

## *S'exprimer pour apprendre : l'apprentissage de la physique mécanique par la confrontation des idées*



*Martin Périard*  
Professeur de physique  
Collège Montmorency



*Jean Vaillancourt*  
Professeur de physique  
Collège Montmorency



*François Cauchy*  
Adjoint à la direction des études  
Service du développement pédagogique  
Collège Montmorency

### **Le problème**

Voici trois affirmations, répondez spontanément par « vrai » ou « faux » :

1. *Un lanceur de balles rapides au baseball lance la balle directement vers la mitaine du receveur.*
2. *L'accélération verticale d'un sauteur en hauteur dépend de la force avec laquelle il a poussé sur le sol.*
3. *Rouler à 60 km/h plutôt qu'à 50 n'entraîne aucune différence dans la distance de freinage si ma voiture a des bons freins.*

Si vous avez répondu « vrai » à une ou à plusieurs de ces affirmations, vous êtes dans la même situation que bien des finissantes et des finissants du cours de physique mécanique du programme de sciences de la nature, ces affirmations étant toutes fausses.

Des exemples de ce type sont légion et ils illustrent une manifestation de la séparation très nette que font beaucoup d'élèves entre la physique vue en classe et la vie de tous les jours. Ce phénomène nous donne une indication du faible impact des professeurs sur la modification du réseau de concepts préalables que s'est forgé l'élève au cours des années.

Compte tenu que ce réseau de concepts a souvent bien peu de rapport avec la réalité, (en passant : *quelle est l'accélération*

*d'un corps au sommet de sa trajectoire ? Si vous avez répondu « zéro », enlevez-vous deux points), le cours de physique mécanique semblerait être l'endroit tout indiqué pour confronter les conceptions intuitives des élèves avec leurs conséquences logiques. Or, comme ces conceptions sont souvent inébranlables et différent d'un élève à l'autre, il est illusoire de tenter de les déraciner une à une. De plus, elles sont souvent latentes et implicites, il faut donc tenter de les faire ressortir pour que l'élève en prenne conscience (Je suis assis dans un autobus qui roule en ligne droite à la vitesse constante de 100 km/h, si je lance une balle directement vers le haut, où va-t-elle atterrir ?). Il est donc important de faire parler nos élèves de physique.*

Une deuxième problématique touchant les élèves de sciences concerne leur orientation. Bien peu d'entre eux iront en physique, et une bonne partie n'iront même pas dans une discipline scientifique. On peut alors s'interroger sur la pertinence d'un modèle d'enseignement traditionnel centré sur la transmission de connaissances, alors que la majorité des élèves manifestent une rétention minimale des concepts enseignés. Une constante apparaît toutefois lorsque l'on regarde les futures carrières de nos élèves : ceux-ci auront tous à utiliser une méthode de résolution de problèmes, dans un cadre formel ou non.

Ces deux thèmes, à savoir les conceptions préalables et la résolution de problèmes, font l'objet de travaux de recherche

*Une constante apparaît toutefois*

*lorsque l'on regarde*

*les futures carrières de nos élèves :*

*ceux-ci auront tous à utiliser*

*une méthode de résolution de problèmes,*

*dans un cadre formel ou non.*

et ont inspiré bien des innovations pédagogiques depuis une vingtaine d'années au moins. Cependant, une recension, non scientifique, des pratiques pédagogiques actuelles nous indique qu'elles sont toujours majoritairement axées sur le modèle traditionnel (centré sur le professeur), et les professeurs expérimentés ont tous souvenir de réformes rapidement reléguées aux oubliettes.

Cet état de fait est propre à la situation du réseau collégial québécois, mais il n'en est pas de même partout. En effet, l'Université du Minnesota a réformé son enseignement de la physique en implantant une méthode appelée *Minnesota Model for Large Introductory Courses*. Cette méthode s'appuie sur une combinaison d'enseignement magistral en grands groupes (contingences matérielles obligent), d'ateliers de résolution de problèmes et de laboratoires en groupes coopératifs.

