



LA METHODE DELPHI, LA TECHNIQUE DU GROUPE NOMINALE ET LE QUESTIONNAIRE : METHODE POUR LE DIAGNOSTIC DES OBSTACLES EN MECANIQUE AU SECONDAIRE

THE DELPHI METHOD, THE NOMINAL GROUP TECHNIQUE AND THE QUESTIONNAIRE:
METHOD FOR DIAGNOSIS OF OBSTACLES IN MECHANICAL SECONDARY

| El Hassan El Hassouny¹ | Fatiha Kaddari¹ | Abdelrhani Elachqar¹ | Issam Habibi¹ | and | Hassan Barouaca² |

¹. University Sidi Monamed Ben Abdellah | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz | Laboratoire de Didactique, d'Innovation Pédagogique et Curriculaire - LADIPEC | BP 1796 Fès Atlas | Fes | Morocco |

² Institut Supérieur des Professions Infermières et Techniques de Santé | Errachidia | Maroc |

|Received | 17 August 2016|

|Accepted | 28 September 2016|

|Published 05 September 2016 |

Résumé

Contexte: Un enseignement/apprentissage efficace dépend fortement de l'identification des obstacles chez l'apprenant. En fait, diagnostiquer les difficultés permet d'approcher l'univers conceptuel des élèves et appréhender leur degré d'acquisition et d'intégration des concepts d'une discipline et ainsi agir en conséquence. La plupart des études ont montré que les difficultés et les obstacles d'apprentissages de mécanique sont multiples. **Objectifs:** Dans ce travail, ayant pour objectif le diagnostic des difficultés rencontrées dans l'enseignement et l'apprentissage de mécanique de 2ème année baccalauréat, nous avons fait appel à deux méthodes originales utilisées habituellement en sciences de la gestion de la qualité qui sont la Technique du Groupe Nominale (TGN) et la méthode Delphi. Ces deux méthodes sont utilisées pour la première fois en sciences de l'éducation. **Méthodes:** Nous avons utilisé trois méthodes d'analyse bien connues : La méthode Delphi, la Technique du groupe nominal et le Questionnaire crayon/papier. **Résultats:** Les données obtenues ont montré que les conditions préalables sont surestimées bien que les étudiants ont déjà appris au cours de la mécanique dans les programmes au cours de tronc commun et la première année de baccalauréat, ils ont encore des difficultés dans l'assimilation des notions de base sur ce sujet. **Conclusions:** Les résultats du questionnaire et la Technique du Groupe Nominale (TGN) et la méthode Delphi sont similaires et complémentaires. Il devient clair que l'utilisation de TGN et la méthode Delphi et le questionnaire sont des outils efficaces pour diagnostiquer les difficultés et obstacles des élèves du secondaire en mécanique. Donc, TGN et la méthode Delphi peut être utilisés non seulement pour identifier les problèmes des élèves avec des notions scientifiques en mécanique, mais aussi dans d'autres matières. **Mots-clés:** Technique du groupe nominal TGN, méthode Delphi, mécanique classique, physique, Questionnaire.

Abstract

Background: A teaching / learning effective depends strongly on identifying obstacles in the learner. In fact, diagnose problems can approach the conceptual universe of students and understand their degree of acquisition and integration of the concepts of a discipline and thus act accordingly. Most studies show that the difficulties and obstacles of mechanical learning are manifold. **Objectives:** In this work, with the objective to diagnosis of the difficulties in teaching and learning mechanics in 2nd year Bachelor, we used two original methods normally used in quality management sciences that are the Technique Nominal Group (TGN) and the Delphi method. These two methods are used for the first time in educational sciences. **Methods:** We used three well-known methods of analysis: The Delphi method, the Nominal Group Technique Questionnaire and pencil / paper. **Results:** The data obtained showed that the prerequisites are overestimated although students have already learned in mechanics in programs during core and the first year of bachelor, they still have difficulties in the assimilation of basic knowledge on the subject. **Conclusions:** The results of the questionnaire and the Nominal Group Technic (TGN) and the Delphi method are similar and complementary. It is clear that the use of TGN and the Delphi method and questionnaire are effective tools to diagnose the difficulties and obstacles of high school students in mechanics. So TGN and the Delphi method can be used not only to identify the problems of students with scientific concepts in mechanics, but also in other subjects. **Keywords:** Nominal Group Technique TGN, Delphi method, classical mechanics, physics, Questionnaire.

1. INTRODUCTION

Aux niveaux secondaire et collégial, la discipline mécanique classique constitue un des piliers conceptuels sur laquelle s'appuient plusieurs domaines scientifiques : phénomènes oscillatoires, l'électrodynamique, l'hydrodynamique, la physique des plasmas et l'astrophysique,...etc. En effet, en s'articulant autour de mouvement est ses causes, la mécanique classique s'avère fondamentale dans les sciences physiques classiques et un passage indispensable vers la mécanique quantique.

Cependant, la recherche en didactique de la physique a bien montré que les concepts multiples et variés de la mécanique paraissent complexes et induisent souvent des difficultés d'apprentissages chez les élèves [1, 2]. En effet, ces recherches ont mis en évidence que les sources des obstacles susceptibles de freiner et entraver l'apprentissage de la physique sont multiples : nature de la discipline elle-même, conceptions alternatives, savoir partagés par les élèves appris en dehors des classes [3,4, 5, 6, 7].

Les méthodes utilisées pour repérer les difficultés sont multiples et variées : questionnaire, entretien, test,...etc. Dans ce travail, ayant pour objectif le diagnostic des difficultés rencontrées dans l'enseignement et l'apprentissage de mécanique de 2^{ème} année baccalauréat, nous avons fait appel à deux méthodes originales utilisées habituellement en sciences de la gestion de la qualité qui sont la Technique du Groupe Nominale (TGN) et la méthode Delphi. Ces deux méthodes sont utilisées pour la première fois en sciences de l'éducation. Dans la deuxième étape, le diagnostic des difficultés s'est fait par le questionnaire, ce qui a appuyé et consolidé les données de la TGN et la méthode Delphi.

