



TITRE: ANALYSE DES ERREURS DES ÉLÈVES DE LA SECONDE C À PROPOS DES OUTILS MATHÉMATIQUES EN PHYSIQUE

AUTEUR: AKOUA DAHOUESSA ASSIBA THÉRÈSE

PUBLICATION: ACTES DU HUITIÈME COLLOQUE DE L'ESPACE MATHÉMATIQUE FRANCOPHONE – EMF 2022

DIRECTEUR: ADOLPHE COSSI ADIHOU, UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE (CANADA/BÉNIN) AVEC L'APPUI DES MEMBRES DU COMITÉ SCIENTIFIQUE ET DES RESPONSABLES DES GROUPES DE TRAVAIL ET PROJETS SPÉCIAUX

ÉDITEUR: LES ÉDITIONS DE L'UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

ANNÉE: 2023

PAGES: 432 - 445

ISBN: 978-2-7622-0366-0

URI:

DOI:

Analyse des erreurs des élèves de la Seconde C à propos des outils mathématiques en physique

AKOUA DAHOUESSA¹ Assiba Thérèse

Résumé – L’enseignement de la physique décrit les phénomènes naturels par la modélisation. Notre étude s’intéresse à la mise en œuvre des savoirs d’ordre mathématique en tant qu’outils de modélisation dans l’apprentissage de la physique en classe de la seconde C. Les données ont été recueillies à l’aide d’une grille d’analyse de la consigne d’une évaluation et des productions des apprenants. Les résultats montrent que les erreurs commises par les apprenants sont liées à la modélisation mathématique des concepts de la physique.

Mots-clés : erreur, évaluation, modélisation, aides didactiques, outils mathématiques

Abstract – Physics education describes natural phenomena through modelling. Our study focuses on the implementation of mathematical knowledge as modelling tools in the learning of physics in the second C class. The data was collected using a grid analysis of the instructions for an assessment and the productions of the learners. The results show that the errors made by the learners are related to the mathematical modelling of the concepts of physics.

Keywords: error, evaluation, modelling, teaching aids, mathematical tools.

1. Laboratoire de Recherche en Didactique LAREDI-ENS, Côte d’Ivoire, glitherapp@yahoo.fr

Introduction

Dans son évolution le système éducatif ivoirien a adopté l'Approche Par les Compétences (APC) en 2002. Dans l'adaptation des curricula, les progressions officielles ont connu des changements ; les espaces nommés « semaines tampons » ont été dans un premier temps transformés en « séances de régulation » et par la suite « remédiation ». Cette activité didactique est placée après les évaluations ou couplée avec celles-ci afin d'amener chaque apprenant à la réussite. Cependant en tant qu'enseignant nous avons été interpellés par la désaffection de la physique chez les élèves suite aux évaluations portant sur les moments d'une force. En effet la construction des savoirs liés à cette séquence nécessite la représentation dans le plan des phénomènes naturels de l'espace à trois dimensions. Cela paraît complexe et pas toujours perceptible même par l'enseignant pour une bonne transposition didactique. Confrontés à des difficultés liées à la modélisation faisant appel au langage mathématique, les apprenants considèrent la physique comme une discipline difficile à comprendre. À l'issue de cette classe, certains élèves devant le choix d'une orientation scolaire n'envisagent pas poursuivre dans les filières scientifiques. Cet article se propose d'analyser les erreurs des élèves liées aux savoirs mathématiques en tant qu'outil privilégié de modélisation des situations de la vie quotidienne dans l'enseignement de la physique. Notre objectif principal est d'analyser l'impact de la modélisation mathématique sur les productions des élèves dans le cas de la détermination des moments d'une force en classe de seconde C. Comme objectifs spécifiques nous voulons examiner les consignes d'une épreuve d'évaluation et les productions des apprenants soumis à cette évaluation en vue de nous pencher sur la question délicate du rapport entre le concret et l'abstrait (Martinand, 2010). Comme hypothèse, nous postulons que la plupart des erreurs des apprenants provient de la modélisation mathématique des concepts de la physique.

Cadre conceptuel

Les conceptions socioconstructivistes de l'erreur

Les socioconstructivistes soutiennent que l'apprentissage passe obligatoirement par des phases de difficultés face auxquelles les élèves doivent remplacer leurs anciennes conceptions erronées par de nouvelles connaissances. Bachelard (1938) précise que la connaissance scientifique ne peut se construire qu'après avoir surmonté un certain nombre d'obstacles épistémologiques. Brousseau (1983) définit le concept d'obstacle didactique comme une représentation de la tâche, induite par un apprentissage antérieur, cause d'erreurs systématiques et faisant obstacle à l'apprentissage actuel. Quant à Roditi (2005), il désigne par erreur toute réponse qui n'est pas conforme à celle qui est manifestement attendue en fonction de la tâche.

