futurs-enseignants des sciences physiques et technologie à l'École Normale Supérieure (ENS) de Kouba, nous nous sommes intéressés aux travaux pratiques pour l'enseignement et apprentissage des concepts de la physique. En effet, l'acquisition des habilités et compétences citées ci-dessus ne se réalise pas à travers des conférences ou cours magistraux sur ces compétences, mais plutôt pendant l'apprentissage des connaissances et savoirs disciplinaires tout en utilisant des méthodes, étayées par les TICE, qui favorisent l'acquisition et la construction de ces compétences chez l'étudiant (Boilevin, 2013; Friesen & Lock, 2010; Hasni, Belletête, & Potvin, 2018). De plus, nous tenons à noter que l'acquisition de ces compétences est plus que nécessaire pour les étudiants des ENS du fait que ces derniers seront appelés à leur tour de les faire acquérir à leurs élèves une fois en service. Ainsi, notre étude consiste à identifier la méthode pédagogique qui permet d'utiliser efficacement les environnements de simulation numérique dans les travaux pratiques afin de tirer pleinement profit des apports de ces environnements pour l'apprentissage des concepts de la physique et des concepts scientifiques d'une façon générale.

## **2. Question de recherche et hypothèses :**

### **2.1. Problème :**

L'enseignement de la physique a toujours été perçu difficile. En effet, plusieurs enquêtes ont révélé qu'il était enseigné comme un ensemble de faits, isolé du laboratoire. Robardet (1998) atteste qu'il est : « trop abstrait, subordonné à son outil mathématique, aux programmes désuets, coupé de la physique pratiquée quotidiennement et de ses applications technologiques », quant à Coquide (2003), elle envisage que : « les travaux pratiques habituellement réalisés, aident peu les élèves à établir des relations entre concepts et objets du monde réel ». L'introduction des TICE dans l'enseignement de la physique, notamment les environnements de simulation informatique ou les laboratoires virtuels, semble apporter des améliorations non seulement dans l'apprentissage des lois et leurs applications pour la résolution des problèmes de classe ou du livre scolaire, mais surtout dans la compréhension conceptuelle et son transfert à la résolution des problèmes de la vie quotidienne réelle. Toutefois, l'usage des TICE avec les approches d'enseignement et apprentissage traditionnelles ne garantit pas l'aboutissement à ces améliorations selon plusieurs études menées dans ce domaine de recherche (Messaoui et al., 2021). Ainsi, la problématique de notre recherche est liée aux méthodes d'enseignement et apprentissage à mobiliser avec l'usage des TICE, la simulation informatique dans notre cas, afin d'améliorer la compréhension conceptuelle chez nos étudiants.

### **2.2. Question de recherche :**

En se basant sur l'étude de la littérature centrée sur l'apprentissage des sciences et l'usage des TICE, nous avons envisagé que l'usage de la simulation informatique basé sur la démarche d'investigation scientifique semble permettre une meilleure compréhension et assimilation des concepts de la physique. Ainsi, nous avons posé comme question principale de recherche : quel est l'impact d'usage de la simulation informatique avec la démarche d'investigation scientifique sur le taux de compréhension des concepts de la physique et leur transfert à la résolution des problèmes de la vie courante chez les étudiants futurs-enseignants des sciences physiques et technologie à l'ENS de Kouba?

### **2.3. Hypothèse de recherche :**

Nous avons émis comme hypothèse que l'apprentissage basé sur la simulation informatique et la démarche d'investigation scientifique permet un taux de compréhension des concepts de la physique et leur transfert à la résolution des problèmes de la vie courante supérieur à celui acquis par l'apprentissage basé sur la simulation informatique avec l'approche traditionnelle.

## **3. Cadre théorique :**

### **3.1. La démarche d'investigation scientifique dans l'apprentissage des sciences :**

La transposition des démarches scientifiques à l'enseignement et apprentissage des sciences a donné plusieurs appellations : démarche expérimentale, apprentissage par la découverte, pratiques scientifiques. Cependant, l'appellation souvent utilisée est la démarche d'investigation scientifique DIS (scientific inquiry). Cette démarche vise la rupture avec la mémorisation et l'apprentissage de procédures, dénué de tout travail intellectuel, au profit de création du sens aux savoirs et le changement conceptuel, le développement de la pensée scientifique et la construction d'une représentation du monde réel basée sur la preuve et les faits (Hasni, Belletête, Potvin, et al., 2018, p. 12). L'apprentissage par la DIS suppose que l'élève conduise librement, avec ses pairs, un processus d'investigation pour résoudre un problème scientifique dans le but d'assimiler des concepts tout comme le scientifique mène sa recherche au laboratoire ou sur terrain, à la différence que l'élève est accompagné par l'enseignant et pourvu d'un environnement pédagogique et didactique relativement préparé. En faisant ainsi, l'élève apprendra non seulement les concepts scientifiques mais également le processus de la démarche scientifique (Abd-El-Khalick et al., 2004).

Dans les récents programmes basés sur l'approche par compétences, la DIS ne constitue pas seulement une approche pédagogique-didactique mais une compétence complexe, composée d'habilités intellectuelles et techniques, que doit acquérir l'élève (Dell' Angelo et al., 2012; Hasni, Belletête, & Potvin, 2018; National Research Council, 2002, 2012). Les habilités intellectuelles renvoient aux modes de pensée mobilisés lors de conduite d'un processus d'investigation scientifique. Par exemple: formuler adéquatement des questions de recherche; formuler des hypothèses testables ; utiliser un raisonnement mathématique; proposer un protocole expérimentale; repérer les observations ou les résultats pertinents ; analyser et interpréter les résultats issus d'une expérimentation. Quant aux habiletés techniques, elles concernent les tâches observables du travail scientifique, par exemple: mettre en œuvre un protocole expérimental ; utiliser convenablement un instrument de mesure; s'approprier les modes de présentation des résultats.

Dans Boilevin (2013), l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation est caractérisé par :

- des activités d'apprentissage basées sur des problèmes authentiques où il ne peut pas y avoir une seule réponse correcte ;
- une certaine quantité de procédures expérimentales, des expériences et des activités de type 'hands-on', y compris la recherche d'information ;
- des séquences d'apprentissage autorégulées où l'autonomie des étudiants est soulignée;
- l'argumentation discursive et la communication entre pairs "talking science" (p.214).