2. TECHNIQUES ET METHODES

2.1 Technique du Groupe Nominale (TGN)

2.1.1 Description de la technique TGN : La Technique du Groupe Nominal (TGN) est une technique qui trouve son origine dans les études psychosociales de fonctionnement en petit groupe (10-15 personnes). Mise au point en 1968-1975 par Delbecq et Van de Venet Gustafson, ses premières applications furent dans le domaine de la gestion. Elle s'est vite étendue à différentes pratiques des sciences sociales [8] pour devenir la technique de recherche optimale pour la description objective, systématique et quantitative du contenu manifestant des communications [9]. En effet, il s'agit d'une méthode plus structurée de brainstorming très utile pour l'autoévaluation et l'autodiagnostic qui permet de mettre en exergue le choix de priorités au sein d'un groupe de personnes réunies à un même endroit autour de la même problématique. Le point fort de cette réside dans le fait qu'elle combine et alterne le travail individuel et la discussion du groupe. Ainsi, le groupe répond d'abord individuellement à la question nominale mais l'animateur œuvre pour faire ressortir la réflexion collective et cela en suivant six étapes [10, 11]:

- Étape 1: chaque participant écrit les réponses qu'ils jugent solution à la question nominale.
- Étape 2: recueil des idées produites par les participants et leur exposition devant le groupe, on les écrit sur le tableau.
- Étape 3: l'animateur veille à clarifier le sens des différentes propositions énoncées. Il peut en annuler certaines si elles sont jugées redondantes ou non pertinentes par rapport à la problématique ;
- Étape 4 : présentation des réponses retenues et discussion.
- Étape 5: les participants sont invités à choisir 9 propositions parmi celles présentées et les classer par ordre de priorité. Conscient du fait que les propositions de réponses citées en premier sont les plus significatives, nous avons attribué à chacune des réponses une note de pondération π_i qui décroît de la première réponse à la dernière.
- Étape 6: l'animateur doit dresser un tableau présentant les réponses et leur π_i correspondant.

2.2 La méthode Delphi

2.2.1 Description de la technique : La méthode Delphi [12, 13, 14, 15, 16, 17], est une technique de recherche sociale qui cherche à obtenir un avis de groupe fiable à partir d'un ensemble d'experts.

Le terme « expert » ne doit pas faire croire que cette méthode est réservée à la consultation d'autorités scientifiques de haut rang. Il faut entendre par « expert » toute personne ayant une bonne connaissance pratique, politique, légale ou administrative d'un sujet précis et ayant une légitimité suffisante pour exprimer un avis représentatif du groupe d'acteurs auquel elle appartient.

C'est une méthode de structuration de la communication entre un groupe de personnes qui peuvent fournir une aide précieuse pour résoudre un problème complexe. Il a été utilisé depuis les années soixante dans les milieux universitaires et d'affaires et a été utilisé principalement comme une technique pour la planification et le consensus dans des situations d'incertitude dans laquelle il ne est pas possible d'utiliser d'autres techniques basées sur des informations objectives. Sa souplesse et sa simplicité ont conduit à son application réussie dans différents contextes et thématiques [18].

La méthodologie de cette méthode fournit des solutions de grande valeur pour les problèmes inhérents à l'opinion de groupe traditionnel basé sur une interaction directe: la réduction de l'influence de certains effets psychologiques indésirables parmi les participants (inhibition, distraction, personnalités dominantes ...), la rétroaction sélective de l'information pertinente, une réflexion plus approfondie en raison de l'itération.

La méthode DELPHI a pour but de rassembler des avis d'experts sur un sujet précis et de mettre en évidence des convergences et des consensus sur les orientations à donner au projet en soumettant ces experts à des vagues successives de questionnements, qui génèrent des avis qui permettent de consolider les orientations à donner à un projet. Cette méthode trouve toute son utilité là où de nombreuses incertitudes pèsent sur la définition précise d'un projet et où de nombreuses questions se posent quant à son opportunité et sa faisabilité. Elle apporte un éclairage

des experts sur ces zones d'incertitude en vue d'une aide à la décision et d'une vérification de l'opportunité et de la faisabilité du projet.

Il existe de nombreuses variantes à la méthode DELPHI. Voici une variante classique, à 4 étapes en premier tour :

L'étape 1 consiste à définir avec rigueur et précision l'objet sur lequel portera le DELPHI. Par objet, on entend le problème que vont devoir examiner les experts et les grands questionnements liés à ce problème. La définition de l'objet est importante tant pour la rédaction des questionnaires que pour le choix des experts.

L'étape 2 consiste à procéder au choix des experts, par exemple sur base d'une carte des acteurs établie pour la circonstance. Pour éviter la mise en question future du processus DELPHI, il importe de veiller à :

- la bonne représentativité des experts choisis par rapport à l'objet visé;
- leur indépendance;
- leur excellente connaissance de l'objet sur lequel porte le DELPHI.

L'étape 3 consiste à élaborer un questionnaire selon un processus rigoureux. Les questions doivent être ciblées, précises et éventuellement quantifiables. Très souvent le questionnaire de départ repose largement sur des questions faites d'items ou d'échelles à choisir par les experts.

L'étape 4 est celle de l'administration du questionnaire et du traitement des résultats. Le questionnaire de départ est administré par courrier (physique ou électronique) aux experts. Le même questionnaire servira de fil conducteur à tout l'exercice DELPHI, il sera juste enrichi, à chaque tour, des résultats et commentaires générés par le tour précédent.

Au deuxième tour de questionnaire, les experts reçoivent les résultats du premier tour et doivent à nouveau se prononcer sur le questionnaire, en ayant maintenant l'opinion du groupe consulté. Si leur nouvelle réponse dévie fortement de la moyenne du groupe, ils doivent la justifier.

Au troisième tour, on informera les experts des résultats du deuxième tour ainsi que des commentaires justifiant les opinions déviantes. Les experts seront à nouveau invités à répondre au questionnaire mais aussi à commenter les opinions déviantes.