Astolfi (2009) qualifiant l'erreur d'outil pour enseigner identifie huit types de causes d'erreurs. Cet auteur précise que l'erreur prend la dimension d'indicateur d'analyse du niveau d'apprentissage des

élèves, de repérage de leurs difficultés et pourrait servir à l'enseignement, à partir de l'instant où elle serait traitée en classe.

| | |
|---|--|
| Les erreurs relevant de la compréhension des consignes | Les erreurs portant sur les démarches adoptées |
| Les erreurs résultant d'habitudes scolaires | Les erreurs liées à une charge cognitive trop importante |
| Les erreurs témoignant de conceptions ou représentations | Les erreurs ayant leur origine dans une autre discipline |
| Les erreurs liées aux opérations intellectuelles impliquées | Les erreurs causées par la complexité du contenu |

Typologie d'erreur selon Astolfi (2009)

À la suite de ces différentes acceptions de l'erreur, nous nous intéressons à l'évaluation dans le sens des aides didactiques.

De la fonction formative de l'évaluation à sa fonction certificative

Selon Hadji (2015) l'évaluation est un outil formidable de formation et une aide précieuse face aux apprentissages. Selon l'auteur, l'évaluation recouvre d'une part l'action de calculer, de mesurer ; à savoir associer des symboles à des objets, à des événements ou à des productions des personnes selon des règles précises. Soutenant cette conception de l'évaluation prise comme une aide didactique, nous recenserons certaines acceptions de l'évaluation au cœur du processus enseignement-apprentissage pour en déterminer les principales formes. Pour De Vecchi (2014), évaluer c'est faire apparaître de la valeur, c'est valoriser. Selon Nebout Arkhurst (2017), l'évaluation apparaît comme une démarche d'observation et d'interprétation des effets de l'enseignement, visant à guider les décisions nécessaires au bon fonctionnement de l'école. Toute évaluation se construit avec l'idée de sa fonction et la phase d'intervention au cœur du processus d'enseignement-apprentissage. Sur la base de ces deux paramètres, trois sortes d'évaluations sont distinguées: l'évaluation diagnostique, l'évaluation formative et l'évaluation sommative à fonction certificative. Courtillot et Ruffenach (2004) décrivent l'évaluation dans un processus d'enseignement rythmé par des actions correctives et des actions de progrès dans une démarche d'amélioration continue qu'ils nomment démarche de performance. Dans une logique de résultat, la démarche de performance propose de fixer un objectif (la réussite pour tous les élèves) et des indicateurs pour vérifier le succès de l'objectif. L'adoption de cette démarche de performance dans le processus enseignement-apprentissage présente quatre phases : la planification, l'enseignement (mise en œuvre de la planification), l'évaluation (comparer les résultats aux objectifs avec les indicateurs), et enfin la remédiation. Ces auteurs soutiennent qu'une évaluation sommative ne peut se limiter à une simple constatation du niveau des acquis des élèves. Elle doit être aussi à la base d'une démarche de remédiation et d'amélioration de la production de l'élève. L'évaluation des acquis scolaires dans ce cadre met l'accent sur la mesure du décalage entre les objectifs fixés avant l'enseignement et les performances atteintes après l'enseignement. Le pilotage de l'enseignant

consiste à adopter des stratégies pédagogiques et didactiques qui permettent aux élèves de mieux construire leurs connaissances. L'évaluation sommative sanctionnée par une note doit être l'aboutissement du processus enseignement-apprentissage dont la cohérence nécessite une culture de régulation basée sur une logique de résultat. L'objectif de l'évaluation sommative certificative est de permettre aux enseignants d'apporter un regard professionnel sur la pertinence du choix de l'orientation scolaire des apprenants. De cette logique de performance nous pouvons représenter le passage de l'évaluation de sa fonction formative à la fonction certificative par le schéma ci-après.

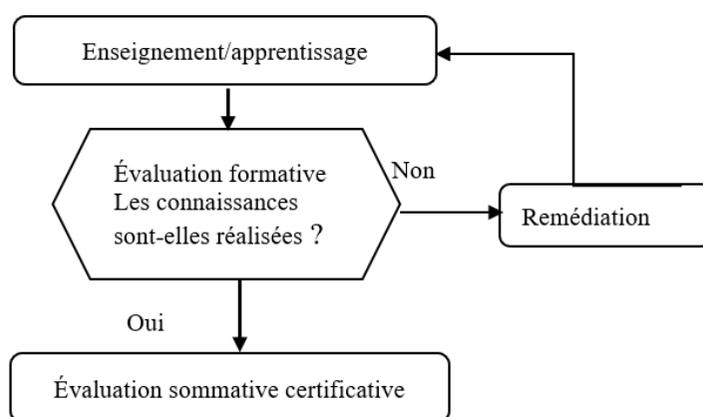


Figure 1 : Schéma didactique de réalisation d'une évaluation sommative (Source : notre étude 2022)