La figure (1) donne un schéma intégrateur qui montre les phases clés des démarches d'investigation scientifique. Proposé par Hasni et al. (2018), il représente un outil intéressant qui aide à la mise en œuvre d'un processus d'investigation pour l'apprentissage de savoirs scientifiques différents dans différentes disciplines et différents contextes.

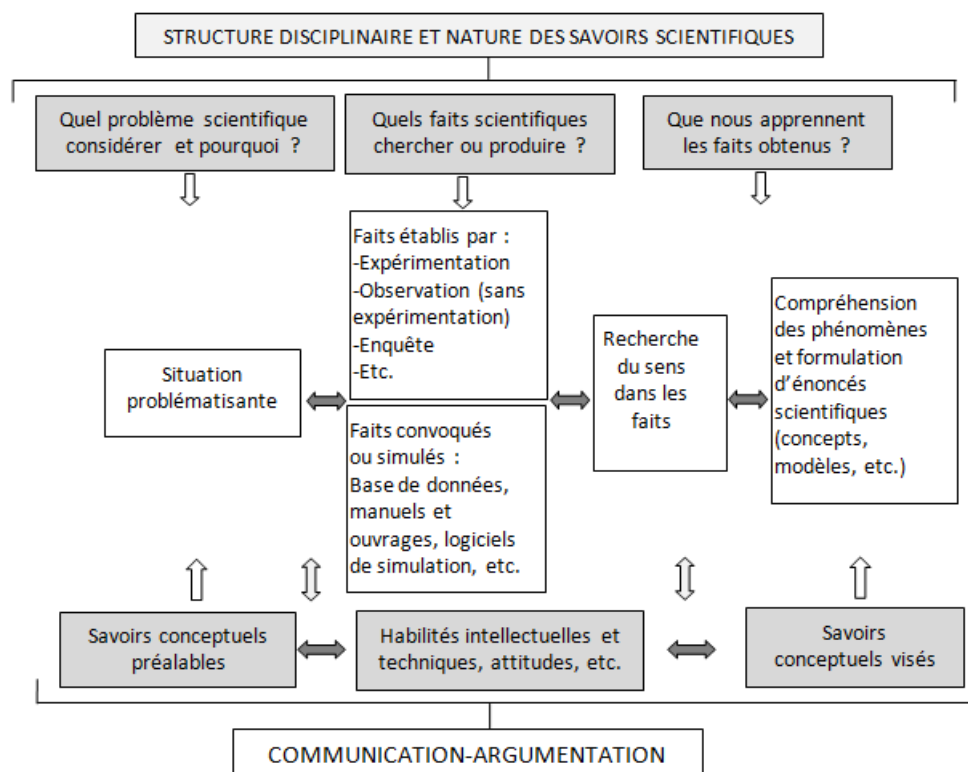


Figure (1) : Schéma intégrateur des démarches d'investigation scientifique

La source : adapté de (Hasni, Belletête, & Potvin, 2018, p. 31)

Plusieurs recherches ont été menées pour définir les nouveaux rôles de l'enseignant et des élèves dans une situation d'apprentissage basé sur la DIS. Pour Calmettes (2012), Boilevin et al. (2012), l'élève a pour rôle la construction collective de

connaissances et de savoirs, l'enseignant a le rôle de médiateur et de garant des savoirs construits par les élèves. Pour Cariou (2013), les élèves réalisent les phases de l'investigation et l'enseignant veille à ce que le processus soit correctement exécuté et se surveille en s'abstenant de toute manifestation révélatrice susceptible de réduire l'activité et l'engagement de l'élève. D'autres auteurs proposent une classification de l'application de la DIS par niveau selon le degré d'intervention de l'enseignant (Blanchard et al., 2010; Buck et al., 2008). Le tableau (1) montre la classification proposée dans (Blanchard et al., 2010) qui définit quatre niveaux.

**Tableau (1) : Grille de classification des niveaux d'investigation scientifique**

| Niveau                             | Source de question de départ | Recueil des données et faits | Interprétation des résultats |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| niveau 0 : vérification            | Enseignant                   | Enseignant                   | Enseignant                   |
| niveau1 : investigation structurée | Enseignant                   | Enseignant                   | Élève                        |
| niveau2 : investigation guidée     | Enseignant                   | Élève                        | Élève                        |
| niveau3 : investigation ouverte    | Élève                        | Élève                        | Élève                        |

**La source : (Blanchard et al., 2010, p. 581)**

Le niveau 0 correspond à une vérification expérimentale d'une théorie, un modèle ou une loi où l'enseignant fournit aux élèves la question ou le problème de départ, la méthode d'investigation et les guide vers le résultat attendu. Le niveau 1 correspond à une investigation structurée où les élèves sont munis de la question de départ, de la méthode et c'est à eux d'analyser et d'interpréter les résultats. Le niveau 2 correspond à une investigation guidée où les étudiants doivent proposer la méthode d'investigation : hypothèses, protocole de test, analyse et interprétation des résultats. Le niveau 3 correspond à une investigation ouverte où c'est aux élèves de générer la question de départ et sous leur responsabilité de mener toutes les étapes de l'investigation. Blanchard et al. (2010) attestent que les travaux pratiques visant la vérification de ce qui est vu en théorie ou les travaux type recette de cuisine n'ont pas d'effets positifs sur l'apprentissage sauf réussir à manipuler ou à effectuer des mesures. D'autres études montrent que les élèves sont plus engagés dans l'apprentissage par investigation scientifique guidée et ils apprennent mieux les concepts scientifiques et les compétences relatives à la démarche scientifique que ceux bénéficiant d'un apprentissage par investigation structurée (Bunterm et al., 2014) alors que dans (Adams et al., 2008), les auteurs attestent aussi que les élèves apprennent mieux et sont plus engagés avec un minimum d'orientation mais non pas avec aucune intervention comme en investigation ouverte.

### **3.2. La simulation informatique dans l'enseignement et apprentissage des sciences :**

La simulation informatique ou environnement de simulation informatique est un programme informatique qui tente de simuler un modèle abstrait d'un système particulier. Il représente une interface entre le monde réel et les modèles théoriques des systèmes naturels de physique, de chimie, de biologie, des systèmes humains, des systèmes en économie, en psychologie, en sciences sociales et des processus d'ingénierie.

Alessi et Trollip (1991) décrivent la simulation dans le contexte éducatif par une technique puissante qui enseigne sur certains aspects du monde en l'imitant. Les étudiants ne sont pas seulement motivés par la simulation, mais apprennent en interagissant avec, de la même manière dont ils réagiraient dans des situations réelles. L'étudiant résout des problèmes, apprend les procédures, comprend les caractéristiques des phénomènes et comment les contrôler ou apprend quelles actions à prendre dans différentes situations.