Le quatrième et dernier tour livrera aux experts toute l'information récoltée au cours des tours précédents et leur demandera de répondre une nouvelle fois au questionnaire. Ce quatrième tour donnera les réponses définitives : les opinions consensuelles médianes et la dispersion des opinions autour de cette médiane, cette dispersion pouvant être interprétée à l'aide des justifications et commentaires recueillis auprès des experts.

A l'issue du DELPHI, les analystes rédigent un rapport synthétique reprenant : les opinions consensuelles médianes qui se sont dégagées au sein du groupe d'experts et la dispersion des opinions autour de cette médiane ; les justifications et commentaires des experts à propos des opinions qui divergent du consensus pour interpréter la dispersion des opinions ; la composition du groupe d'experts ; éventuellement, le questionnaire soumis aux experts.

3. Expérimentations

3.1 TGN : Dans une classe, nous avons rassemblé un groupe de 15 élèves niveau deuxième année baccalauréat sciences physiques choisis au hasard et nous leurs avons posé la question nominale suivante :

- Quels sont les difficultés et les problèmes que vous rencontrez lors de l'apprentissage de mécanique?

Après les avoir mis en confiance, nous les avons incités et encouragés à s'exprimer librement et sans contraintes sur une des deux feuilles que nous leur avons distribuées. La collecte des données a mis en évidence 16 réponses que nous avons transcrites sur le tableau. Conformément à l'étape 3, nous avons éliminé les propositions redondantes et celles qui nous ont semblé non pertinentes telles que les réponses n'ayant de sens que dans la logique des répondants. Ainsi, le nombre des réponses retenues s'est réduit à 13. Dans l'étape suivante, nous avons demandé aux élèves de choisir 9 parmi ce lot et de les classer par ordre de priorité en attribuant la pondération 9 à la réponse en tête de liste, 8 à la seconde et ainsi de suite ainsi de suite jusqu'à la dernière. Une fois les données recueillies, nous avons dressé le tableau suivant où les réponses sont classées selon $\sum p_i$ décroissant.

Tableau 1 : Le tableau présente les problèmes et les obstacles par Technique du Groupe Nominale.

Réponses des élèves	•pi	Ordre
l'oubli des notions et concepts de mécanique enseignés dans les années précédente (collège, tronc commun, 1 ^{ère} année baccalauréat).	110	1
La résolution de problèmes	107	2
Les Concepts de mécanique difficiles à comprendre	104	3
Manque d'exercices de renforcement	100	4
les cours des sciences Physique reste théoriques (manque des tp)	85	5
Manque d'équipement dans les salles des TP	80	6
Effectif élevé des élèves par groupe de TP	73	7
Programme et Cours trop chargé et temps limité	71	8
Manière de l'explication des enseignants : manque de clarté et rapidité,	60	9
Méthodes d'enseignement encourageant la passivité des apprenants	52	10
Examens difficiles, questions de mémorisation, absence des contrôles pratiques	36	11
le Manque de motivation des élèves	33	12
Manque de communication entre enseignants et l'élève.	27	13

L'examen du tableau1 met en évidence que les élèves attribuent leurs difficultés en mécanique principalement à l'oubli des notions et concepts vus au collège, tronc commun, et 1^{ère} année baccalauréat, à la résolution de problèmes et à la complexité et difficultés des concepts.

En effet, la réponse qui vient en tête de liste avec le poids le plus élevé (110) fait référence à l'oubli des notions et concepts vus au collège, au tronc commun et en 1^{ère} année baccalauréat.

La deuxième source d'obstacle est la difficulté de résoudre les problèmes, a un poids très voisin (107) du premier point qui s'articule autour de l'oubli. Le poids (104), correspondant au troisième point où les élèves incriminent la complexité des concepts de base en mécanique, est également très voisin des deux précédents. Ces réponses vont dans le sens des résultats de la recherche bibliographique qui confirment que l'acquisition des notions scientifiques n'est pas aisée, que les concepts de physique sont difficiles à comprendre et que la savoir scientifique en général est peu intégré ou rapidement oublié [19, 20 10, 11]. La réponse 2 qui fait allusion à la résolution des problèmes est également en parfaite accord avec la synthèse bibliographique qui a bien mis en évidence que la difficulté des élèves à résoudre des problèmes en sciences physiques est un constat reconnu à l'unanimité par les chercheurs en didactique de la physique. Selon ces chercheurs, l'obstacle vient du fait que la capacité à résoudre les problèmes dépend non seulement de l'apprentissage des procédures, mais également de la capacité de faire appel à des savoirs annexes appropriés [21, 22, 23, 24]. Ce résultat est corroboré par la réponse 4 ou les élèves avouent qu'ils n'ont pas eu suffisamment d'exercices de renforcement.

Par les réponses 5, 6 et 7 correspondants aux poids respectifs 85, 80 et 73, les élèves incriminent fortement le fait que les cours de physique, dans les établissements d'enseignement secondaire qualifiant soient théoriques. Ils sont donc bien conscients de la nature expérimentale de la discipline et ainsi, ils attirent notre attention sur le manque des équipements et du matériel scientifique de base et également sur les effectifs des classes secondaires très élevés (souvent plus de 40). Cela oblige à inventer des méthodes de travail, des organisations de locaux et de protocoles expérimentaux adaptés à cette situation.

La réponse 8 présentant un poids non négligeable de 71, met en évidence que les élèves estiment qu'il y a une inadéquation entre le savoir enseigné "mécanique" et le volume horaire consacré à l'apprentissage. Cela traduit le malaise des élèves et leur incapacité d'assimiler les notions programmés pendant le temps normalement prévu par les instructions et orientations pédagogiques.

En plus des obstacles didactiques liés aux difficultés du contenu, les méthodes pédagogiques d'enseignement sont également mises en cause par les élèves. En témoigne, la réponse 9 avec un poids considérable de 60 révélant que les élèves n'apprécient pas la manière d'explication des enseignants. Les réponses 10, 12 et 13 vont également dans ce sens, elles précisent que La méthode de transmission des connaissances est loin d'être approuvée. En fait, ils estiment que ces méthodes incitent à la passivité et à la démotivation et ils notent l'absence de communication entre l'élève et l'enseignant.