La consigne scolaire, outil d'évaluation

Pour Zakhartchouk (1999) la consigne, injonction donnée aux élèves pour effectuer une tâche s'appuie sur un énoncé où les données nécessaires pour effectuer la tâche sont parfois implicites, d'où la nécessité d'un décodage. Il précise que ces données implicites correspondent au contrat didactique qui admet certaines conditions. La tâche est-elle réalisable ? Les élèves ont-ils les « outils » nécessaires, le temps suffisant pour exécuter la consigne ? Les conditions de réalisation de la tâche et le degré d'exigence sont-ils précisés ou implicites ? Tout se joue dans le « face à face » solitaire de l'apprenant et de la consigne, note Zakhartchouk (1996). Ce qu'elle représente pour lui, le sens qu'elle lui donne et qui ne correspond pas forcément aux intentions de l'enseignant. Il est nécessaire de nous interroger davantage sur ce qui peut constituer des difficultés à la compréhension des consignes. L'élève est appelé à décoder le sens exact du message, c'est-à-dire décrypter les attentes de l'enseignant, identifier la tâche à effectuer et la ou les opération(s) intellectuelle(s) nécessaire(s) à sa réalisation. Il arrive que des élèves se retrouvent démunis et bloqués face à une consigne. Cela peut entraîner un stress qui peut faire perdre du temps aux élèves, voire les paralyser. Quant à Nebout Arkhurst (2017), elle

atteste que la notion de consigne doit dépasser le sens de technique pédagogique pour privilégier un rôle fonctionnel d'indicateur de stratégies didactiques. L'auteure souligne la nécessité d'inscrire la consigne comme un élément déterminant dans la gestion du contrat didactique. Pour Mettoudi et Yaïche (1996) les consignes complexes contenant, dans une seule phrase, plusieurs tâches scolaires peuvent empiéter sur le temps de leur réalisation et la rendre difficile.

La modélisation mathématique dans l'enseignement de la physique

Tiberghien et Vince (2011) décrivent l'activité de modélisation en physique comme la mise en relation entre deux « mondes » différents : le monde des objets, des événements du champ expérimental des objets et le monde des théories et des modèles. Morge et Doly (2013) attestent que les sciences physiques visant l'intelligibilité de la nature ont recours, à côté des théories et des lois, à la modélisation. Pour Gaidioz et Tiberghien (2003), l'une des caractéristiques essentielles de la physique est de proposer des théories et des modèles qui permettent d'analyser ou d'interpréter des situations matérielles qui constituent leur champ de validité; dans certains cas ces modèles permettent aussi de faire des prévisions de certains événements. Duval (1993) relève l'existence de facettes procédurales associées à la modélisation en physique. Hestenes (2010), didacticien de la physique, soutient que les modèles dans l'enseignement de la physique s'articulent autour d'une double structure. Une structure physique, qui fait référence à une intuition physique et relevant des objets et des événements du monde réel et une structure mathématique, qui fait référence à une intuition mathématique et relevant des représentations symboliques. La modélisation de la force par le vecteur a été illustrée par Ernst Mach (1904) en mécanique, quand il dégage les attributs essentiels de cette grandeur physique. Aussi, Ba (2007) a montré dans sa thèse que l'introduction du vecteur pour modéliser les grandeurs physiques sujet à nombreux débats rentre toujours en concurrence avec les aspects expérimentaux notamment son usage dans l'enseignement de la physique pour modéliser les forces. L'auteur précise que les programmes de la physique en classe de seconde C contiennent plusieurs objets d'enseignement faisant recours à la représentation vectorielle des forces. Dans cette veine, la construction des savoirs du concept des moments d'une force passe par une modélisation analytique et géométrique des forces à l'aide des vecteurs pour établir une relation entre les grandeurs physiques. Cela nécessite une mobilisation des savoirs de la géométrie des curricula des mathématiques du premier cycle et du chapitre sur les droites et plans de l'espace du programme de la seconde C. Par ailleurs, le chapitre sur « les droites et plans de l'espace » du programme ivoirien des mathématiques en seconde C est planifié de la quatrième semaine du mois de novembre aux deux premières semaines de décembre et celui de la physique planifie le chapitre sur « équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe » aux deux premières semaines de décembre, c'est-à-dire pratiquement à la même période. Ce qui nécessite une vigilance didactique au regard de la modélisation mathématique dans l'enseignement de la physique. Bachelard (1979) précise que si le modèle permet de décrire et d'interpréter le monde matériel à l'aide d'éléments théoriques, il ne peut pas décrire toutes les propriétés du réel. En se référant au livre officiel « mon cahier d'habiletés » 2nde C, nous constatons que dans les énoncés des exercices sur les moments d'une force, tout comme dans les exercices rencontrés dans les autres