Les objectifs essentiels de ce modèle sont de faire parler de physique aux élèves et de les obliger à coucher sur papier toutes les étapes qu'ils doivent franchir pour résoudre un problème. Bref, leur faire expliciter les opérations mentales nécessaires à la résolution d'un problème. On espère ainsi faire naître une meilleure compréhension des lois de la physique par la confrontation des idées et rendre les élèves plus structurés lorsqu'ils ont à résoudre un problème.

Au collège Montmorency, nous nous sommes inspirés du modèle du Minnesota pour modifier le premier cours de physique mécanique en y intégrant la résolution de problèmes en groupes coopératifs. Nous poursuivions ainsi deux objectifs explicitement présentés aux élèves :

1. Susciter l'échange sur les expériences personnelles reliées à la physique ;
2. Amener les élèves à acquérir des méthodes de travail en équipe efficaces et applicables à d'autres domaines.

Pour résumer, nous désirions voir apparaître trois transformations chez nos élèves :

ÉTAT INITIAL	ÉTAT FINAL DÉSIRÉ
Conceptions préalables erronées	Meilleure appropriation des concepts fondamentaux de la mécanique
Utilisation de la méthode du « chien fou » pour résoudre un problème (je brasse les équations, que ce soient les bonnes ou non, jusqu'à l'obtention d'une réponse)	Utilisation d'une approche structurée pour résoudre un problème
Habitudes de travail individualistes	Habilités accrues pour travailler en équipe

### *Application de la méthode*

Nous avons d'abord ajouté une période supplémentaire à l'horaire de chaque groupe-cours de physique mécanique, celle-ci suivant directement la période régulière de physique et étant exclusivement consacrée à la résolution de problèmes en groupes coopératifs. Même si la présence des élèves à cette période était facultative, elle a été fortement encouragée, compte tenu que la méthode de résolution de problèmes allait également être utilisée lors des examens, ceux-ci ne se faisant toutefois pas en équipe.

Puisque nous voulions que la méthode soit un objet d'apprentissage au même titre que le contenu, les deux professeurs chargés du cours de mécanique l'ont utilisée en classe toute la session. Outre cette modification, les périodes régulières de cours se sont déroulées de façon traditionnelle.

Lors de cette période supplémentaire, les élèves se regroupaient en équipes de trois. La composition de ces équipes était toujours imposée et demeurait la même pendant trois semaines. La raison sous-tendant ce choix de former des équipes de trois (ou quatre si on ne peut pas faire autrement) est d'avoir assez d'élèves dans chaque équipe pour générer une masse critique d'idées permettant de résoudre un problème sur lequel une équipe de deux resterait peut-être bloquée. Nous voulions également développer un esprit d'entraide mutuelle et donner confiance en leurs moyens à des élèves qui ont souvent trop tendance à se référer au professeur lorsqu'ils éprouvent une difficulté.

Au début de chaque séance, les élèves recevaient une copie d'un problème lié à la vie quotidienne, élaboré par une équipe de professeurs du département, ainsi qu'un gabarit qui les aiderait à l'élucider (voir les annexes 1 et 2).

Ce gabarit comportait déjà les principales étapes de la méthode de résolution de problèmes :

- ◆ **Comprendre le problème** (croquis – réponse en mots – approche) ;
- ◆ **Analyse physique** (schéma – inconnue recherchée – formules pertinentes) ;
- ◆ **Planifier la solution** (relier l'inconnu au connu – vérification des unités) ;
- ◆ **Exécuter le plan** ;
- ◆ **Poser un regard critique sur la réponse** (est-ce que sa formulation est adéquate ? Est-elle pertinente ? Répond-elle à la question ?)