De nombreuses études ont mis en évidence l'efficacité des environnements de simulation et ont montré leur avantage par rapport aux laboratoires traditionnels. Ils



permettent une meilleure compréhension et un meilleur apprentissage des concepts scientifiques (Chen, 2010; Eviota & Liangco, 2020; Fan, 2015; Gunawan et al., 2018; Rutten et al., 2015; Zacharia & Anderson, 2003). En outre, les progrès technologiques ont permis de concevoir d'authentiques laboratoires virtuels qui autorisent des interactions assez réalistes entre l'étudiant et l'environnement et peuvent même permettre une étude scientifique des phénomènes modélisés (Chen, 2010, p. 1; Eviota & Liangco, 2020, p. 6). En effet, ils offrent des moyens réalistes pour mener des recherches scientifiques et permettre aux apprenants de développer leur culture scientifique : ils sont plus maniables, sûrs, flexibles et rapides que les expériences physiques et ils permettent aux étudiants d'explorer, de tester des hypothèses et d'analyser des données comme le font les scientifiques (Chen, 2010; Rutten et al., 2015).

Dans (Gredler, 2004), l'auteur indique qu'une vraie simulation doit proposer à l'étudiant de résoudre un problème mal défini, comme ceux que l'on rencontre dans la vie réelle, il énumère les quatre principales caractéristiques des simulations en éducation :

- La fidélité déterminée par la qualité du modèle théorique qui doit être adéquat à la situation complexe du monde réel ;
- Un rôle défini pour chaque participant, avec des responsabilités et des contraintes ;
- Un environnement riche de données permettant à l'apprenant d'exécuter une gamme de stratégies et de prises de décision ;
- Des feedbacks suite à l'activité de l'apprenant sous forme de résultats numériques ou graphiques, de changement de situation ou de problème.

### **3.3. Le modèle des « différentes technologies pour différents objectifs » et apprentissage par investigation scientifique :**

Selon Salinas (2008), les TICE ne peuvent pas être efficacement intégrés dans un modèle de classe centré sur l'enseignement où l'enseignant est l'« expert », principale source de connaissances, tel qu'ils sont utilisés dans la plupart des établissements d'enseignement secondaire et supérieur. Selon cet auteur, il est nécessaire dans l'usage des TICE de passer d'un modèle de cours magistral à un modèle de maîtrise qui met l'accent sur l'enseignement coopératif centré sur l'apprenant, où ce dernier contrôle le processus de son apprentissage. Basé sur « Le modèle centré sur l'apprenant », dont les principes ont été définis en 1993 par « The American Psychological Association Presidential Task Force », puis développé par McCombs et Whisler (1997), Salinas (2008) a proposé un modèle conceptuel qui explique la valeur ajoutée que peuvent avoir les technologies éducatives lorsqu'elles sont utilisées à des fins pédagogiques. Ce modèle propose des liens entre les besoins des apprenants, les niveaux de la taxonomie de Bloom, le rôle de l'enseignant et la technologie appropriée à utiliser. Selon Salinas (2008), lorsque les objectifs de l'enseignement restent aux niveaux inférieurs de la taxonomie de Bloom, c.à.d. connaissance et compréhension, le rôle de l'enseignant est davantage celui d'un expert et instructeur. Dans ce cas, les fonctions des TICE se limitent à des aides à la présentation et à des manuels sur support numérique ou sites Web, qui fournissent le même type d'information qu'un manuel en papier. Cependant, lorsque les objectifs d'enseignement passent aux niveaux intermédiaires de l'application et de l'analyse, conduisant les étudiants vers l'interaction, la participation, l'expérimentation et l'estime des pairs, le rôle de l'enseignant se transforme en celui d'un collaborateur et d'un créateur d'environnement. Dans ce cas, le rôle des TICE augmente pour faciliter et surveiller les activités d'apprentissage collaboratif, ainsi que pour fournir des informations au groupe. En outre, lorsque les objectifs éducatifs sont les plus hauts niveaux de synthèse et d'évaluation, la promotion de la résolution de problèmes complexes, la conscience interne de l'étudiant et la découverte de soi, le rôle de l'enseignant devient celui d'un facilitateur et d'un accompagnateur, et la fonction des technologies devient de première importance. La technologie devient la ressource d'information, le guide, le dispositif de contrôle et de rétroaction, et le mécanisme qui facilite l'exploration et la créativité des étudiants

(Salinas, 2008). L'auteur décrit la relation entre le rôle de l'enseignant et les TICE dans une situation d'enseignement-apprentissage par une pyramide double : lorsque le rôle de l'enseignant est plus contrôleur et instructeur, et que l'enseignement est davantage centré sur l'enseignant, la fonction de la technologie pédagogique est assez limitée. Au contraire, si l'enseignement est davantage centré sur l'apprenant, le rôle de l'enseignant est moins instructeur, mais pas moins important, et la fonction des technologies est plus importante.

Pour notre étude, le modèle proposé par Salinas (2008) explique bien notre choix de l'approche d'investigation scientifique comme méthode d'apprentissage des concepts de la physique en utilisant des environnements de simulation numérique. En effet, l'apprentissage par investigation scientifique vise le plus haut niveau de la taxonomie de Bloom et pour l'atteindre, l'étudiant doit être au centre de l'activité et l'enseignant a pour rôle d'accompagnateur. Dans ce cas, les technologies utilisées fournissent à l'apprenant l'environnement propice pour explorer, tester ses idées ou hypothèses, découvrir, analyser, conclure suite aux feedbacks rendus immédiatement, évaluer, etc. Ces activités, conséquences des potentiels éducatifs des technologies, auraient été impossibles à réaliser si l'apprentissage s'effectuait par l'approche traditionnelle.