ouvrages, le symbolisme de l'axe (Δ) de rotation du système, reconnu comme une droite, le matérialise par un point ou un rond. Cet axe de rotation (Δ) invisible sur la représentation est désigné par une droite passant par un seul point visible. Pourtant l'élève a appris en mathématiques que par un point il passe une infinité de droites. Ainsi présentée, la modélisation spatiale adoptée de l'axe de rotation n'est pas toujours perceptible par les élèves. Comme l'écrit Martinand (2010), pour ceux que préoccupe l'éducation scientifique des jeunes, la question des rapports entre concret et abstrait ou encore l'articulation entre expérimental et théorique, nécessite un intérêt particulier. Nous voulons nous pencher dans ce travail sur la question ci-après: comment faciliter la mobilisation des outils mathématiques dans l'apprentissage des moments d'une force en classe de seconde C?

Méthodologie de la recherche

Le terrain est constitué du Lycée Moderne 1 de Daloa avec une population des élèves de la 2^{nde} C1 de l'année scolaire 2022/2023. L'échantillon issu de cette population se compose de 37 élèves qui ont déjà participé à la séance du cours sur « l'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe » et ont été évalués sur cette séquence. Notre instrument de recherche est constitué d'une grille d'analyse des productions des élèves, selon la théorie des erreurs de Roditi (2005) et la typologie des erreurs d'As-tolfi (2009). Nous avons analysé dans un premier temps la consigne de l'évaluation en question (cf. annexe) sur « l'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe » et ensuite analysé les productions des élèves.

Résultats

Analyse de la consigne d'évaluation

L'épreuve proposée aux apprenants comporte deux exercices. Le premier est une partie de vérification des connaissances déclaratives notée sur 7 points. Le deuxième est constitué d'une situation d'évaluation notée sur 13 points.

La résolution du deuxième nécessite des connaissances procédurales associant la modélisation géométrique et analytique (cf. annexe). Selon le corrigé, l'élève doit dans un premier temps faire une modélisation géométrique des forces, \vec{F}_A , \vec{F}_B et \vec{R} par des vecteurs et déterminer leurs coordonnées dans un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) . Ensuite par une modélisation analytique, il est amené à exprimer le moment de chacune des forces appliquées au pied-de-biche suivant un sens positif choisi. Le moment est positif quand la force tend à faire tourner le solide dans le sens choisi; il est négatif dans le cas contraire. Et la mise en équation des expressions des différents moments lui permettra de trouver la valeur F_A de la force \vec{F}_A . Aussi l'élève a recours à l'expression mathématique des coordonnées de la somme de deux vecteurs ainsi que celle de sa valeur à partir de ses coordonnées pour la détermination de la valeur R de la force \vec{R} . La deuxième partie de l'épreuve repose essentiellement sur la représentation

des forces par des vecteurs et la mise en œuvre des savoirs et savoir-faire mathématiques relatifs aux grandeurs vectorielles. Aussi, l'exécution de certaines consignes requiert la réalisation de plusieurs tâches successives. Selon Mettoudi et Yaïche (1996) une consigne qui contient dans une seule phrase, plusieurs sous-consignes est complexe. Nebout Arkhurst (2017) souligne que la consigne « fermée » est celle qui précise à l'apprenant une directive dans l'exécution de la tâche. Elle sert à l'accompagner et lui permettre de mieux exploiter ses acquis.

Analyse du corrigé de l'évaluation

| Objet d'enseignement : équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe | | | | |
|--|--|--|---|-----------|
| Parties de l'épreuve | Types de connaissances | Tâches | Résultats attendus | Points |
| Exercice 1 | Savoirs déclaratifs | Reconnaître et identifier les savoirs théoriques liés au contenu d'enseignement sur l'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe. | | 07 |
| Exercice 2 | Savoirs déclaratifs | Rappeler les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe dans un contexte | $\sum \mathcal{M}\Delta(F_{ext}) = 0$ $\sum (F_{ext}) = 0$ | 13 |
| | | Savoirs conditionnels | Traduire les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe dans un contexte nouveau. | |
| | Traduire la condition de l'effet de rotation d'une force ; une force est sans effet lorsque sa droite d'action rencontre l'axe de rotation | | $M\Delta (R) = 0$ | |
| | Savoirs procéduraux | Cibler et représenter chaque force agissant sur le pied-de biche par un vecteur (aspect symbolique de la modélisation) | $FA ; R ; FB$ | |
| | | Représentation géométrique de chaque force par un vecteur dans un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) | point d'application, direction et sens corrects de chaque force. | |
| | | Exprimer les coordonnées des vecteurs forces dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) | $FA (0, -FA) ; FB (FB ; 0) ; R(x,y);$ | |
| | | Appliquer les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe dans un contexte nouveau et la condition de l'effet de rotation d'une force | $M\Delta (FA) + M\Delta (FB) = 0$ | |
| | | Identifier le bras de levier et établir l'expression du moment des forces FA et FB | $- FA \cdot OA + FB \cdot OB = 0$ | |
| | | Déduire l'expression et calculer la valeur de la force FA | $FA = FB \cdot OB / OA$ | |
| | | Appliquer la condition d'équilibre du principe d'inertie | $FA + R + FB = 0$ | |
| Mobiliser et Appliquer les savoirs mathématiques de calcul des coordonnées de la somme de deux vecteurs et sa norme. | | $R = - (FA + FB)$ | | |
| Total | | | | 20 |