L'évaluation a été également évoquée dans la réponse 11. A priori, les élèves estiment que l'évaluation est plus basée sur la mémorisation que sur la pratique.

3.2 La méthode Delphi

3.2.1 Classique exercice Delphi : La question de l'objet d'étude, avec les idées ou les propositions recueillies dans le TGN, complétées par d'autres contributions recueillies auprès d'autres sources [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

Le questionnaire Delphi est aussi une partie introductive pour aider les nouveaux experts se concentrent sur l'objectif et l'orientation de l'étude, et pour rafraîchir la mémoire de ceux qui ont participé à la première étape. En plus d'évaluer les propositions contenues dans le questionnaire initial, les experts peuvent faire de nouvelles propositions qui seront évaluées en cycles successifs.

Afin de recruter un groupe d'experts, composé de sept enseignants de sciences physiques au lycée ayant une expérience professionnelle. Tous les experts identifiés ont été contactés et invités à participer à cette étude. Dans la méthode Delphi l'objectif est d'atteindre, si possible, à un consensus sur diverses questions en utilisant deux ou trois séries de questionnaires. Il n'y a pas niveau acceptable d'accord nécessaire à la revendication consensus; certaines études acceptent un accord de 51%, tandis que les autres 75% ou 80%. Dans cette étude, un consensus niveau de 70% a été arbitrairement choisi.

La première tour

Les données a été assemblé comme un ensemble des questions d'échelle Likert qui exige l'experts pour indiquer leur accord avec la condition déclarations de totalement d'accord (5) fortement pas d'accord (1), et des questions ouvertes pour faciliter la création de nouvelles contributions, cotisations et commentaires par tous les experts qui souhaitent participer, où qu'ils soient, et avec une flexibilité en termes de temps. Dans le processus de vote le risque d'inhibition provoquée par des personnalités dominantes et des comportements qui cherchent l'approbation sociale est évitée, se il est vrai que la méthode traditionnelle introduit une certaine pression vers la conformité (ou de consensus). Les experts ont assez de temps pour penser à leurs réponses, et de la nature structurée de l'exercice rendent inutile distractions et l'apparition de l'information qui n'est pas pertinent. Tous les sept experts répondu au premier questionnaire. Les résultats présentés organisé par score médian et inter quartile et le degré d'accord / désaccord pour chaque énoncé.

Tableau 2 : questionnaire de la première tour.

Les problèmes et les obstacles rencontrez lors de l'enseignement de mécanique	Médiane	IQR	% D'accord et tout à fait d'accord
L'interdisciplinarité pédagogique	4,6	0,5	86
l'oubli des notions et concepts de mécanique enseignés dans les années précédente	5	0	100
La résolution de problèmes (les exercices)	4	1,5	72
Les Concepts de mécanique difficiles à comprendre	4,8	0,5	100
Manque d'exercices de renforcement	4	1	86
les cours des sciences Physique restent théoriques (manque des tp)	3,9	2	72
Manque d'équipement dans les salles des TP	4,2	1	86
Programme et Cours trop chargé et temps limité	4,3	1	86
le Manque de motivation des élèves	2,7	2,5	29
Manque de communication entre enseignants et l'élève.	2,4	2,5	29

À la question d'un (tableau 2) consensus a été atteint pour tous, mais deux déclarations; la déclaration (le Manque de motivation des élèves, IQR 2,5) et la déclaration (Manque de communication entre enseignants et l'élève, IQR 2,5). Par conséquent ces deux déclarations ont été incluses dans l'ouverture de texte du deuxième questionnaire Delphi permettant aux experts l'occasion d'expliquer leurs vues de manière plus détaillée.

Au deuxième tour de questionnaire, les experts reçoivent les résultats du premier tour et doivent à nouveau se prononcer sur le questionnaire, en ayant maintenant l'opinion du groupe consulté. Si leur nouvelle réponse dévie fortement de la moyenne du groupe, ils doivent la justifier.

Tableau 3 : Le tableau présente le questionnaire de deuxième tour

Les problèmes et les obstacles rencontrez lors de l'enseignement de mécanique	Médiane	IQR	% D'accord et tout à fait d'accord
L'interdisciplinarité pédagogique	4,8	0	100
l'oubli des notions et concepts de mécanique enseignés dans les années précédente	5	0	100
La résolution de problèmes (les exercices)	4,8	0	100
Les Concepts de mécanique difficiles à comprendre	4,7	0,5	100
Manque d'exercices de renforcement	4,1	1	85,7
les cours des sciences Physique restent théoriques (manque des tp)	3,8	2	71,4
Manque d'équipement dans les salles des TP	4,4	1	85,7
Programme et Cours trop chargé et temps limité	4,6	1	100
le Manque de motivation des élèves	4,4	1	85,7
Manque de communication entre enseignants et l'élève.	2,9	2,5	42,9

En questionnaire de deuxième tour (tableau 3), le consensus était atteint en tout sauf une déclaration (Manque de communication entre enseignants et l'élève, IQR 2,5),

Au troisième tour, on informera les experts des résultats du deuxième tour ainsi que des commentaires justifiant les opinions déviantes. Les experts seront à nouveau invités à répondre au questionnaire mais une réponse oui / non (Tableau 3).

Tableau 4 : Le tableau présent le questionnaire du troisième tour

Les problèmes et les obstacles	% non	% oui
l'oubli des notions et concepts de mécanique enseignés dans les années précédente (collège, tronc commun, 1ère année baccalauréat).	0	100%
L'interdisciplinarité pédagogique	0	100
Programme et Cours trop chargé et temps limité	1	100
La résolution de problèmes (les exercices)	0	100
Les Concepts de mécanique difficiles à comprendre	0	100
les cours des sciences Physique restent théoriques (manque des tp)	0	100
Manque d'exercices de renforcement	14	86
Manque d'équipement dans les salles des TP	14	86
le Manque de motivation des élèves	1	86
Manque de communication entre enseignants et l'élève.	42	58

En questionnaire du troisième tour (tableau 4), le consensus était atteint en tout sauf une déclaration (Manque de communication entre enseignants et l'élève, 42% non).