Lors du travail en équipe, les élèves devaient adopter un des rôles suivants : gérant, secrétaire et sceptique. Cette technique a pour but de rendre rapidement fonctionnelle une équipe composée d'individus ne se connaissant pas au préalable. Les équipes se regroupaient en adoptant obligatoirement une disposition en triangle, la disposition linéaire étant moins efficace. Le professeur circulait parmi les équipes et s'assurait de leur bon fonctionnement. Il devait éviter au maximum de parler de physique pour obliger les élèves à échanger entre eux afin d'élaborer leur stratégie de résolution de problèmes. Les questions s'adressant au professeur devaient l'être au nom de l'équipe

Après 50 minutes, le travail était ramassé. Il était corrigé par le professeur, en suivant une grille de correction uniforme (voir l'annexe 3), et remis la semaine suivante aux élèves. La note attribuée n'était jamais comptabilisée dans le bulletin. Cette grille devait s'harmoniser avec la méthode et encourager les élèves à écrire toutes les étapes requises pour résoudre le problème, plutôt que de passer directement aux calculs sans autre forme d'explication.

## Résultats

### 1. Meilleure appropriation des concepts centraux de la mécanique

Afin de mesurer leur connaissance des concepts de base de la mécanique newtonienne, nous avons fait passer un prétest aux élèves lors du premier cours de la session. Pour ce faire, nous avons opté pour un test américain standardisé, le *Force Concept Inventory* (FCI), traduit en français par l'un de nous, un test largement utilisé aux États-Unis et, par conséquent, validé à plusieurs reprises. À la fin de la session, les élèves ont refait le même test en guise de post-test.

À titre de contrôle, les professeurs de physique mécanique du cégep de Saint-Jérôme ont accepté de faire passer ce même test à leurs élèves. Les moyennes des prétests ont été les mêmes dans les deux collèges avec un résultat de 40 à 50 %. Si on les compare avec la situation vécue dans les collèges américains, ces résultats sont tout à fait honorables.

L'intérêt principal du test réside toutefois dans sa capacité à illustrer la progression des élèves. Les résultats finaux des post-tests oscillent entre 55 et 65 % pour un gain moyen de 14 % identique au cégep de Saint-Jérôme et au collège de Montmorency. Selon les données compilées par l'Université du Minnesota, ce gain est *exactement* celui attendu des groupes d'élèves suivant un cours axé sur un enseignement traditionnel. Ceux qui profitent d'une approche pédagogique centrée sur les élèves obtiennent normalement un gain d'environ 30 % avec le même niveau de départ.

Du point de vue des apprentissages, notre projet ne semble pas avoir donné tous les fruits attendus. En discutant avec les élèves, il apparaît toutefois que le fait d'avoir axé les problèmes sur des situations réelles a contribué à convaincre un bon nombre que la physique s'applique aussi à la vie de tous les jours. Beaucoup de professeurs seraient surpris s'ils connaissaient l'opinion réelle des élèves sur le lien entre la physique qu'ils apprennent à l'école et la vie quotidienne.

### 2. Approche structurée de résolution de problèmes

L'utilisation d'une approche structurée pour résoudre les problèmes a fait l'objet de nombreux commentaires de la part des élèves, pour la plupart négatifs. Certains ont eu l'impression d'être, une fois de plus, des cobayes, alors que d'autres trouvaient qu'il était plus difficile d'avoir de bonnes notes (par exemple, une équipe pouvait avoir la bonne réponse mais se retrouver avec une note de 14/25). Du côté des commentaires positifs, la majorité des élèves ont reconnu que le fait d'échanger ses idées sur le monde physique était utile et que d'en parler permettait d'apprendre. Mentionnons que ces commentaires provenaient, en parts à peu près égales, de deux sources : les discussions informelles et les données issues d'un questionnaire distribué à tous les élèves du programme de sciences de la nature dans le cadre d'une autoévaluation de programme.

Du point de vue strictement pédagogique, l'inconfort des élèves n'est pas un mauvais signe, puisqu'un des principes fondamentaux de la pédagogie consiste à mettre ses idées préconçues en question pour apprendre et, selon les études sur le sujet, cette déstabilisation est essentielle pour un apprentissage durable. Les élèves nous ont donc manifesté leur évidente déstabilisation face à une méthode plus systématique pour résoudre les problèmes. Par ailleurs, l'ajout d'une période supplémentaire à l'horaire n'a fait l'objet d'aucun commentaire négatif.