#### **4. Méthode :**

##### **4.1. Déroulement de l'expérimentation :**

Pour répondre à notre question de recherche : quel est l'impact de l'usage de la simulation informatique avec la démarche d'investigation scientifique sur le taux de compréhension des concepts de la physique et leur transfert à la résolution des problèmes de la vie courante chez les étudiants futurs-enseignants des sciences physiques et technologie à l'ENS de Kouba? Nous avons mené une étude quasi-expérimentale, par pré-test et post-test, avec des étudiants de l'ENS de Kouba, de spécialité Technologie en leur dernière année d'étude. Un groupe expérimental G1 a participé à une session d'apprentissage basé sur l'usage de la simulation informatique et la démarche d'investigation scientifique. Tandis que le groupe témoin G2 a participé à une session d'apprentissage basé sur l'usage de la simulation informatique et l'approche traditionnelle. Concernant le groupe expérimental, nous avons opté pour le niveau d'investigation guidée selon la classification de Blanchard et al. (2010) où l'enseignant expose le problème, lance un débat avec les étudiants et développe la ou les questions de recherche. Les étudiants émettent des hypothèses, proposent la méthode d'investigation et la réalisent. Dans ce type de situation, l'enseignant ne répond pas aux questions des étudiants par des réponses directes, mais plutôt par des orientations ou d'autres questions qui les dirigent vers la réponse. Nous avons jugé qu'il est plus adéquat à notre échantillon vu que nos étudiants n'ont jamais utilisé cette approche comme méthode d'apprentissage. Quant au groupe témoin, nous entendons par approche traditionnelle, la méthode où l'enseignant prescrit toutes les activités et met à la disposition des étudiants les manipulations à réaliser ainsi que les questions qui les guident aux résultats visés. Il doit assister les étudiants dans la réalisation du travail en cas de difficultés comme il doit répondre à leurs questions par des réponses claires et directes.

La session d'apprentissage concernait l'étude du phénomène de flottabilité et les concepts physiques qui lui sont liés. Nous avons opté pour ce phénomène car selon plusieurs recherches, sa compréhension présente beaucoup de difficultés chez les étudiants à cause des préconceptions erronées qu'ils possèdent d'une part, telles que croire que la poussée d'Archimède exercée sur un corps dépend de sa masse et de la profondeur dans le liquide et d'autre part le grand nombre des concepts sous-jacents au phénomène tels que la densité, la surface, la gravité, les forces opposées, la poussée d'Archimède, la pression, la densité relative, le déplacement du poids, la densité de l'objet, la densité du fluide, le principe d'Archimède, les propriétés des fluides.

#### 4.2. L'environnement de simulation :

Nous avons utilisé la simulation de la poussée d'Archimède « Buoyant Force » accessible à travers le lien: <https://phet.colorado.edu/fr/simulations/buoyancy>.

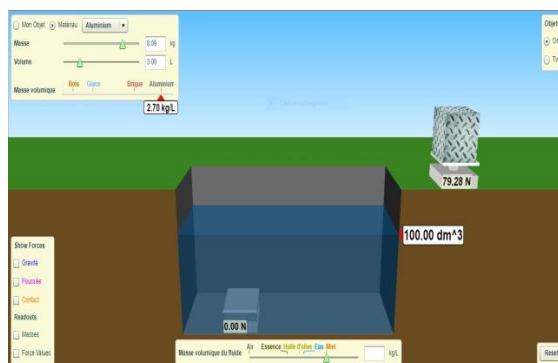


Figure (2) : Interface de la simulation « Buoyant Force »

Cet environnement de simulation offre deux laboratoires virtuels qui permettent d'étudier le phénomène de flottabilité ainsi que les différents concepts en relation. Le premier laboratoire met à la disposition de l'apprenant des outils et objets qui lui permettent d'étudier le concept de la masse volumique des matériaux en considérant les grandeurs masse et volume ainsi que le concept de la densité. Le deuxième laboratoire permet d'explorer le concept de la flottabilité, le principe d'Archimède et de la poussée en fonction de plusieurs variables à savoir la densité de l'objet et la densité du liquide.

#### 4.3. Recueil des données :

Le recueil des données a été effectué par le calcul des scores au pré-test et post-test obtenus par chaque étudiant. Pour le choix des types de questions, nous avons combiné entre questions fermées à choix multiples et questions ouvertes. Le premier type nous a permis d'évaluer les connaissances des étudiants liées aux lois physiques. Quant aux questions ouvertes, elles nous ont permis de mesurer le niveau de compréhension des concepts étudiés. Il s'agit du type de question le plus adéquat pour mesurer le taux de compréhension conceptuelle selon plusieurs études telles que (Aminudin et al., 2019; Melovitz Vasan et al., 2018; Putranta & Supahar, 2019). Ainsi, le pré-test comportait 8 questions dont 4 sont fermées et 4 ouvertes et le post-test comportait 6 questions avec 3 à choix multiple et 3 ouvertes, voir annexe pour plus de détails.

Pour le calcul des scores, nous avons conçu une grille qui comporte les réponses types ainsi que le score attribué à chaque réponse. Pour tester la fiabilité externe des tests ainsi que la validité des réponses types, nous avons soumis les tests et les grilles à deux experts en didactique de physique. Ces derniers ont émis des remarques que nous avons prises en considération pour obtenir les versions finales. Pour tester la fiabilité interne des questions et la fiabilité des grilles d'évaluation, nous avons en premier lieu expérimenté le pré-test et post-test sur un groupe constitué de 20 étudiants de l'ENS de Kouba. Par la suite, nous avons sollicité deux évaluateurs (enseignants de l'école spécialistes en physique) que nous avons entraînés sur les grilles d'évaluation puis nous leur avons demandé de corriger les réponses des 20 étudiants. La fiabilité interne des questions est donnée par le coefficient Alpha de Cronbach et la fiabilité des grilles d'évaluation est donnée par le coefficient Kappa de Cohen et le taux de fiabilité inter-évaluateurs. Le tableau 2 donne les résultats obtenus.



**Tableau (2) : Résultats des tests de fiabilité interne du pré-test et post-test ainsi que la fiabilité inter-évaluateurs des grilles d'évaluation**

|           | Coefficient Alpha de Cronbach | Coefficient Kappa de Cohen | Taux de fiabilité inter-évaluateurs |
|-----------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Pré-test  | 0.946                         | 0.89                       | 89.8%                               |
| Post-test | 0.94                          | 0.837                      | 89.3%                               |

Nous constatons du tableau (2) que les coefficients alpha de Cronbach sont supérieures à 0.7 ce qui signifie que la fiabilité interne des tests est vérifiée. Quant aux coefficients Kappa de Cohen, nous constatons également qu'ils sont supérieurs à la valeur de 0.7, de même pour les taux de fiabilité inter-évaluateurs qui sont tous supérieurs à 80%. Ces valeurs sont statistiquement satisfaisantes et signifient que la fiabilité des grilles d'évaluation est vérifiée, ce qui permet leur utilisation.