La plupart des problèmes et obstacles de la méthode Delphi sont déjà évoqués par la méthode TGN mais un nouveau problème détecte par la présente méthode à savoir l'interdisciplinarité pédagogique.

En ce qui concerne l'interdisciplinarité pédagogique, il s'agit des relations établies entre diverses disciplines scolaires. En effet on constate que les élèves trouvent des difficultés à assimiler les cours de sciences physiques parce qu'ils rencontrent le plus souvent des concepts (logarithme ; exponentiels ; les équations différentiels d'ordre 2...) qui doivent être préalablement appris en mathématiques ce qui entrave l'apprentissage des élèves.

Le résultat final attire démocratiquement les contributions de tous les experts, et de sa nature quantitative facilite la communication et la prise de décision. Il n'est pas facile de donner des conseils quant à la durée ce qui devrait durer. Il dépend du nombre de tours, (qui avec les professionnels dépasse rarement deux), et de la vitesse de la réponse, mais il est conseillé pour que ce soit le plus rapidement possible, que trop de temps est négatif dans toute Delphi, surtout quand il est effectuée avec des experts pour qui la participation est garantie à leur activité quotidienne. Durée suggérée : deux semaines.

3.3 L'enquête par questionnaire : Comme nous l'avons déjà précisé, afin de vérifier les données obtenues par la TGN relatives aux difficultés des élèves, nous avons élaboré un questionnaire pré-évaluation (Annexe 1) composé de deux catégories d'items. La finalité des items de la première catégorie est d'apprécier le degré d'oubli des concepts de mécanique de base vus au tronc commun et 1ère année baccalauréat, les questions se rapportent donc au prérequis. En revanche, les items de la seconde catégorie consistent en des questions sur les concepts de mécaniques introduits en 2e année baccalauréat sciences physiques et cela afin d'apprécier leur degré de difficultés.

- Questions catégorie 1 (G1) : Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19 et Q20.
- Questions catégorie 2 (G2) : Q20, Q21, Q22, Q23 et Q24.

Il faut noter que les questions ont été formulées en tenant compte des objectifs du programme et des questionnaires proposés précédemment par d'autres enseignants.

Rappelons que l'échantillon se compose de 100 élèves choisis au hasard trois semaines après le cours.

3. RESULTATS

Tableau 5 : Le tableau présente

Questions	n°Q	Pourcentages des réponses Justes (%)	Nombre des réponses fausses (%)	Non réponses (%)	Total Réponses insatisfaisantes (%)
<i>Quantités physiques scalaires et vectorielles : position, déplacement, vitesses</i>	Q ₁	19	74	7	81
	Q ₂	30	65	5	70
	Q ₃	24	73	3	76
	Q ₄	15	81	4	85
	Q ₅	28	68	4	72
<i>La gravitation universelle</i>	Q ₆	26	71	3	74
	Q ₇	27	55	8	63
<i>Rotation d'un corps rigide autour d'un axe fixe</i>	Q ₈	62	28	10	38
	Q ₉	49	49	2	51
<i>Travail et puissance d'une force</i>	Q ₁₀	17	70	13	83
	Q ₁₁	80	19	1	20
	Q ₁₂	43	47	10	57
<i>L'énergie cinétique et énergie potentielle de pesanteur</i>	Q ₁₃	70	24	6	30
	Q ₁₄	32	65	3	68
	Q ₁₅	25	81	4	75
	Q ₁₆	15	76	9	85
	Q ₁₇	2	90	8	98
<i>Energie mécanique d'un solide</i>	Q ₁₈	90	7	3	10
	Q ₁₉	22	70	8	78
	Q ₂₀	25	60	15	75
<i>Les principes de Newton</i>	Q ₂₁	45	50	5	55
	Q ₂₂	40	55	5	60
	Q ₂₃	8	80	12	92
	Q ₂₄	10	80	10	90

L'analyse des réponses a permis de constater que les élèves interrogés, bien qu'ils aient eu un enseignement prolongé sur la mécanique (dans les programmes du cycle de l'enseignement collégial, au tronc commun et en 1^{ère} année baccalauréat) sont loin de maîtriser toutes les compétences de base relatives à ce thème. En fait, on peut dire que ces élèves ne se sont pas "familiarisés" avec les concepts fondamentaux de ce contenu. Ils présentent encore des difficultés conceptuelles sur les fondements de la mécanique tels que : la vitesse, l'énergie, la notion de référentiel,...etc. Ce constat confirme les données de la littérature par rapport à certains concepts comme celui de l'énergie [32] Ce constat confirme également celui de la TGN où les élèves disent qu'ils trouvent difficiles les concepts de la physique.

La lecture des données du tableau met aussi en évidence que les pourcentages des réponses correctes est très faible dans le cas des questions des deux catégories G1 et G2. Cela va également dans le sens de la recherche bibliographique [27, 25, 26-10, 11] concernant l'oubli des concepts appris. Cet oubli pointe d'une part, la non assimilation effective et l'apprentissage en surface [28, 29] et d'autre part, la non maîtrise des pré-requis. Cela peut constituer un véritable obstacle à un apprentissage efficace et donc favoriser et renforcer l'apprentissage en surface [29, 30, 31] Il faut noter que les élèves ont soulevé ce point lors de l'expérimentation TGN.

Le troisième constat a également été mis en évidence par la TGN et rapporté par la littérature didactique de la physique. Il s'agit de la résolution de problèmes qui a été catégorisée par les chercheurs comme l'un des obstacles majeurs en physique.