Les professeurs de physique ont toujours reproché à leurs élèves deux grandes faiblesses, à savoir leur difficulté à schématiser un problème et leur incapacité à employer une stratégie rigoureuse pour le résoudre. Afin de pallier ces lacunes, la première partie du gabarit proposé présente un modèle de schématisation alors que la seconde partie expose celui d'une stratégie efficace. Si, au fil de la session, nous avons pu constater une nette amélioration des habiletés de schématisation des élèves, on ne peut en dire autant de l'approche de ceux-ci quant à la construction d'une équation spécifique au problème et ne contenant que les variables pertinentes illustrées dans le schéma.

Nous ne possédons pas de test standardisé pour mesurer l'amélioration de la structure de pensée des élèves, mais nous croyons toutefois qu'une amélioration s'est produite, notamment dans le fait que, pour la première fois, une cohorte d'élèves a systématiquement utilisé les croquis et les schémas avant de plonger dans les équations. Il est également clair que les élèves n'ont pas encore assimilé la méthode utilisée et, si les professeurs des cours subséquents n'en font pas usage, ils l'abandonneront sous peu.

### 3. Travail en équipe

En ce qui a trait au travail en équipe, la perception des élèves est qu'ils ont très bien rempli leur rôle, tandis que les professeurs considèrent que les élèves n'ont pas joué le jeu. Le professeur supervisant le groupe devait constamment intervenir pour s'assurer du bon fonctionnement des équipes. Pas tellement pour régler les conflits mais surtout pour maintenir les élèves sur la bonne piste, ceux-ci ayant une tendance naturelle à discuter de sujets sans lien avec le problème en cours. Par ailleurs, il n'y a pas lieu de noter de nette amélioration sur le plan du réflexe des élèves qui se tournent spontanément vers le professeur pour toute question, aussi triviale soit-elle, plutôt que de s'adresser aux autres membres de leur équipe. Lorsque les élèves ont constaté notre réticence à répondre aux questions, ils ont utilisé davantage leur livre ou leurs notes de cours, mais ils n'ont manifestement pas assez développé l'habitude de les consulter.

Les rôles assignés aux élèves devaient servir de canevas pour établir un fonctionnement efficace. Ainsi, le gérant devait superviser le fonctionnement de l'équipe mais, dans les faits, l'élève qui jouait ce rôle a généralement regardé sa montre. Quant au sceptique, il devait empêcher les consensus trop rapides et s'assurer de l'exploitation maximale de toutes les avenues, un rôle que le professeur a dû remplir à maintes reprises lorsqu'il a constaté que les élèves s'engageaient dans des directions surprenantes. Enfin, le rôle de secrétaire a été le seul qui a été bien joué, bien qu'un bon nombre de copies aient été rendues sans date, sans identification du problème ou sans le numéro du groupe-cours.

Le taux de participation aux séances de travail en groupe coopératif a glissé, approximativement, de 85 % au début de la session à 70 % vers la fin. L'interprétation de ces taux varie selon les attentes préalables des professeurs.

De l'avis général des professeurs impliqués dans le projet, le caractère facultatif des séances a enlevé à celles-ci beaucoup de poids aux yeux des élèves. Notons qu'à l'Université du Minnesota la participation est obligatoire et qu'elle fait partie de l'évaluation.

Les séances de travail en groupes coopératifs ont toutefois donné lieu à maintes conversations stimulantes, tant pour le professeur que pour les élèves. Il est arrivé à quelques reprises que les copies corrigées soient rendues avec des photographies ou des documents en annexe en référence à des questions ou à des remarques (par exemple, une analyse séquence par séquence d'un enregistrement vidéo montrant la trajectoire suivie par une balle rapide au baseball). Ces documents permettaient de revenir sur des discussions où les élèves contestaient vigoureusement les idées relatives à la physique présentées lors de la séance.

