

# Pourquoi les mouvements uniformément accélérés et décélérés sont-ils traités différemment par les étudiants ? Quelle analyse en font les enseignants du supérieur ?

Lefebvre, Olivier<sup>(1)</sup>, Lebrun, Nathalie<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LDAR, Université de Rouen - France

<sup>(2)</sup>LDAR, Université de Lille - France

Résumé : Lors de cette étude concernant les « nouveaux étudiants », nous avons adapté le test nord-américain FMCE (Thornton et Sokoloff, 1998) pour des étudiants français de première année d'études supérieures, permettant de mettre en évidence des modes de raisonnement non conformes avec les résultats issus de l'utilisation des lois de Newton. Ce test a été passé fin 2014 par 152 étudiants. L'exploitation des réponses des étudiants sondés nous a permis de mettre en évidence un écart de traitement entre une situation physique relative à un mouvement uniformément accéléré et la même situation physique relative à un mouvement uniformément décéléré. Douze enseignants du supérieur ont été interviewés sur les résultats au test précédent et tous ont fait part, sans équivoque, que la différence de traitement était due à l'utilisation du mot décélération. Nous avons voulu corroborer cette affirmation.

Dans un premier temps, une partie du questionnaire précédent a été sélectionné et modifié pour être repassée en mars 2015 par les mêmes étudiants. Celle-ci contient des questions sur le mouvement uniformément accéléré non modifiées, et d'autres sur le mouvement uniformément décéléré, en remplaçant l'expression « décélération constante » par « décroissance constante de la norme de la vitesse ». L'analyse des réponses à cette deuxième version ne met pas en évidence une influence de l'utilisation ou non du mot décélération. Pour vérifier ce résultat qui va à l'encontre de ce que pensent les enseignants interviewés, nous avons fait passer une troisième version du test à une nouvelle promotion d'étudiants. L'analyse des réponses nous montre également qu'il n'y a pas d'influence de l'utilisation ou non du mot décélération sur les réponses des étudiants. Ces deux analyses statistiques de natures différentes nous montrent, au risque d'erreur de 5%, que les enseignants ont une mauvaise représentation des modes de raisonnement de leurs étudiants.

Mots-clés : Enseignement supérieur - Mécanique - Décélération - Représentation des enseignants

## Introduction

Des études antérieures ont permis de mettre en évidence les modes de raisonnement mobilisés par les étudiants en mécanique élémentaire (Beichner, 1994; Goldberg & Anderson, 1989; Hale, 2000; Halloun & Hestenes, 1985; Hestenes & al, 1992; McDermott & al, 1987; Mora & Herrera, 2009; Saltiel & Malgrange, 1980; Viennot, 1979). Certains de ces modes de raisonnement peuvent être interrogés par le test FMCE (Force and Motion Conceptuel Evaluation). Pour l'interprétation des résultats au test, nous nous sommes basés essentiellement sur la littérature de recherche nord-américaine (Thornton & Sokoloff, 1998, Smith & Wittmann, 2008). Dernièrement, l'étude préliminaire (N Lebrun & C de Hosson 2014) a montré une réceptivité des enseignants du supérieur au test FMCE mais ces derniers soulignent les faibles statistiques à disposition.

## Problématique

Pour obtenir des résultats quantitatifs, nous avons décidé de faire passer le test à des étudiants français. Pour cela, nous avons dû traduire le FMCE de l'anglais au français. Dans sa version française, le test a été administré à plus de mille étudiants. Le traitement des réponses de ces étudiants a révélé une particularité non mise en évidence par les études antérieures. Nous proposons dans cette communication de répondre aux questions de recherche suivantes : les mouvements rectilignes uniformément accélérés sont-ils traités de la même façon que les mouvements rectilignes uniformément décélérés ? Quelles interprétations ont les enseignants du supérieur des réponses de leurs étudiants ? Nous faisons l'hypothèse que les enseignants avertis passeront du « faire sans » au « faire avec pour aller contre » les représentations des étudiants (De Vecchi & Giordan, 1989).

## Méthodologie

Un questionnaire issu d'une adaptation française du test FMCE, validé par une méthode itérative, a été passé par  $N_0 = 152$  étudiants de première année d'un cycle préparatoire intégré d'une école d'ingénieurs fin novembre 2014. La passation a été rendue obligatoire pour tous les étudiants de première année, et surveillée par le personnel administratif de l'école. La durée du test a été d'environ une heure. Celui-ci comportait 41 questions sur le thème des lois de Newton, dont certaines d'entre elles, concernaient une situation physique avec accélération puis d'autres la même situation physique avec une décélération.