#### 4.2. Échantillon d'étude :

Notre échantillon d'étude est constitué de 92 étudiants de l'ENS de Kouba à Alger qui étaient répartis aléatoirement en deux groupes. Le groupe G1, constitué de 74 étudiants, a expérimenté l'apprentissage basé sur la simulation informatique et l'investigation guidée et le groupe G2, constitué de 18 étudiants, a participé à la session d'apprentissage par simulation informatique et approche traditionnelle. Les étudiants étaient en leur dernière année d'étude pour devenir des enseignants des sciences physiques et de technologie au cycle moyen.

#### 5. Résultats et discussion :

Pour déterminer l'impact des sessions d'apprentissage sur le taux de compréhension des concepts étudiés chez les étudiants du groupe témoin et du groupe expérimental et la capacité de transférer les savoirs acquis à la résolution d'autres problèmes, nous avons utilisé les statistiques descriptives et le test de comparaison des moyennes t de Student.

##### 5.1. Résultats des statistiques descriptives :

Le tableau (3) donne les résultats des statistiques descriptives en termes de moyennes des scores et écart-type obtenus par les étudiants des deux groupes en pré-test et post-test.

**Tableau (3) : Résultats**

|                | N  | M      | Écart-type |
|----------------|----|--------|------------|
| Pré-test (G1)  | 74 | 9.516  | 1.363      |
| Post-test (G1) | 74 | 15.557 | 1.329      |
| Pré-test (G2)  | 18 | 9.458  | 1.071      |
| Post-test (G2) | 18 | 11.222 | 0.999      |

Les résultats du tableau (3) montrent que les moyennes des scores des étudiants des deux groupes étaient approximatives au pré-test avec 9.516 pour G1 et 9.458 pour G2. Ceci signifie que les étudiants des deux groupes avaient le même niveau de compréhension des concepts étudiés et qui était faible. Les écarts-types étaient relativement faibles ce qui montre que les étudiants avaient approximativement le même niveau. Quant au post-test, nous constatons que la moyenne des scores des étudiants du groupe expérimental G1 a considérablement augmenté, avec une valeur de 15.557 et un écart type relativement faible de valeur de 1.329. Tandis que la moyenne des scores des étudiants du groupe témoin G2 a augmenté légèrement à une valeur de 11.222 qui est faible en comparaison avec celle obtenue par le groupe expérimental. L'écart-type est faible et égale à 0.999, ce qui signifie que les étudiants du groupe témoin sont aboutis approximativement au même niveau de compréhension conceptuelle.

## 5.2. Résultats des tests de comparaison des moyennes :

Afin de vérifier que l'impact des sessions d'apprentissage est statistiquement significatif, nous avons utilisé le test t de Student. Toutefois, avant de réaliser ces tests, nous avons vérifié la normalité de distribution des scores obtenus en pré et post tests pour les deux groupes, le tableau (4) donne les résultats obtenus :

**Tableau (4) : Résultats du test de normalité de distribution des scores obtenus**

|    | p-valeur<br>(pré-test) | p-valeur<br>(post-test) |
|----|------------------------|-------------------------|
| G1 | 0.200                  | 0.200                   |
| G2 | 0.208                  | 0.312                   |

Nous notons que les p-valeurs pour les deux groupes sont supérieures à 0.05 ce qui implique la validité de l'hypothèse nulle qui stipule que les populations suivent une loi de distribution normale. Ainsi, le test t de Student peut être utilisé pour comparer les moyennes.

Le tableau (5) donne les résultats du test t à deux échantillons appariés.

**Tableau (5) : Résultats de comparaison des moyennes par le test t de Student à deux échantillons appariés**

|    | ddl | t      | Intervalle de confiance de la différence à 95% |            | p-valeur |
|----|-----|--------|------------------------------------------------|------------|----------|
|    |     |        | Inférieure                                     | Supérieure |          |
| G1 | 73  | 60.626 | 5.841                                          | 6.239      | 0.000    |
| G2 | 17  | 10.113 | 1.395                                          | 2.131      | 0.000    |

Nous constatons du tableau (5) que les p-valeurs pour les deux groupes sont égales à 0.000, qui sont inférieures au seuil de signification 0.05. De plus, les bornes inférieures et supérieures des intervalles de confiances sont toutes du même signe, c.à.d. que ces intervalles ne comportent pas la valeur 0. Ceci implique que l'hypothèse nulle, qui stipule l'égalité des moyennes, doit être rejetée. La différence des moyennes des scores obtenus par les étudiants en post-tests et pré-tests est alors statistiquement significative pour le groupe témoin et le groupe expérimental. Toutefois, le coefficient t est plus important pour le groupe expérimental que pour le groupe témoin. Ce qui indique que la performance des étudiants du groupe expérimental a largement dépassé celle des étudiants du groupe témoin.

Le tableau (6) donne les résultats du test t de Student à deux échantillons indépendants effectué pour les scores obtenus par les étudiants des deux groupes en post-test.

**Tableau (6) : Résultats de comparaison des moyennes par le test t de Student à deux échantillons indépendants**

|                                 | Test t pour égalité des moyennes           |          |                                                |          |            |            |
|---------------------------------|--------------------------------------------|----------|------------------------------------------------|----------|------------|------------|
|                                 | Test de Levene sur l'égalité des variances |          | Intervalle de confiance de la différence à 95% |          |            |            |
|                                 | F                                          | p-valeur | t                                              | p-valeur | inférieure | Supérieure |
| Hypothèse de variances égales   | 2.176                                      | 0.144    | 12.949                                         | 0.000    | 3.670      | 5.000      |
| Hypothèse de variances inégales |                                            |          | 15.385                                         | 0.000    | 3.762      | 4.908      |

Du tableau (6), nous notons que la p-valeur du test de Levene est supérieure à la valeur de seuil de signification 0.05, ce qui implique que les variances sont inégales. Nous prenons en considération alors les valeurs de la deuxième ligne où la p-valeur du

test t est égale à 0.000 qui est aussi inférieure à 0.05. Ceci signifie que l'hypothèse nulle qui stipule l'égalité des moyennes doit être rejetée et la différence des moyennes des scores obtenus par les étudiants des deux groupes en post-test est statistiquement significative avec un coefficient t égale à 15.385. Nous concluons alors que l'usage de la simulation informatique avec la démarche d'investigation scientifique comme méthode d'apprentissage a un impact positif qui dépasse considérablement l'impact de l'usage de la simulation avec l'approche traditionnelle. Cette différence est statistiquement significative.