## Discussion

### Réussite ou échec ?

La réponse à cette question dépend de la définition que l'on donne au terme « réussite ». Si la réussite se mesure par l'efficacité d'un programme à former des élèves bien outillés pour passer aux cycles supérieurs ou à toute autre sphère d'activité, nous croyons avoir posé des bases solides pour cet outil universel qu'est la résolution de problèmes. Somme toute, nous avons familiarisé les élèves à cet outil et avons incité ceux-ci à l'utiliser de façon systématique.

*Nous croyons avoir posé  
des bases solides pour cet outil universel  
qu'est la résolution de problèmes.*

Par ailleurs, le travail en équipe reste un point à améliorer. Comme les élèves qui ont participé au projet avaient sensiblement le même âge que ceux de l'Université du Minnesota, on ne peut évoquer le manque de maturité. Cependant, il y aurait peut-être lieu de croire qu'une préparation adéquate des élèves alliée à une formation spécifique sur le travail en équipe pour les professeurs auraient donné de meilleurs résultats.

Le gain observé lors du post-test nous a clairement démontré que nous n'avons pas vraiment pu implanter le modèle du Minnesota. Nous avons probablement été trop timides dans notre intervention. Le fait de ne changer qu'un élément du cours s'avère insuffisant pour transformer significativement la structure traditionnelle, et celui de ne changer qu'un des cours du programme de sciences de la nature n'a pas l'impact nécessaire pour améliorer les attitudes des élèves.

### Suites prévues

Étant donné que l'implantation d'une approche systématique de résolution de problèmes ne saurait se faire en une session, le département de physique du collège Montmorency a décidé de poursuivre l'expérimentation dans le cours suivant (électricité et magnétisme) et avec la nouvelle cohorte de mécanique. Aucune heure supplémentaire ne sera prévue à l'horaire ; le professeur aura toutefois le loisir de pouvoir intégrer les notes obtenues lors des séances de résolution de problèmes en groupes coopératifs dans l'évaluation sommative du cours.

Les professeurs de physique du collège Montmorency souhaiteraient élargir la méthode en y ajoutant les laboratoires. Ils permettraient ainsi de faire surgir les conceptions préalables des élèves, de les confronter à la réalité et de répartir l'apprentissage des concepts fondamentaux de la mécanique sur les cinq périodes par semaine prévues à l'horaire. Pour atteindre cet objectif, il nous apparaît nécessaire de repenser les laboratoires de fond en comble, les laboratoires traditionnels ne semblant pas parvenir à ébranler les convictions des élèves. En fait, les élèves sont généralement d'avis que les laboratoires ne sont qu'un mal nécessaire où ils peuvent récolter des points. Cette attitude se manifeste par une série de symptômes que tous les professeurs connaissent : prendre les données le plus vite possible et quitter la classe, s'échanger la rédaction des rapports, etc.

Nous souhaitons également que les professeurs du programme de sciences de la nature s'engagent collectivement dans une réflexion sur les attitudes qu'ils veulent voir apparaître

chez leurs élèves et qu'ils se donnent les moyens de les faire germer en coordonnant leurs efforts. Pour l'instant, il est fort plausible qu'une attitude pénalisée en physique soit tolérée, sinon favorisée, en chimie, en biologie, en mathématiques ou dans tout autre domaine.

### Conclusion

Les professeurs de physique du collège Montmorency ont expérimenté une méthode systématique de résolution de problèmes inspirée du modèle de l'Université du Minnesota. Durant une période supplémentaire ajoutée à leur horaire, les élèves ont travaillé en groupes coopératifs de trois sur un problème de physique relié à la vie quotidienne ou à des situations réelles. Tous les groupes disposaient d'un gabarit identique, et le problème faisait l'objet d'une évaluation formative selon une grille de correction considérant toutes les étapes attendues dans la résolution du problème. Le même gabarit était employé aux examens.