12 enseignants du supérieur ont été interviewés sur l'interprétation possible des résultats au test d'étudiants de première année d'enseignement supérieur. Il s'agissait d'entretiens semi-directifs (Bardin, 1977) de durées très variables suivant les enseignants (de 40 minutes à 2h38). Ces entretiens sont transcrits intégralement. Dans ces interviews, lorsque la remarque sur la différence des réponses aux deux situations relatées précédemment ne venait pas naturellement de la part de l'interviewé, l'interviewer posait la question suivante : « quelle justification envisagez-vous pour expliquer la différence entre les réponses des étudiants à l'étude du mouvement uniformément accéléré et du mouvement uniformément décéléré ? ».

Pour corroborer l'affirmation des enseignants sur ce point, un second test limité à ces questions sur les mouvements uniformément accéléré et décéléré, a été élaboré. Pour ce second test, nous avons retenu trois situations physiques, avec au total quatre paires de questions. Chaque paire de questions, contient une question sur le mouvement uniformément accéléré non modifiée, et une autre modifiée en remplaçant l'expression « décélération constante » par « décroissance constante de la norme de la vitesse ». Ce deuxième test a été passé fin mars 2015 par les mêmes étudiants  $N_1 = 142$  pour tenter de mesurer l'influence de la non utilisation du terme décélération dans les questions.

De façon à obtenir des réponses d'échantillons indépendants dans des conditions aussi similaires que possible, nous avons fait passer la totalité des 41 questions du test début janvier 2016 dans lequel le mot décélération a été remplacé par son substitut comme en mars 2015, à une nouvelle promotion de  $N_2 = 96$  étudiants du même cycle préparatoire intégré.

## Résultats

A la question « quelle justification envisagez-vous pour expliquer la différence entre les réponses des étudiants à l'étude du mouvement uniformément accéléré et du mouvement uniformément décéléré ? », tous les enseignants répondent sans équivoque que l'utilisation du mot décélération est à l'origine de cette différence. Voici quelques exemples de réponses des enseignants interrogés :

ES5 : « J'ai remarqué que les étudiants avaient des réponses plus éparpillées pour la QCM7 par rapport à la QCM5. La seule justification que je vois à cela est qu'ils ne comprennent pas ce qu'est une décélération »

ES8 : « Ah oui // c'est curieux // alors ici à la QCM5 il s'agit d'un mouvement accéléré et là à la QCM7 d'un mouvement décéléré // ici on a deux réponses principales avec plus de la moitié de réponses fausses et là c'est plus complexe // c'est bizarre pourquoi autant de réponses différentes // eh bien oui c'est parce qu'il s'agit d'une décélération donc ils ne comprennent pas le mot »

ES11 : « Là c'est sûr, ils buttent sur le mot décélération »

La figure n°1 ci-dessous, est un extrait des trois situations qui ont fait l'objet de trois versions du test. Les résultats des étudiants aux questions des situations différentes sont liés à la façon dont les réponses sont proposées. La dispersion des réponses (figure n°2) dans le cas d'une décélération est par contre relevée pour chaque situation.

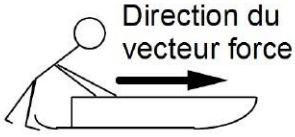
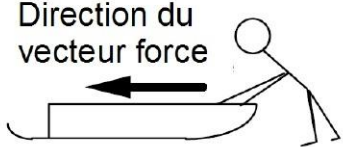
Un traîneau sur la glace se déplace dans le sens décrit dans les questions. Les frottements concernant le traîneau sont négligés. Une personne qui porte des chaussures à clous est debout sur la glace et peut appliquer une force sur le traîneau et ainsi le pousser sur la glace. Choisissez la force (propositions A à G) qui permet de garder le traîneau en mouvement dans les différents cas décrits dans les questions.	
	<p>A : Le vecteur force est orienté vers la droite et son intensité augmente.</p> <p>B : Le vecteur force est orienté vers la droite et son intensité est constante.</p> <p>C : Le vecteur force est orienté vers la droite et son intensité diminue.</p> <p>D : Aucune force n'est nécessaire.</p>
	<p>E : Le vecteur force est orienté vers la gauche et son intensité augmente.</p> <p>F : Le vecteur force est orienté vers la gauche et son intensité est constante.</p> <p>G : Le vecteur force est orienté vers la gauche et son intensité diminue.</p>
QCM7 (première version)	Le traîneau est en mouvement vers la droite. Quelle force ralentirait le traîneau avec une <b>décélération constante</b> ?
QCM7 (autres versions)	Le traîneau est en mouvement vers la droite. Quelle force ralentirait le traîneau avec une <b>décroissance constante de la norme de la vitesse</b> ?
QCM5 (toutes versions)	Quelle force garderait le traîneau en mouvement vers la droite avec une accélération constante ?