Nous pouvons expliquer ce résultat par le fait que les étudiants dans le groupe expérimental avaient un rôle actif durant l'apprentissage. Ils devaient en premier lieu comprendre le problème posé, identifier les variables susceptibles d'intervenir, les classer en variables dépendantes et indépendantes et suggérer des relations entre elles en émettant des hypothèses, proposer des protocoles expérimentaux en utilisant l'environnement de la simulation pour tester leurs hypothèses, réaliser ces protocoles, observer ou mesurer, analyser, interpréter, etc. L'environnement de simulation leur donnait des feedbacks immédiats, ce qui leur permettait de confirmer ou infirmer leurs idées ou hypothèses. Durant l'investigation, les étudiants faisaient des allers-retours entre hypothèses, expérimentations, analyse des résultats et interprétations, ce qui leur a permis d'étudier le problème et les concepts liés sur plusieurs aspects et différents angles et donc leur a permis une meilleure compréhension du phénomène étudié, des concepts qui lui sont liés et les variables ou facteurs intervenant. Ceci est confirmé par les scores élevés obtenus par les étudiants de ce groupe en post-test, sachant que les questions posées étaient des questions ouvertes inspirées de problèmes issus de la réalité. Ces scores montrent que les étudiants ont non seulement bien assimilé les concepts en question mais ont pu les mobiliser pour la résolution de problèmes réels issus d'autres situations ce qui n'est pas le cas pour les étudiants du groupe témoin. En effet, ces derniers avaient un rôle passif durant l'apprentissage même s'ils ont réalisé des expériences avec l'environnement de simulation, pris des mesures ou observé des changements ou comportements des objets manipulés, car ces tâches étaient suite à l'exécution des prescriptions de l'enseignant et aucun travail de réflexion ou de confrontation avec leurs préconceptions ou idées n'a été effectué durant l'apprentissage. Par ailleurs, malgré que les étudiants dans ce groupe ont pu réaliser les expériences demandées et relever les bonnes mesures ou observations et ont pu répondre aux questions posées dans le manuel du travail pratique, ils n'ont pas réussi à répondre correctement aux questions du post-test notamment les questions ouvertes, ce qui montre leur inaptitude à transférer les connaissances acquises à la résolution de problèmes d'autres situations différentes de celles traitées en session d'apprentissage.

## 6. Conclusion:

Cette étude nous a permis de déterminer l'impact de la méthode pédagogique utilisée en intégrant la simulation informatique dans des travaux pratiques destinés à l'apprentissage des concepts liés au phénomène de flottabilité des corps dans les liquides.

La simulation informatique est l'une des technologies éducatives la plus utilisée dans l'enseignement des sciences expérimentales notamment les sciences physiques. Toutefois, la méthode d'enseignement et apprentissage utilisée avec représente un facteur important qui favorise l'exploitation des potentiels pédagogiques de cet outil technologique en termes de qualité d'apprentissage.

Les résultats de l'expérimentation que nous avons menée avec nos étudiants ont montré que les étudiants du groupe expérimental ayant participé à la session d'apprentissage utilisant la démarche d'investigation scientifique avec l'environnement de simulation ont obtenu des scores en post-test largement supérieurs aux scores obtenus par les étudiants du groupe témoin. Ces scores représentent le taux de compréhension conceptuelle et la capacité de transfert des connaissances acquises à la résolution d'autres

problèmes de la vie courante. Le test de comparaison des moyennes  $t$  de Student a montré que cette différence des scores est statistiquement significative.

À partir de ces résultats, nous concluons que la démarche d'investigation scientifique utilisée comme méthode pédagogique avec la simulation informatique permet d'exploiter au mieux les apports de cette dernière à la qualité d'apprentissage, en termes d'exploration du phénomène étudié et compréhension des concepts qui lui sont liés avec la capacité de les transférer à la résolution d'autres problèmes issus de situations différentes de celles étudiées.

Comme suite de cette recherche, nous préconisons l'étude d'autres phénomènes de la physique et donc d'autres concepts avec d'autres environnements de simulation afin de pouvoir généraliser les résultats obtenus et en considérer la démarche d'investigation scientifique comme modèle pédagogique qui permettra de tirer pleinement partie des potentiels d'apprentissage des technologies éducatives.