Tableau 1 : Fiche d'analyse du corrigé de l'évaluation (Source : notre étude 2022)

| Classe de notes | Effectif (Ni) des élèves ayant des notes appartenant aux classes ci-après | | | | | Total (Ni) |
|---------------------------------------|---|-------------|----------|----------|-----------|------------|
| |] 0-3.5 [| [3.5- 6.5 [| [6.5- 8[| [8 - 10[| [10 - 12[| |
| 1 ^{ère} partie sur 7 points | 05 | 18 | 14 | 00 | 00 | 37 |
| 2 ^{ème} partie sur 13 points | 35 | 02 | 00 | 00 | 00 | 37 |
| Note totale sur 20 | 01 | 10 | 14 | 5 | 7 | 37 |

Tableau 2 : Notes de l'évaluation

De ce tableau nous relevons que :

- Au niveau de l'exercice 1, 32 élèves sur 37 ont obtenu au moins 3.5/7, soit la moitié des points réservés à cet exercice de vérification des connaissances déclaratives. Et 14 sur 37 élèves ont obtenu au moins 6.5/7, pratiquement la totalité des points de l'exercice correspondant à la mémorisation, la restitution des savoirs théoriques liés au concept des moments.
- Quant à l'exercice 2, aucun élève sur les 37 n'a obtenu au moins 6.5/13 correspondant à la moitié des points réservés à cet exercice nécessitant la mise en œuvre des connaissances procédurales associant la modélisation par la mobilisation et l'intégration des savoirs et savoir-faire géométriques des vecteurs. Uniquement 02 sur 37 élèves ont obtenu au moins 3.5/13 et la grande majorité 35 sur 37 élèves ont obtenu une note inférieure à 3.5/13.

Interprétation et discussion

Ces résultats confirment notre hypothèse selon laquelle la plupart des difficultés des apprenants provient de la modélisation mathématique des concepts de la physique. En effet, les productions des élèves montrent que la quasi-totalité (32/37) des apprenants évalués connaît au moins la moitié des savoirs théoriques liés au concept du moment d'une force ; plus de la moitié (14/37) en maîtrise pratiquement la totalité. Et moins d'un septième (5/37) des apprenants évalués éprouve des difficultés à reconnaître et identifier les savoirs théoriques liés au concept des moments d'une force. Par contre, la totalité des apprenants évalués éprouve des difficultés à mettre en œuvre savoirs procéduraux associant la modélisation géométrique et analytique. La majorité (35/37) des élèves ont obtenu une note inférieure à 3.5/13 à l'exercice 2. Ce résultat montre que ces élèves ont eu des difficultés à réaliser les tâches des consignes de l'exercice 2. Ils ont eu des difficultés à faire la représentation symbolique et modélisation géométrique dans un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) des forces \vec{F}_A, \vec{F}_B et \vec{R} , appliquées au pied-de-biche par des vecteurs et à déterminer leurs coordonnées. Ces apprenants sont ainsi bloqués dans le traitement de cet exercice qui repose essentiellement sur la représentation des forces par des vecteurs et la mise en œuvre des savoirs et savoir-faire mathématiques relatifs aux grandeurs vectorielles afin d'établir des relations entre les grandeurs physiques. La modélisation mathématique dans l'appren-

tissage de la physique crée donc des obstacles aux apprenants lors du transfert des connaissances mathématiques à la physique.

Conclusion

La modélisation de certains phénomènes, nécessaire à l'établissement des relations entre les grandeurs physiques par des équations mathématiques, peut être vécue comme une source de difficultés par les élèves par rapport à l'apprentissage de la physique. La modélisation mathématique a une place importante dans le processus enseignement-apprentissage des sciences physiques dans le secondaire. Dans une perspective de permettre une meilleure mobilisation des outils mathématiques, il conviendrait d'analyser les savoirs mathématiques en jeu dans l'enseignement d'un concept de la physique comme objet d'enseignement pour assurer une bonne construction des prérequis, par la mise en œuvre du rôle de la dialectique outil-objet des savoirs mathématiques (Douady, 1984). Il nous semble pertinent d'envisager par une approche introduisant dans les contenus de la mécanique, divers outils mathématiques nécessaires à l'appropriation de ses concepts.