Figure n°1 : exemple d'une situation proposée aux étudiants

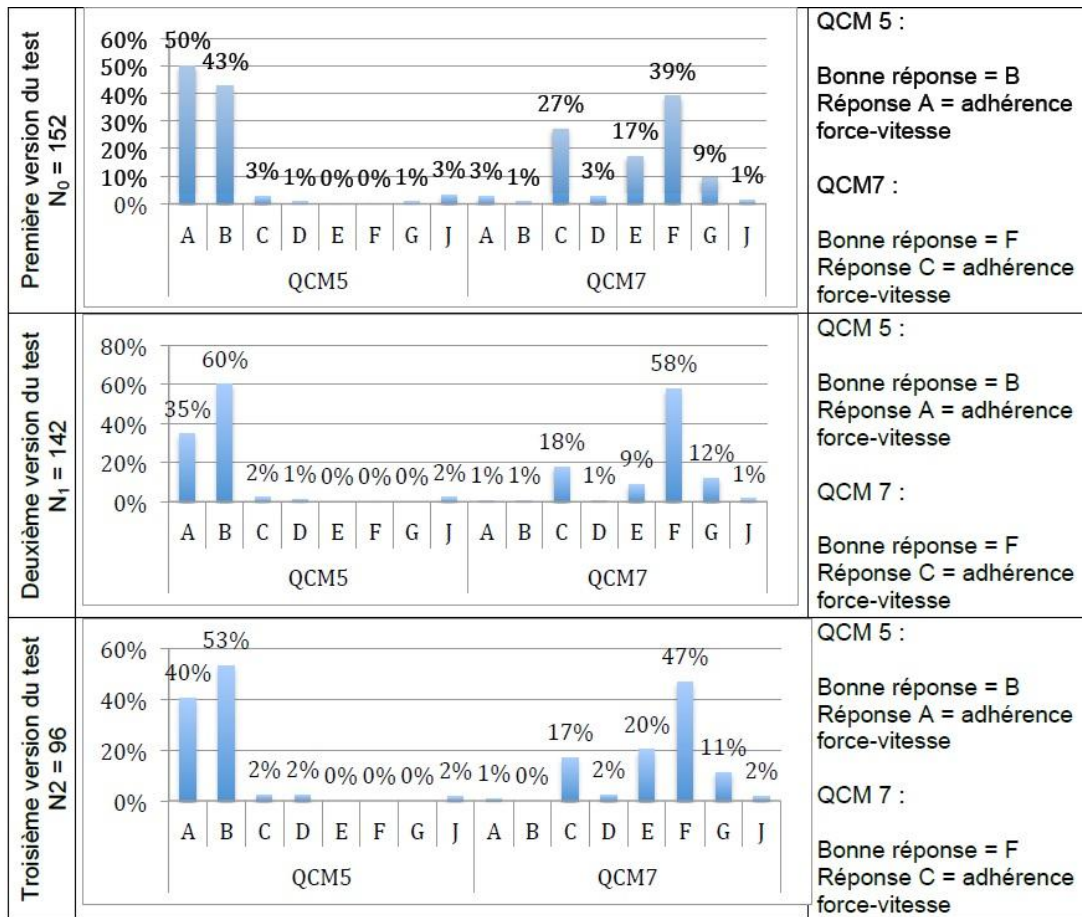


Figure n°2 : répartitions des réponses aux trois versions du test (QCM5 et 7 uniquement)

Nous avons étudié l'évolution de la dispersion des réponses d'une classe d'étudiants identifiés (N<sub>0,1</sub> = 30) entre novembre 2014 et mars 2015, c'est-à-dire entre les versions utilisant le mot décélération et son substitut. Pour cela, nous avons considéré la réponse attendue (RA) comme étant l'ensemble de la bonne réponse et de la réponse erronée traduisant l'adhérence force-vitesse et l'ensemble des autres réponses a été appelée réponse diffuse (RD). Le test binomial a été appliqué sur les tableaux de contingence pour chaque QCM décrivant les mouvements accéléré et décéléré (figure n°3).