### Références :

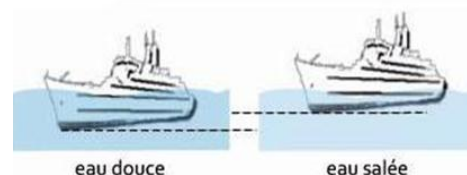
- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education : International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Adams, W. K., Paulson, A., Wieman, C. E., Henderson, C., Sabella, M., & Hsu, L. (2008). What Levels of Guidance Promote Engaged Exploration with Interactive Simulations? *AIP Conference Proceedings*, 59-62. <https://doi.org/10.1063/1.3021273>
- Aminudin, A. H., Kaniawati, I., Suhendi, E., Samsudin, A., Coştu, B., & Adimayuda, R. (2019). Rasch Analysis of Multitier Open-ended Light-Wave Instrument (MOLWI) : Developing and Assessing Second-Years Sundanese-Scholars Alternative Conceptions. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(3), 557-579. <https://doi.org/10.17478/jegys.574524>
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? : A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction : Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants : Regards didactiques*. De Boeck Supérieur.
- Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Bunterm, T., Lee, K., Ng Lan Kong, J., Srikoorn, S., Vangpoomyai, P., Rattavongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.886347>
- Chen, S. (2010). The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories. *Computers & Education*, 55(3), 1123-1130. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.009>
- Coquide, M. (2003). Face à l'expérimental scolaire. *Pédagogies recherche*, 153-180.
- Dell' Angelo, M., Coquidé, M., & Magneron, N. (2012). Statut de l'investigation dans des standards de l'enseignement scientifique : Cas des USA, de la Suisse et de la France. In B. Calmettes, *Didactique des sciences et démarches d'investigation : Références, représentations, pratiques et formation* (p. 27-59). Paris: L'Harmattan.
- Eviota, J. S., & Liangco, M. M. (2020). Students' Performance on Inquiry-Based Physics Instruction through Virtual Simulation. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 21(1), 22-34. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v21i1.pp22-34>
- Fan, X. (2015). *Effectiveness of an Inquiry-based Learning using Interactive Simulations for Enhancing Students' Conceptual Understanding in Physics* [A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy]. The University of Queensland.
- Friesen, S., & Lock, J. (2010). High performing districts in the application of 21st century learning technologies : Review of the research. *Edmonton, AB: College of Alberta School Superintendents*. [https://scholar.google.ca/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=tJ36SmsAAAAJ&alert\\_previe\\_w\\_top\\_rm=2&citation\\_for\\_view=tJ36SmsAAAAJ:HDshCWvjkbEC](https://scholar.google.ca/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=tJ36SmsAAAAJ&alert_previe_w_top_rm=2&citation_for_view=tJ36SmsAAAAJ:HDshCWvjkbEC)
- Gredler, M. E. (2004). Games and Simulations and Their Relationships to Learning. In *Handbook of research on educational communications and technology*, 2nd ed (p. 571-581). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Gunawan, G., Nisrina, N., Y Suranti, N. M., Herayanti, L., & Rahmatiah, R. (2018). Virtual Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding in Physics Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108, 012049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012049>
- Hasni, A., Belletête, V., & Potvin, P. (2018). *Les démarches d'investigation scientifique à l'école : Un outil de réflexion sur les pratiques de classe*. [https://www.usherbrooke.ca/creas/fileadmin/sites/creas/documents/Publications/Demarches\\_Investigation\\_Hasni\\_Belletete\\_Potvin\\_2018.pdf](https://www.usherbrooke.ca/creas/fileadmin/sites/creas/documents/Publications/Demarches_Investigation_Hasni_Belletete_Potvin_2018.pdf)
- Melovitz Vasan, C. A., DeFouw, D. O., Holland, B. K., & Vasan, N. S. (2018). Analysis of testing with multiple choice versus open-ended questions : Outcome-based observations in an anatomy course. *Anatomical Sciences Education*, 11(3), 254-261. <https://doi.org/10.1002/ase.1739>
- Messaoui, A., Redondo, C., Molina, G., & Pironom, J. (2021). Impact du confinement sur les pratiques pédagogiques dans l'enseignement universitaire technologique en France : Une étude exploratoire. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 18(3), 1-16. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2021-v18n3-01>
- National Research Council. (2002). *Scientific Research in Education*. Washington, DC: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/10236>
- National Research Council. (2012). *Education for Life and Work : Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, DC: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/13398>
- Putranta, H., & Supahar, S. (2019). Development of Physics-Tier Tests (PysTT) to Measure Students' Conceptual Understanding and Creative Thinking Skills : A Qualitative Synthesis. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(3), 747-775. <https://doi.org/10.17478/jegys.587203>
- Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, 26. <https://doi.org/10.4267/2042/8691>
- Rutten, N., van der Veen, J. T., & van Joolingen, W. R. (2015). Inquiry-Based Whole-Class Teaching with Computer Simulations in Physics. *International Journal of Science Education*, 37(8), 1225-1245. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1029033>
- Salinas, M. (2008). From Dewey to Gates : A model to integrate psychoeducational principles in the selection and use of instructional technology. *Computers & Education*, 50, 652-660. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.08.002>
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences : Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Zacharia, Z., & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618-629. <https://doi.org/10.1119/1.1566427>

## Annexe :

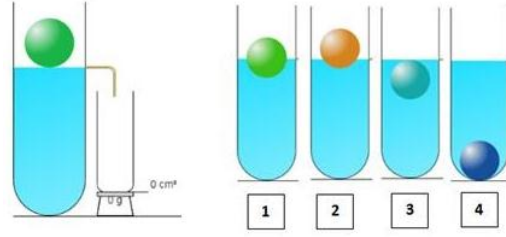
### Questions du Pré-test

- 1- لماذا مسمار حديدي صغير يغوص في البحر وباخرة كبيرة تطفو على سطحه؟ اذكر تفسيراً علمياً لذلك.
- 2- لماذا الجزء المغمور من الباخرة في المياه العذبة أكبر مما هو عليه في مياه البحر؟ اذكر تفسيراً علمياً لذلك.



- 3- لدينا أربعة أوعية متشابهة يحتوي كل واحد منها على إناءين متصلين فيما بينهما (كما هو مبين في الصورة على اليسار). نضع في الإناء الكبير كمية من الماء و نترك الذي على اليمين فارغاً. إذا وضعنا أربع كرات لها نفس الحجم في كل إناء، نلاحظ كمية من الماء تتدفق في الإناء الفارغ. الصورة تظهر حالة الكرات في الأواني في حالة التوازن. من بين الاقتراحات التالية ، ما الاقتراح الذي يعطي المقارنة الصحيحة بالنسبة لحجوم الماء في الإناء على اليمين (V1, V2, V3, V4) في الحالات الأربعة؟





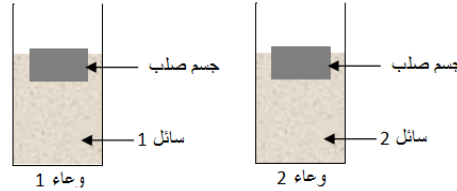
$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 \quad /1$$

$$V_2 > V_3 > V_1 > V_4 \quad /2$$

$$V_3 = V_4 > V_1 > V_2 \quad /3$$

$$V_1 = V_4 > V_2 = V_3 \quad /4$$

4- تظهر الصورة، ما يحدث عندما نضع جسمين صلبين كل واحد منهما بإناء به سائل معين. الجسمين لهما نفس الحجم والشكل. اعتمادا فقط على ما يظهر في الصورة، ماذا يمكنك القول عن الجسمين والسائلين؟ أضف تفسيراً مُكملاً لكي يكون الاقتراح صحيحاً.



أ- السائل في الوعاءين هو الماء

ب- الجسم في الوعاء 1 أثقل من الجسم في الوعاء 2

ج- الجسم في الوعاء 1 يطفو في مستوى أعمق من الجسم في الوعاء 2

ح- الجسم في الوعاء 1 معدن والجسم في الوعاء 2 من الخشب

5- كيف تتغير دافعة أرخميدس المطبقة على جسم مغمور كلياً في السائل بالنسبة لغرق؟؟ السائل؟

6- لدينا ثلاثة أجسام 1، 2، 3 لها نفس الكتلة لكن مصنوعة من مواد مختلفة: النحاس، والحديد والألمنيوم مع

( $\rho_{\text{copper}} > \rho_{\text{iron}} > \rho_{\text{aluminium}}$ ). إذا وضعنا الأجسام الثلاثة في ثلاثة أوعية متشابهة ومملوءة وبالماء فإن هذه

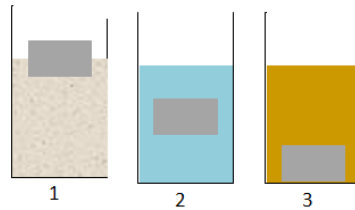
الأجسام تغوص والماء سيتدفق. ما هو الجسم الذي يحدث أكبر تدفق للماء؟

أ. النحاس، ب. الحديد، ج. الألمنيوم.