Références

- Astolfi J.-P. (2009) *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF
- Ba C. (2007) *Étude épistémologique et didactique de l'utilisation du vecteur en mathématiques et en physique—lien entre mouvement de translation et translation mathématique*. HAL Id: tel-00192241 <https://theses.hal.science/tel-00192241>
- Bachelard G. (1938) *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Éd. Vrin.
- Bachelard S. (1979) *Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles*. Paris : Maloine Editions.
- Brousseau G. (1983) *Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques*. Recherches En Didactique Des Mathématiques, 4(2), 165–198. <https://revue-rdm.com/1983/les-obstacles-epistemologiques>.
- Courtillot D., Ruffenach M. (2009) *Enseigner les Sciences physiques : l'enseignement par compétences*. Paris : Bordas.
- Douady R. (1984) *Jeux de cadres et dialectique outil-objet*. Cahier de Didactique n°3. Paris : IREM.
- De Vecchi G. (2014) *Évaluer sans dévaluer*. Paris : Hachette éducation.
- Duval R. (1993) Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives* 5, 37-65.
- Gaidioz P., Tiberghien A. (2003) Un outil d'enseignement privilégiant la modélisation. *Bulletin de l'union des physiciens*, 97(850), 71–83.
- Hadji C. (2015) *L'évaluation à l'école. Pour la réussite de tous les élèves*. Paris: Nathan.
- Hestenes D. (2010) *Modeling theory for math and science education*. Dans R. Lesh, P. Galbraith, C. Haines, & A. Hurford (Éd.). *Modeling students' mathematical modeling competencies*. p. 13 - 41. New York: Springer Press.
- Mach E. (1904) *La mécanique : exposé historique et critique de son développement*. Paris : Hermann. IISBN 2-87647-006-3.
- Martinand J.-L. (2010) *Introduction à la modélisation*. Microsoft Word - modelisa.doc (inrp.fr)
- Mettoudi C., Yaïche A. (1996) *Travailler avec méthode*. Paris : Hachette.
- Morge L., Doly A.-M. (2013) *L'enseignement de notion de modèle: quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité ?* Spirale - Revue de recherches en éducation 52(1).
- Nebout Arkhurst P. (2017) *L'évaluation des apprentissages : évaluer, oui mais comment ?* Abidjan : Maylis édition.

Roditi E. (2005) *Les pratiques enseignantes en mathématiques : Entre contraintes et liberté pédagogique*. Paris : L'Harmattan.

Tiberghien A., Vince J. (2004). Études de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. Pluralité des langues et des supports: Descriptions et considérations pédagogiques. http://www.inrp.fr/colloques/seminaires/2004/semin_didac/andree_tiberghien_2.pdf.

Zakharthouk J.-M. (1996) Consignes : Aider les élèves à décoder. *Pratiques 90*, pp. 11-12.

Programmes éducatifs et guides d'exécution Physique Chimie 2nde C (2012) Côte d'Ivoire p.6. https://dpfc-ci.net/wp-content/uploads/dpfc_fichiers/2019-Guide%20d%27Ex%C3%A9cution%202nde%20C.pdf

Mali-livret_4. Évaluation des apprentissages scolaires (2016) <https://www.ifadem.org/fr/resources-educatives/2017/02/08/livret-4-evaluation-des-apprentissages-scolaires>

Annexe (épreuve corrigée et quelques productions des élèves)

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE L'ALPHABÉTISATION
DRENA DALDA
LYCÉE MODERNE 1
ANÉE SCOLAIRE : 2022 - 2023
DEVOIR DE PHYSIQUE 2^{ème} C

Nom : Corrige Note : 20/20
Prénoms : Observations :
Date : 10/03/2023 Durée : 45mn Visa des parents :

Exercice 1 : pour chacune des propositions du tableau suivant mets une croix dans la case qui convient

| N° | Propositions | vrai | faux |
|----|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Une force de droite d'action parallèle à l'axe de rotation produit un effet de rotation d'un solide autour de cet axe. | | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | Le moment d'une force par rapport à un axe traduit son efficacité à produire un effet de rotation du solide autour de cet axe. | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 3 | Une force a un effet de rotation sur un solide mobile autour d'un axe fixe si sa droite d'action ne rencontre pas l'axe de rotation. | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 4 | Le moment d'une force dépend des caractéristiques de la force et de la distance issue de l'axe de rotation perpendiculaire à la droite d'action de cette force. | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 5 | Le moment d'une force peut être négatif. | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 6 | Le bras de levier est la distance perpendiculaire à la droite d'action de la force issue de l'axe de rotation. | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7 | Le moment d'une force est une grandeur algébrique. | <input checked="" type="checkbox"/> | |