En effet, les pourcentages relatifs aux modalités de réponse à la question 24 : 10% des réponses justes, 80% des réponses fausses et 10% « je ne sais pas » montrent clairement que les élèves interrogés ont des difficultés à résoudre ce problème. Ce fait est du probablement à :

- ✓ l'inaptitude à l'autonomie et à l'adaptation aux nouvelles situations.
- ✓ l'incapacité d'ajuster des concepts qu'ils ont étudiés à des situations-problèmes.
- ✓ l'incapacité de mobilisation des savoirs annexes appropriés et de l'implication des compétences transversales.
- ✓ la non acquisition des concepts relatifs à l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur, les principes de Newton, la gravitation universelle et la vitesse.
- ✓ L'incapacité d'analyse et de synthèse.

En fait, le traitement des données de ce questionnaire a permis de mettre en évidence, qu'en plus de ces différentes difficultés conceptuelles relatives à la discipline sciences physiques, les élèves testés semblent avoir des lacunes dans les savoirs connexes à la physique tels que l'algèbre et la géométrie. Ainsi, nous avons noté :

- la confusion entre un vecteur et sa norme
- la confusion entre un mouvement et sa trajectoire,
- la confusion entre la notion de vitesse et l'accélération...

4. CONCLUSION

Au terme de ce travail ayant pour finalité le diagnostic des difficultés et obstacles relatifs à l'apprentissage des séquences d'enseignement « Mécanique », avec une approche basée sur trois techniques : La Méthode Delphi, la Technique du groupe nominal TGN et le Questionnaire crayon/papier. Ces techniques sont largement utilisées en sciences infirmières et en gestion de la qualité. L'originalité de cette étude est que la méthode Delphi en didactiques

n'a jamais été reportée à ma connaissance. Cet étude est considérée originale est considérer comme la première étude ayant utilisée ces techniques en didactique des sciences. Nos résultats montrent que ces trois techniques ont chacune ses propres caractéristiques qui sont très approprié pour obtenir les résultats nécessaires, mais ils ont aussi leurs inconvénients. Une combinaison bien réfléchie de ces caractéristiques peut réduire leurs limites tout en conservant ce qu'ils contribuent. Cependant nous pouvons conclure que :

La Méthode Delphi: est une méthode qualitative visant à organiser la consultation d'experts sur un sujet précis, souvent avec un caractère prospectif important. Cette méthode est donc fort intéressante pour les didacticiens, qui peuvent l'utiliser dans le but de diagnostiques des difficultés et obstacles relatifs à l'apprentissage des séquences d'enseignements.

La TGN : qui consiste en une méthode de génération d'idées a permis de donner un aperçu sur les difficultés et les obstacles des élèves se rapportant à ce contenu. Ainsi, selon les données obtenues par cette technique, les élèves estiment qu'ils sont confrontés à trois principaux problèmes communs aux deux contenus : la complexité des concepts scientifiques, l'oubli rapide des notions apprises et la charge élevée du programme, ils ajoutent un autre problème qu'ils jugent sérieux à savoir la résolution de problème.

Ces constats ont été corroborés par les données obtenues par l'analyse de questionnaire (mécanique). En effet, les élèves semblent avoir oublié les notions apprises et présentent des difficultés apparentes en cas de résolution de problèmes. En fait, il semble que la mécanique induit beaucoup plus de difficultés. Il faut noter que l'analyse par questionnaire a permis également de mettre en évidence des difficultés conceptuelles et des confusions notionnelles chez la population interrogée. Ainsi, par exemple, on peut citer les notions du référentiel, la force, l'énergie,...etc.

Par ailleurs, il faut noter que les résultats obtenus par la TGN, la Méthode Delphi et le questionnaire se sont avérés concordants et complémentaires.

Enfin, nous pouvons dire également que cette méthode de génération d'idée : TGN est un outil de diagnostic « indicatif » des difficultés des apprenants et joue le rôle de "détecteur de fumée". Les obstacles et les problèmes détectés sont à vérifier et confirmer par les méthodes de diagnostics classiques tels que le questionnaire et l'entretien. Il faut souligner que dans le cas de notre étude, toutes les données de la TGN même celles que nous n'avons pas eu l'occasion de vérifier ont été relatées par la communauté des chercheurs en didactique des sciences ou des sciences de l'éducation.

La Méthode Delphi est une technique qui diffère dans sa structure à des autres techniques basées sur le jugement d'experts, l'enquêteur doit recueillir la connaissance, l'opinion et la créativité qui sont possédés principalement par ces experts professionnels, alors il doit obtenir la collaboration d'un nombre suffisant d'experts qualifiés et d'établir les conditions pour l'extraction, le transport et le traitement efficace de ces connaissances. L'activité principale de ces experts n'est pas que de collaborer avec l'enquêteur; ils collaborent volontairement dans le degré de leur participation sert à satisfaire leurs propres besoins en matière de relation, l'apprentissage, la reconnaissance, etc., et ne demande pas trop d'entre eux en termes de temps ou de risque.

Nos résultats révèlent que la Méthode Delphi mérite une attention tous particulière de la part des didacticiens afin de la déployer. Cette technique permet d'approcher qualitativement de nombreux problèmes rencontrés dans l'enseignement et l'apprentissage. Le développement de la recherche en sciences de l'éducation nécessite des ponts de liaisons entre les sciences humaines et les méthodologies issues de la recherche marketing et sociales.