7- إذا وضعنا نفس الجسم في ثلاث أوعية بها سوائل مختلفة، فإن الجسم سيطفو أو يبقى معلقاً في السائل أو

يغرق (أنظر الشكل). حسب دافعة أرخميدس المطبقة على الجسم في كل حالة، اختر الاقتراح الصحيح من بين

الاقتراحات التالية، حيث  $F$  هي شدة دافعة أرخميدس:



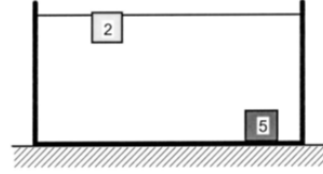
A.  $F_1 > F_2 > F_3$

B.  $F_1 = F_2 > F_3$

C.  $F_2 = F_3$

D.  $F_1 < F_2 < F_3$

8- لدينا خمسة أجسام متماثلة الحجم والشكل وكتلتها مختلفة حيث:  $m_1 < m_2 < m_3 < m_4 < m_5$  نجعل الأجسام الخمسة بالقرب من منتصف وعاء به ماء ثم نتركها حرة. الشكل التالي يمثل الوضعية النهائية للجسم 2 و 5. أرسم في نفس الشكل الوضعيات النهائية للأجسام الأخرى. علل إجابتك. نعتبر في هذه الحالة بأن الماء غير قابل للانضغاط.



### Questions du Post-test

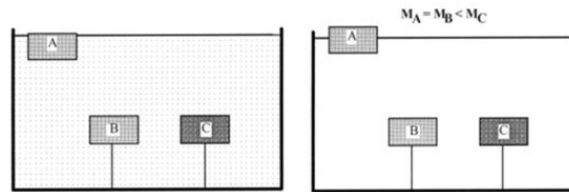
- 1- هل الاقتراح التالي صحيح؟ علل إجابتك:  
إذا وضعنا جسمين صلبين ذو كتلتين متساويتين و لكن مختلفان في الكتلة الحجمية في وعاءين يحتويان على نفس الكمية من الماء. الجسم الأول يطفو تماما تحت سطح الماء بينما الجسم الثاني يطفو (يبقى عالقا) في مستوى قريب من منتصف الوعاء. بما أن الجسمين يطفوان فإنهما في حالة توازن وبما أن لهما نفس الثقل، فإنه يمكننا القول، بأن دافعة أرخميدس المطبقة على الجسمين متساويتان. ولكن نعلم أن دافعة أرخميدس تساوي جداء حجم الجسم، في تسارع الجذب العام والكتلة الحجمية للماء. فإذا اعتبرنا أن الجسمين مختلفين، لأن الجسمين لهما كتلتان حجميتان مختلفتان، فهذا يعني أن الدافعتين مختلفتين. ألا يمثل هذا تناقضا لما ذكر سابقا.
- 2- جسم ذو كتلة حجمية  $7.8 \times 10^3 \text{ م}^3/\text{كغ}$  وكتلة 0.39 كغ. إذا وضعناه في وعاء صغير به ماء، فما شدة دافعة أرخميدس المطبقة عليه:  
أ: 7.8 ن، ب: 0.5 ن، ج: 3.9 ن، د: لا يمكن تحديد شدتها .
- 3- لدينا الأجسام الثلاثة التالية ذات أشكال مختلفة ولكن لها نفس الكتلة. باعتبار الوضعية النهائية لكل جسم، ما هو الجسم الذي تُطبَّق عليه أصغر دافعة أرخميدس؟ الجسم 1 أو 2 أو 3.



- 4- ثلاثة أجسام A, B, C لها نفس الحجم والشكل. الجسمان A و B متماثلان، الجسم C له أكبر كتلة. الجسمان B و C مشدودان إلى قاع الوعاء بخيوط بحيث يقيان في نفس المستوى من العمق، بينما يترك الجسم A حرا. عندما تترك الأجسام حرة فإنها تطفو. نضع الأجسام الثلاثة في أوعية تحتوي على سوائل مختلفة ونعتبر أن السوائل غير قابلة للانضغاط. (أنظر الصور: الحالة الأولى ماء، الحالة الثانية سائل مختلف كتلته الحجمية أقل من 1).

هل دافعة أرخميدس المطبقة على الجسم A أصغر من أو تساوي أو أكبر من دافعة أرخميدس المطبقة على الجسم B؟

هل دافعة أرخميدس المطبقة على الجسم B أصغر من أو تساوي أو أكبر من دافعة أرخميدس المطبقة على الجسم C؟ (قدّم تفسيراً بالنسبة لكل حالة)، علّل إجاباتك.



5- لدينا بالون مملوء بغاز الهليوم كتلته الاجمالية تساوي 10 kg على شكل كرة نصف قطرها 1.5 m ومشدود بخيط مثبت على سطح الأرض. ما هي شدة التوتر الخيط؟ نعطي الكتلة الحجمية للهواء  $1.23 \text{ Kg/m}^3$   
120.5 N, 63.45 N , 72,4 N, 48.87 N

6- هل هذا الوصف لمبدأ أرخميدس وظاهرة الدفع في السوائل صحيح؟ علّل إجابتك  
يطبق جسم على السائل الموضوع فيه قوة متجهة نحو الأسفل فتتسبب في إزاحة جزء من الماء إلى الأعلى من كل الجوانب. من جهة أخرى فإن السائل يطبق على الجسم قوة تدفعه إلى الأعلى. إذا كان الجسم في ماء مالح كماء البحر أو في سائل أكثر كثافة، فإن السائل سيدفع الجسم إلى الأعلى بقوة أكبر. إذن نقول أن الأجسام في السوائل أكثر كثافة، تكون أكثر طفوا (يغوص أقل في السائل) وبالمثل إذا كان الجسم أكثر كثافة فإنه سيدفع السائل بقوة أكبر ويزيح أكبر كمية من السائل فيكون الجسم أقل طفوا (يغوص أكثر في السائل)