Exercice 2 : (à faire au verso de la feuille)

Pendant tes congés un élève de 2^{ème}C, du Lycée Moderne 1 de Daxa travaillant comme aide maçon, observe sur son chantier un manivier qui arrache des clous d'une planche avec un levier coudé appelé pied-de-biche. Le levier de poids négligeable, peut tourner autour d'un axe fixe passant par le point O et perpendiculaire au plan de la figure. Pour arracher un clou, le manivier exerce en B une force perpendiculaire à OB de valeur $F_B = 200N$. Le clou exerce en A une force de valeur F_A sur le levier supposé perpendiculaire à OA.

Données : OA = 10 cm ; OB = 70 cm ; $\alpha = 30^\circ$; OA perpendiculaire à OB. Tu es désigné par tes camarades pour déterminer les forces qui s'appliquent sur le pied-de-biche en équilibre.

- Faire l'inventaire des forces appliquées au levier et représente-les en précisant le nom de chacune d'elles sur le schéma.
- Énoncer les conditions d'équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.
- Écrire les conditions d'équilibre du levier mobile autour de l'axe fixe passant par le point O.
- Déterminer la valeur de F_A .
- Déterminer la valeur R de la réaction de la planche au point.

Resolution de l'exercice 2

- Système : le levier**
 - Inventaire des forces appliquées au levier
 - outr le poids du levier : \vec{P} (négligeable)
 - outr la force exercée par le clou : \vec{F}_A
 - outr la force exercée par le manivier : \vec{F}_B
 - outr la réaction de la planche : \vec{R}
 - Représentation (voir la figure)
- L'équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe nécessite que :
 - la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à ce solide soit nulle : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$
 - la somme algébrique des moments des forces extérieures appliquées soit nulle : $\sum C_B(F_{ext}) = 0$
- Conditions d'équilibre du levier mobile autour de l'axe (A) :
 - $\vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{R} = \vec{0}$ et $C_B(F_A) + C_B(F_B) + C_B(R) = 0$
- Déterminons la valeur de F_A :
 - $C_B(F_A) = -F_A \cdot OA$; $C_B(F_B) = F_B \cdot OB$; $C_B(R) = R \cdot OB$
 - $0,5 C_B(F_A) = -F_A \cdot OA$; $0,5 C_B(F_B) = F_B \cdot OB$; $0,5 C_B(R) = R \cdot OB$
 - $0,5 C_B(F_A) = -F_A \cdot OA$; $0,5 C_B(F_B) = F_B \cdot OB$; $0,5 C_B(R) = R \cdot OB$
 - $0,5 C_B(F_A) = -F_A \cdot OA$; $0,5 C_B(F_B) = F_B \cdot OB$; $0,5 C_B(R) = R \cdot OB$
- Valeur de R :
 - $\vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{R} = \vec{0} \Rightarrow R = -(\vec{F}_A + \vec{F}_B)$
 - $R_x = -F_A \cos(\alpha) - F_B \cos(\alpha)$; $R_y = F_A \sin(\alpha) + F_B \sin(\alpha)$
 - $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(200)^2 + (400)^2} = 447,2 N$

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE L'ALPHABÉTISATION
DRENA DALDA
LYCÉE MODERNE 1
ANÉE SCOLAIRE : 2022 - 2023
DEVOIR DE PHYSIQUE 2^{ème} C

Nom : DIAGONE Ri Note : 05/20
Prénoms : BAH BORGES Observations :
Date : 10/03/2023 Durée : 45mn Visa des parents :

Exercice 1 : pour chacune des propositions du tableau suivant mets une croix dans la case qui convient

| N° | Propositions | vrai | faux |
|----|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Une force de droite d'action parallèle à l'axe de rotation produit un effet de rotation d'un solide autour de cet axe. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | Le moment d'une force par rapport à un axe traduit son efficacité à produire un effet de rotation du solide autour de cet axe. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Une force a un effet de rotation sur un solide mobile autour d'un axe fixe si sa droite d'action ne rencontre pas l'axe de rotation. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Le moment d'une force dépend des caractéristiques de la force et de la distance issue de l'axe de rotation perpendiculaire à la droite d'action de cette force. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 | Le moment d'une force peut être négatif. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 | Le bras de levier est la distance perpendiculaire à la droite d'action de la force issue de l'axe de rotation. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7 | Le moment d'une force est une grandeur algébrique. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Exercice 2 : (à faire au verso de la feuille)

Pendant tes congés un élève de 2^{ème}C, du Lycée Moderne 1 de Daxa travaillant comme aide maçon, observe sur son chantier un manivier qui arrache des clous d'une planche avec un levier coudé appelé pied-de-biche. Le levier de poids négligeable, peut tourner autour d'un axe fixe passant par le point O et perpendiculaire au plan de la figure. Pour arracher un clou, le manivier exerce en B une force perpendiculaire à OB de valeur $F_B = 200N$. Le clou exerce en A une force de valeur F_A sur le levier supposé perpendiculaire à OA.