Nous avons pu noter une amélioration dans les habiletés reliées à la schématisation d'un problème ainsi qu'une certaine amélioration dans les analyses physiques. Cependant, les résultats d'un test standardisé sur la compréhension des lois de Newton étaient identiques à ceux des élèves suivant un enseignement traditionnel. Nous aurions également souhaité voir plus d'amélioration dans la qualité du travail en équipe.

Il semble donc que cette approche donne des fruits mais qu'il faut l'implanter dans plus d'un cours pour qu'elle ait un impact véritable sur les stratégies employées par les élèves face à un problème nouveau. ☒

m\_periard2000@hotmail.com

jvaillancourt@cmontmorency.qc.ca

fcauchy@cmontmorency.qc.ca

### **Annexe 1 – Exemple de problème à résoudre en groupes coopératifs**

Vous suivez un cours de conduite automobile. On vous dit qu'une auto qui roule en ville à 50 km/h peut stopper en moins de 10 m lors d'un freinage à la limite d'adhérence des pneus, mais que la même auto qui roule seulement à 10 km/h de plus, comme il arrive souvent, aura une vitesse supérieure à 30 km/h après 10 m de freinage limite. Vous pensez que cela n'a aucun sens et qu'on veut vous faire peur. Vous décidez donc de vous servir de vos connaissances en mécanique pour en avoir le cœur net.

## **Annexe 2 – Gabarit utilisé**

Gérant : \_\_\_\_\_ Secrétaire : \_\_\_\_\_ Sceptique : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_ Problème numéro : \_\_\_\_\_

<p><b>COMPRENDRE LE PROBLÈME</b></p> <p>Croquis :</p>          <p>Réponse (en mots) :</p>          <p>Approche :</p>	<p><b>ANALYSE PHYSIQUE</b></p> <p>Diagramme :</p>          <p>Inconnue recherchée (cible) :</p>          <p>Inventaire de formules pertinentes :</p>
--	--

<p><b>PLANIFIER LA SOLUTION</b></p> <p>Construction de l'équation spécifique :</p>                      <p>Vérification des unités</p>	<p><b>EXÉCUTER LE PLAN</b></p> <p>Calcul de l'inconnue recherchée (cible) :</p>          <p><b>REGARD CRITIQUE SUR LA RÉPONSE</b></p> <p>Est-ce que sa formulation est adéquate ?</p>          <p>Est-elle pertinente ?</p>          <p>Répond-elle à la question ?</p>
--	---