5. REFERENCES

- [1] Coulaud, M. Evaluer la compréhension des concepts de mécanique chez des élèves de secondes : développement d'outils pour les enseignants. Thèse de doctorat, Université Lyon 2. 2005. Available: <http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=806&action=pdf>
- [2] Caldas, H. et Saltiel, E. Le frottement cinétique : analyse des raisonnements des étudiants. *Didaskalia*. 1995 ;(6):55-71. Available: http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/23754/DIDASKALIA_1995_6_55.pdf;jsessionid=7A6C94489C0AE442C21203745D548B7F?sequence=1
- [3] Bachelard, G. La formation de l'esprit scientifique. Paris : Vrin ; 1938. Available: http://classiques.uqac.ca/classiques/bachelard_gaston/formation_esprit_scientifique/formation_esprit.pdf
- [4] Piaget, J et Inhelder, B. Le développement des quantités physiques chez l'enfants. Neuchâtel : Delacheaux-Niestlé ; 1941.
- [5] Koffi kouakou-innocent. Les conceptualisations des élèves ivoiriens concernant les interactions mécaniques en physique. *Radisma*. 26 décembre 2010 ;(6). ISSN 1990-3219 Available: <http://www.radisma.info/document.php?id=1021>
- [6] Salmone, F. Thèse en co-tutelle Lyon II – UCAD. Élaboration et expérimentation d'une situation d'enseignement et d'apprentissage pouvant permettre à des élèves de première S du Sénégal de construire le concept d'énergie potentielle. 2007.
- [7] Viennot, L. Raisonner en Physique, la part du sens commun. Bruxelles : De Boeck ; 1996.
- [8] Lapointe, J.-J. La conduite d'une recherche en éducation et en formation. Québec : Presse de l'Université du Québec ; 1995.
- [9] Ghalhoudi, J. et al. Apport didactique des outils hypermédias à l'apprentissage des concepts géologiques. *EPI*. 2006; nov 2006; (89) a0611c. Available: <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00277820/fr/>
- [10] El Hassouny, El Hassan. et al. Diagnostic des obstacles en optique géométrique par la TGN et le questionnaire. *Le Bup*. Juin 2012; 106(945). Available: <http://www.udppc.asso.fr/bupdoc/consultation/selections.php>
- [11] El Hassan El Hassouny, Fatima Kaddari, Abdelrhani Elachqar, and Driss Marjane. The nominal group technique and the questionnaire: the diagnosis method for the obstacles in learning mechanics in high school. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2016; 2(5): 203-209. Available: <http://american-jiras.com/El%20hassouni%20ManuscriptRef.2-ajiras200716.pdf>
- [12] Dalkey N., Helmer O. An experimental application of the Delphi Method to the use of experts. *Manag. Sci.* 1963;9:458–467.
- [13] Gordon T.J., Helmer O. Report on a Long-range Forecasting Study. Santa Monica, CA: The Rand Corporation P-2982; 1964.
- [14] Linstone H.A., Turoff M. (Eds.), *The Delphi Method, Techniques and Applications*. Reading, MA: Addison-Wesley; 1975.
- [15] Turoff M. The design of a Policy Dephi. *Technol. Forecast. Soc. Change*. 1970;2:149–171.
- [16] Parentee R.J., Anderson J.K., Myers P., O'Brien T. An examination of the factors contributing to Delphi accuracy. *J. Forecast.* 1984;3:173–182.
- [17] Rowe G., Wright G. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *Int. J. Forecast.* 1999;15:353–375.
- [18] Landeta J. El método Delphi. Barcelona: Ariel; 1999.
- [19] Giordan, A et De Vecchi, G. Les Origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques. *Revue française de pédagogie*. 1988;84(1):95-97. Available: http://www.persee.fr/doc/rfp_0556-7807_1988_num_84_1_2441_t1_0095_0000_2
- [20] Bautier, E et Goigoux, R. Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue Française de Pédagogie* ;(148): 89-100. Available: <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/revue-francaise-de-pedagogie/RF148.pdf>

- [21] Reif, F. Understanding and teaching problem-solving in physics, In G. Delacote, A. Tiberghien, and J. Schwartz (Eds.), Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop, La Londe les Maures, France, (pp. 15-53). Paris France: Éditions du CNRS; June 26-July 13 1983. Available:
- [22] Reif, F. Acquiring an effective understanding of scientific concepts. In L.H.T. West and L. Pines (Eds.), Cognitive Structure and Conceptual Change. Orlando, FL: Academic Press; 1985 pp. 133-151.
- [23] Reif, F. Millikan Lecture: Understanding and teaching important scientific thought processes. *American Journal of Physics*. 1995;63:17-32,. Available: <http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/ajp/63/1/10.1119/1.17764>
- [24] Maloney, D.P. Rule-governed approaches to physics-Newton's third law. *Physics Education*. 1984;19:37-42. Available: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1984PhyEd..19...37M>
- [25] El Hassan El Hassouny, Fatiha Kaddari, Abdelrhani Elachqar, Issam Habibi and Hassan Barouaca. Nouvelle méthodologie basée sur trois techniques d'analyse pour le diagnostic des obstacles en mécanique au secondaire: groupe de discussion, technique du groupe nominal et le questionnaire. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2016; 2(8): 353-362. <http://american-jiras.com/El%20hassouni%20ManuscriptRef.2-ajiras200716.pdf>
- [26] El Hassan El Hassouny, Fatiha Kaddari, Abdelrhani Elachqar, Issam Habibi, and Hassan Barouaca. Le groupe de discussion, la technique du groupe nominale et le questionnaire : Méthodes de diagnostic des obstacles en optique géométrique au secondaire. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2016; 2(9):363-371. Available: <http://american-jiras.com/El%20hassouni%20ManuscriptRef.2-ajiras080816.pdf>
- [27] Bruguière, C. Contribution à l'identification des réseaux conceptuels associés à l'enseignement-apprentissage de l'énergie. Thèse de doctorat, Université Montpellier II.1997.
- [28] Barnier, G. Le tutorat dans l'enseignement et la formation. Paris : L'Harmattan.2001. ISBN : 2-7475-0591-X Available: <http://www.editions-harmattan.fr/index.asp?navig=catalogue&obj=livre&no=10445>
- [29] Romainville, M. L'évaluation de la qualité de l'enseignement Supérieur. Troisièmes congrès Rapes ; 2001.
- [30] Romainville, M. L'échec dans l'université de masse. Paris : L'Harmattan ; 2000. Available: http://www.scienceshumaines.com/l-echec-dans-l-universite-de-masse_fr_1358.html
- [31] Noël, B. et Romainville, M. Accompagner les étudiants. Dans M. Frenay, B. Noël, Ph. Parmentier et M. Romainville (Dir.). L'étudiant apprenant, Grilles de lecture pour l'enseignant universitaire. Bruxelles : DeBoeck.1998 :129-148.