Données : OA = 10 cm ; OB = 70 cm ; $\alpha = 30^\circ$; OA perpendiculaire à OB. Tu es désigné par tes camarades pour déterminer les forces qui s'appliquent sur le pied-de-biche en équilibre.

- Faire l'inventaire des forces appliquées au levier et représente-les en précisant le nom de chacune d'elles sur le schéma.
- Énoncer les conditions d'équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.
- Écrire les conditions d'équilibre du levier mobile autour de l'axe fixe passant par le point O.
- Déterminer la valeur de F_A .
- Déterminer la valeur R de la réaction de la planche au point.

- Système : la planche**
 - Bilan des forces :
 - \vec{R} : réaction de la planche
 - \vec{P} : poids de la planche
 - La somme vectorielle des deux forces est nulle : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$
 - $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$
 - $M_A(\vec{P}) = F_A \cdot d$
 - $M_A(\vec{F}_B) = 10 \times \sin(30^\circ)$
 - $F_A = 5 N$

| | |
|--------------------------|---------------------|
| Nom : <u>ROUÏED</u> | Note : <u>06/20</u> |
| Prénoms : <u>ROÛËLE</u> | Observations : |
| Date : <u>10/03/2023</u> | Visa des parents : |

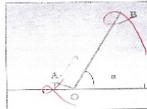
Exercice 1: pour chacune des propositions du tableau suivant mets une croix dans la case qui convient :

6
7

| N° | Propositions | vrai | faux |
|----|--|------|------|
| 1 | Une force de droite d'action parallèle à l'axe de rotation produit un effet de rotation d'un solide autour de cet axe. | | X |
| 2 | Le moment d'une force qui rapport à un axe traduit son efficacité à produire un effet de rotation du solide autour de cet axe. | X | |
| 3 | Une force a un effet de rotation sur un solide mobile autour d'un axe fixe si sa droite d'action ne rencontre pas l'axe de rotation. | X | X |
| 4 | Le moment d'une force dépend des caractéristiques de la force et de la distance issue de l'axe de rotation, perpendiculaire à la droite d'action de cette force. | X | |
| 5 | Le moment d'une force peut être négatif. | X | |
| 6 | Le bras de lever est la distance perpendiculaire à la droite d'action de la force issue de l'axe de rotation. | X | |
| 7 | Le moment d'une force est une grandeur algébrique. | X | |

Exercice 2: (25) fait au verso de la feuille)

Pendant les cours un élève de 2^{ème} G du Lycée Moderne 1 de Daloa travaillant comme aide moyen, observe sur son chaise un mécanisme qui arrache les bouts d'une planche avec un levier coulé appelé pied-de-biche. Le levier de poids négligeable peut tourner autour d'un axe fixe passant par le point O (voir ci-dessous) et est perpendiculaire au plan de la figure. Pour arracher un coin, le mécanisme exerce en B une force perpendiculaire à OB de valeur $F_B = 200\text{N}$. Le coin exerce en A une force de valeur F_A sur le levier supposé perpendiculaire à OA.



Données : OA = 10 cm ; OB = 70 cm ; $\alpha = 30^\circ$; OA perpendiculaire à OB. Tu es obligé par tes camarades pour déterminer les forces qui s'appliquent au pied de biche en équilibre.

- Faire l'inventaire des forces appliquées au levier et représenter les en précisant le nom de chacune d'elles sur le schéma.
- Énoncer les conditions d'équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.
- Écrire les conditions d'équilibre du levier mobile autour de l'axe fixe passant par le point O.
- Déterminer la valeur de F_A .
- Déterminer la valeur θ de la réaction de la planche au point.

1) Bilan des forces
 Système de la planche
 $R_0 =$ la réaction de la planche par rapport au pied de biche

2) Bilan des forces
 Système de la réaction sur le pied de biche
 $R_0 =$ la réaction de la planche par rapport au pied de biche

exercice 2

a) système le pied de biche

1) Bilan des forces extérieures
 $R_0 =$ la réaction de la planche
 $R_1 =$ la réaction de la planche par rapport au pied de biche
 $R_2 =$ la réaction sur le coin

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0$$