ACC				DEC			
		post-test				post-test	
		QCM5		QCM7			
pré-test	RA	25	2	18	3		
	RD	2	1	5	4		
p-value		1		0,7276			

Figure n°3 : tests statistiques sur les échantillons appariés N<sub>0,1</sub>

Les résultats des échantillons indépendants (N<sub>0</sub> = 152 et N<sub>2</sub> = 96) sondés sur deux années consécutives d'une même filière sont reportés dans le tableau ci-dessous :

		A	B	C	D	E	F	G	H	J	NR	p-value
QCM5	N <sub>0</sub>	75	64	4	1	0	0	1		5	2	0,5907
	N <sub>2</sub>	38	50	3	2	0	0	0		2	1	
QCM7	N <sub>0</sub>	4	1	41	4	26	59	14		2	1	0,3758
	N <sub>2</sub>	1	0	14	3	19	43	12		2	2	

Figure n°4 : tests statistiques sur les échantillons N<sub>0</sub> et N<sub>2</sub> indépendants

## Discussion des résultats

La figure n°1 donne un exemple de situation décrite. Pour cette description, les étudiants répondent de façon à peine moins satisfaisante au cas de la décélération (39% de bonnes réponses) par rapport au cas de l'accélération (43% de bonnes réponses) à la première version du test. Les résultats à la deuxième version du test, montrent une progression importante dans les bonnes réponses. +19 pts pour le mouvement uniformément décéléré lorsque le mot décélération est remplacé par son substitut. Il faut aussi remarquer une progression de 17 pts pour le mouvement uniformément accéléré. On ne peut donc pas attribuer la progression des bonnes réponses à la non utilisation du mot décélération. L'analyse montre que l'écart entre les bonnes réponses aux deux types de mouvements n'a pas évolué de façon significative entre les deux versions du test (+4 pts dans la première version pour le mouvement accéléré et +2 pts dans la seconde version). Ces remarques sont valables pour la troisième version du test. Par contre, ce qui est frappant, c'est la dispersion des réponses dans le cas de la décélération par rapport à la répartition quasiment binaire des réponses dans le cas d'une accélération. C'est dans ce cas, la répartition des réponses erronées, qui est totalement différente. On remarquera que l'adhérence force-vitesse au sens de Viennot (1979), donc relatant une proportionnalité entre vecteur force et vecteur vitesse, est beaucoup moins prononcée dans le cas de la décélération. La figure n°3, au risque d'erreur de 5% (test binomial), ne met en évidence aucune différence statistiquement significative sur la dispersion des réponses de la classe des 30 étudiants identifiés, que le terme décélération soit utilisé ou non. Nous obtenons la même indépendance sur les trois autres questions mettant en jeu un mouvement uniformément décéléré. La figure n°4 nous montre également, sur des échantillons indépendants, que l'utilisation du mot décélération ou de son substitut n'influence pas les réponses des étudiants (au risque d'erreur de 5% par l'intermédiaire d'un test exact de Fisher-Freeman-Halton). Là aussi, l'analyse statistique des trois autres questions aboutit au même résultat.

## Conclusion et perspectives

Il semblerait que la justification unanime des enseignants du supérieur, quant à la difficulté supplémentaire introduite par la présence du mot décélération, ne soit pas aussi évidente. En tant que chercheurs, ces résultats provisoires ne nous permettent pas de totalement écarter une influence du mot décélération sur la dispersion des réponses des étudiants, ni même sur la différence entre les bonnes réponses concernant les mouvements accélérés et décélérés qui restent sensiblement les mêmes, que le mot décélération soit utilisé ou non. D'un point de vue statistique, la quasi-totalité des tests effectués nous montre que la communauté enseignante surestime sans doute l'influence du seul mot décélération sur les réponses des étudiants. Des entretiens non directifs avec des étudiants qui manifestent des réponses différentes de celles attendues devraient permettre de mieux comprendre leurs modes de raisonnement.

## Références bibliographiques

- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu* (Vol. 69). Paris: Presses universitaires de France.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762.
- De Vecchi G. & Giordan A. (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?*, Nice, Z'édition
- Goldberg, F. M., & Anderson, J. H. (1989). Student Difficulties with Graphical Representations of Negative Values of Velocity. *Physics Teacher*, 27(4), 254-60.
- Hale, P. (2000). Kinematics and graphs: Students' difficulties and cbls. *Mathematics Teacher*, 93(5), 414-417.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American journal of physics*, 53(11), 1056-1065.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 30(3), 141-158.
- Lebrun, N. & De Hosson, C. (2014). Quelle réceptivité d'enseignants de premier cycle universitaire aux résultats de la recherche en didactique de la physique ? Le cas de la mécanique classique. *Huitièmes journées scientifiques de l'ARDIST*, Marseille 12, 13 et 14 mars 2014.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513.
- Mora, C., & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 13.
- Saltiel, E., & Malgrange, J. L. (1980). 'Spontaneous' ways of reasoning in elementary kinematics. *European Journal of Physics*, 1(2), 73.
- Smith, T. I., & Wittmann, M. C. (2008). Applying a resources framework to analysis of the Force and Motion Conceptual Evaluation. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 4(2), 020101.
- Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66(4), 338-352.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.