### Annexe 3 – Grille de correction

Étape	Énoncé qui décrit le mieux la section correspondante du gabarit	
<b>1. Comprendre le problème ( /7)</b>		
Le croquis...	traduit bien l'énoncé du problème	3
	est complet mais contient des informations superflues ou peu claires	2
	oublie des informations importantes	1
	est absent ou inutilisable	0
La réponse en mots...	est exacte	1
	est incomplète	0,5
	est absente ou fausse	0
L'approche...	est appropriée	3
	est appropriée mais contient des erreurs évidentes	2,5
	est appropriée mais il manque un ou des concepts nécessaires	2
	est appropriée mais elle trahit une conception fondamentale erronée	1
	ne peut pas mener à la solution	0,5
	est absente	0
<b>2. Analyse physique ( /8)</b>		
Le diagramme...	traduit bien les informations du croquis, est utile et complet	4
	ne correspond pas au croquis, est utile et complet	3
	traduit bien les informations du croquis, est utile mais certaines variables ne sont pas identifiées	2,5
	ne correspond pas au croquis, est utile mais certaines variables ne sont pas identifiées	2
	est peu utile parce qu'il y manque des informations importantes	1,5
	est peu utile parce qu'il contient des erreurs d'interprétation graves de certaines informations	1
	n'aide en aucune façon à trouver la solution	0,5
	est absent	0
La cible...	est bonne	1
	ne correspond pas à la réponse en mots ou à une variable du diagramme	0,5
	est absente, impossible à comprendre ou fausse	0
Les formules...	correspondent à l'approche adoptée et sont appropriées	3
	ne correspondent pas à l'approche adoptée et sont appropriées	2,5
	correspondent à l'approche adoptée mais il en manque une	2
	ne correspondent pas à l'approche adoptée et il en manque une	2
	contiennent une grave erreur d'interprétation	1
	ne peuvent pas mener à la solution	0,5
	sont absentes	0
<b>3. Planifier la solution ( /5)</b>		
L'équation spécifique...	est correcte et tirée des formules pertinentes	4
	est correcte et tirée des formules pertinentes, mais l'élève fait des calculs inutiles, introduit des variables non définies ou introduit des valeurs numériques	3,5
	est correcte, la progression est claire mais exige l'introduction de nouvelles formules	3
	est correcte, tirée des formules pertinentes mais la progression est floue	2,5
	est incorrecte en raison d'une erreur de calcul	2
	est incorrecte, la progression est logique mais n'est pas menée jusqu'au bout	1,5
	est incorrecte en raison d'une utilisation chaotique des formules pertinentes	1
	est impossible à évaluer parce que l'approche est fausse	0,5
	est absente	0
Les unités...	sont correctement vérifiées	1
	sont vérifiées partiellement ou il y a une erreur évidente	0,5
	ne sont pas vérifiées	0
<b>4. Exécuter le plan ( /3)</b>		
Le calcul de l'inconnue...	est exact	3
	est exact, mais l'élève a modifié un signe en cours de route ou a oublié ses unités	2,5
	est inexact en raison d'une erreur d'algèbre	2
	est inexact en raison d'une valeur numérique incorrecte pour une variable connue	1,5
	est incomplet et s'arrête sans raison évidente	1
	est impossible à évaluer parce que l'approche est fausse	0,5
	est absent	0
<b>5. Regard critique sur la réponse ( /2)</b>		
Le regard sur la réponse...	est complet et adéquat	2
	est complet mais laisse passer une erreur mineure	1,5
	est complet mais laisse passer une grave erreur	1
	est incomplet mais adéquat	0,5
	est incomplet et laisse passer une erreur	0
	n'a pas d'utilité évidente ou est absent	0

## POUR PLUS D'INFORMATION :

Pour de l'information supplémentaire sur le modèle du Minnesota, consultez le site :

<http://www.physics.umn.edu/groups/phycsed/Research/MNModel/MMt.html>

Les professeurs qui désirent obtenir une traduction française du *Force Concept Inventory* (format Word 97®) peuvent en faire la demande par courrier électronique en écrivant à: [m\\_periard2000@hotmail.com](mailto:m_periard2000@hotmail.com).

Pour la version originale de l'examen américain des concepts de mécanique (FCI) : Hestenes, D. Wells, M. et Swackhamer, G., « Force Concept Inventory », *The Physics Teacher*, vol. 30, mars 1992, p. 141.

*Martin PÉRIARD enseigne dans plusieurs établissements depuis 1993. Il a obtenu une maîtrise en physique (M.Sc.) de l'Université de Montréal et a suivi des cours de pédagogie à l'Université du Québec à Montréal dans le cadre du certificat en enseignement. Il s'intéresse particulièrement au taux de rétention des concepts enseignés.*

*Jean VAILLANCOURT détient un doctorat en physique de l'Université de Montréal. Professeur au collège Montmorency depuis 1978, il a surtout enseigné aux élèves inscrits dans les programmes techniques tels que Réadaptation physique, Orthèse et prothèse, et Techniques du bâtiment. Il participe actuellement à l'autoévaluation du programme de sciences de la nature.*

*François CAUCHY a enseigné la psychologie pendant une quinzaine d'années avant d'occuper les fonctions de conseiller pédagogique au collège Montmorency. Il est présentement adjoint à la Direction des études, responsable du Service du développement pédagogique au même collège. Il a aussi occupé la fonction de directeur de collection pour les sciences humaines chez La Chenelière/McGraw-Hill.*