Cite this article: El Hassan El Hassouny, Fatiha Kaddari, Abdelrhani Elachqar, Issam Habibi, and Hassan Barouaca. LA METHODE DELPHI, LA TGN ET LE QUESTIONNAIRE : METHODE POUR LE DIAGNOSTIC DES OBSTACLES EN MECANIQUE AU SECONDAIRE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2016; 2(9): 405-415.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Annexe 1

I) Répondez par vrai ou faux aux propositions suivantes:

- Q₁** - La vitesse moyenne d'un point d'un objet en mouvement entre deux instants dépend du référentiel par contre leur vitesse instantanée ne dépend pas du référentiel.
- Vrai
 - Faux
 - je ne sais pas
- Q₂** - La forme de trajet d'un point d'un solide en mouvement dépend du référentiel.
- Vrai
 - Faux
 - je ne sais pas
- Q₃** - Tous les points d'un corps en déplacement ont la même vitesse instantanée au même instant.
- Vrai
 - Faux
 - je ne sais pas
- Q₄** - Le vecteur vitesse $\vec{v}$ d'un corps en mouvement rectiligne uniforme change.
- Vrai
 - Faux
 - je ne sais pas
- Q₅** - Le vecteur vitesse $\vec{v}$ instantané d'un corps en mouvement de rotation uniforme, varie.
- Vrai
 - Faux
 - je ne sais pas

II) Choisissez la proposition correcte parmi les suggestions suivantes:

- Q₆** - Lorsque la lune est en mouvement autour de la terre, elle subie l'attraction universelle appliquée par :
- la terre et non pas le soleil.
 - la terre et le soleil ensemble.
 - toutes les planètes et le soleil.
 - je ne sais pas
- Q₇** - Considérons une balle de masse $m=700g$ située à une distance $d=1m$ entre le centre de la balle et la surface de la terre. La Valeur de la force d'attraction universelle entre la balle et la terre est :
- $F = 6.8N$
 - $F = 684N$
 - $F = 6.84 \cdot 10^{-3}N$
 - je ne sais pas

III) Choisissez la proposition correcte parmi les suggestions suivantes:

- Q₈** - Lorsqu'un corps solide non déformable tourne autour d'un axe fixe pendant la période du temps dt :
- tous les points appartenant à ce corps tournent selon le même angle.
 - tous les points appartenant à ce corps tournent selon des angles différents.
 - tous les points appartenant à ce corps parcourent les mêmes distances.
 - je ne sais pas.
- Q₉** - La vitesse d'un point appartenant à un corps solide en rotation autour d'un axe fixe dépend de la :
- position du point par rapport à l'axe de rotation seulement.
 - vitesse angulaire seulement.

- position du point par rapport à l'axe de rotation et de la vitesse angulaire du corps.
- je ne sais pas

IV) Choisissez la proposition parmi les suggestions suivantes:

Q₁₀ - La puissance du travail d'une force constante diminue lorsque :

- la vitesse de déplacement du point d'interaction de la force augmente.
- la vitesse de déplacement du point d'interaction de la force diminue.
- la vitesse de déplacement du point d'interaction de la force reste constante.
- je ne sais pas

Q₁₁ - Le travail d'une force constante est une grandeur :

- scalaire
- vectorielle
- toujours positive
- je ne sais pas

Q₁₂ - Le travail d'une force constante est moteur durant le déplacement $\overline{AB}$ si leur point d'interaction est :

- perpendiculaire au vecteur déplacement $\overline{AB}$.
- parallèle au vecteur déplacement $\overline{AB}$ et de même sens.
- parallèle au vecteur déplacement $\overline{AB}$ et de sens opposé.
- je ne sais pas

V) Choisissez la proposition correcte parmi les suggestions suivantes:

Q₁₃ - L'énergie cinétique est une grandeur :

- algébrique
- scalaire toujours positive
- vectoriel
- je ne sais pas

Q₁₄ - L'énergie potentielle de pesanteur est une grandeur :

- positive
- négative
- algébrique
- je ne sais pas

Q₁₅ - La variation de l'énergie potentielle de pesanteur et le travail du poids d'un corps entre deux instants t_1 et t_2 étant :

- différents
- égaux
- opposés
- je ne sais pas

Q₁₆ - Identifier les conditions nécessaires pour écrire la formule de l'énergie potentielle de pesanteur comme suit :

- $E_{pp} = mgz$
- $E_{pp} = mg(z - z_0)$
- je ne sais pas

Q₁₇ - Rappeler les étapes à suivre lorsque vous appliquez le théorème de l'énergie cinétique.

V) Choisissez la proposition correcte :

Q₁₈ - L'énergie mécanique d'un corps solide est la suivante:

- $E_m = E_c - E_{pp}$
- $E_m = E_c + E_{pp}$
- je ne sais pas

Q₁₉ - L'énergie mécanique d'un corps solide en interaction avec la terre est égale à :

- le travail de ce corps
- la somme des travaux des forces appliquées sur ce corps à l'exception du poids
- la somme des travaux des forces appliquées sur ce corps.
- je ne sais pas

Q₂₀ - L'énergie mécanique d'un corps solide en mouvement sous l'effet du poids :

- augmente
- diminue
- se conserve
- je ne sais pas

Q₂₁ - On peut affirmer que la somme vectorielle des forces appliquées à un solide est nul si :

- le solide est immobile.
- le solide est animé d'un mouvement rectiligne uniforme
- Le vecteur vitesse v_g du centre d'inertie du mobile est constant
- La vitesse v_g du centre d'inertie du mobile est constante
- je ne sais pas

Q₂₂ - Énoncez les 3 principes de Newton établissant les lois du mouvement.

Q₂₃ - Rappeler les étapes à suivre lorsque vous appliquez la 2^{ème} loi de Newton.

Q₂₄ - Un ballon de 200 g est lancé du sol verticalement vers le haut avec une vitesse initiale de 10 m/s. Que peut-on affirmer ?

- lorsque la vitesse du ballon s'annule, son Énergie potentielle vaut 10 J.
- le ballon montera de 10 m.
- le ballon montera de 5 m.
- lorsque le ballon se trouve à 3 m du sol, son énergie cinétique vaut 4 J.