

## Le Défi Scientifique de Michael Smith 2007: Analyse

Andrzej Kotlicki, Vincent Kwong et Chris Waltham

*Département à UBC de Physique et d'Astronomie*

Celeste Leander

*Département à UBC de Botanie*

Gordon Bates

*Département à UBC de Chimie*

2007/05/14

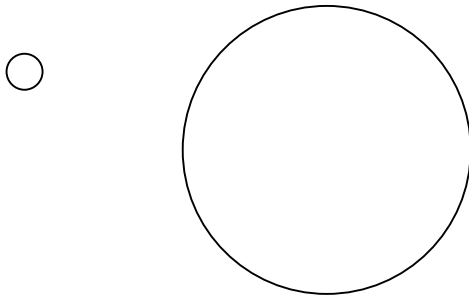
### Introduction

Ceci était le cinquième Défi Scientifique de Michael Smith national, et le troisième qui ne fut pas un examen à choix multiples. Nous avons inclus plusieurs types de questions différents: translation entre formes de représentations scientifiques; réponses rédigées et calculatrices, proportionnalités et estimations. Nous avons essayé d'assurer que les questions étaient aussi générales que possible afin d'éviter les différences entre les curriculums des provinces.

La meilleure note possible était 60; la meilleure note obtenue cette année était 48; 10% des élèves ont obtenu plus de 30; 25% des élèves plus de 22. Au total, 538 étudiants ont écrit l'examen.

### L'Examen

1.



- (a) L'aire du disque à droite est environ \_\_\_ fois plus grande que celle du disque à gauche.
- (b) Imaginez que chaque disque représente une sphère. L'aire de la sphère à droite est \_\_\_ fois plus grande que celle de la sphère à gauche.
- (c) Le volume de la sphère à droite est \_\_\_ fois plus grande que celui de la sphère à gauche.

---

### Solution et notation

Les diamètres sont 4.5mm et 36mm, soit un facteur de 8

(a) Meilleure réponse  $8^2 = 64$  (*maximum de 2 points*)

2 points pour toute réponses entre 36 et 100 inclus; 1 pour 25-36 ou 100-144

(b) Meilleure réponse 64 (*maximum de 2 points*)

2 points si égal à (a) et (a) est entre 36 et 100

1 point si entre 25 et 144 et pas égal à (a)

(c) Meilleure réponse  $8^3 = 512$  (*maximum de 2 points*)

2 points si égal à (a) et/ou (b) à la puissance 3/2

1 point sinon mais avec une réponse comprise entre 125 et 1728

### Réponses des élèves et Remarques

Ce problème teste la compréhension des élèves sur la notion de proportionnalité, en particulier de la modification des aires et volumes avec le carré ou le cube respectivement d'un changement linéaire (par exemple le rayon, le diamètre, le périmètre). Les étudiants d'université ont souvent beaucoup de difficultés avec ce concept. Plus de la moitié des élèves de secondaire 4 ayant écrit l'examen ont reconnu que le changement dans l'aire du cercle augmente au carré avec le rayon ou le diamètre, ce qui n'est pas banal. Plus d'un tiers ont aussi vu que l'aire d'une sphère augmente de la même façon, ce qui est encore plus difficile. Plus d'un quart ont aussi pensé à changer le volume de la sphère au cube avec le changement linéaire du rayon.

Beaucoup de réponses pour la question (b) étaient le carré de la réponse pour (a). Ce n'était pas clair si la faute était due à une simple inattention ou à la confusion fréquente entre le périmètre et l'aire d'un cercle.

La moyenne était 2.6/6; le maximum score obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

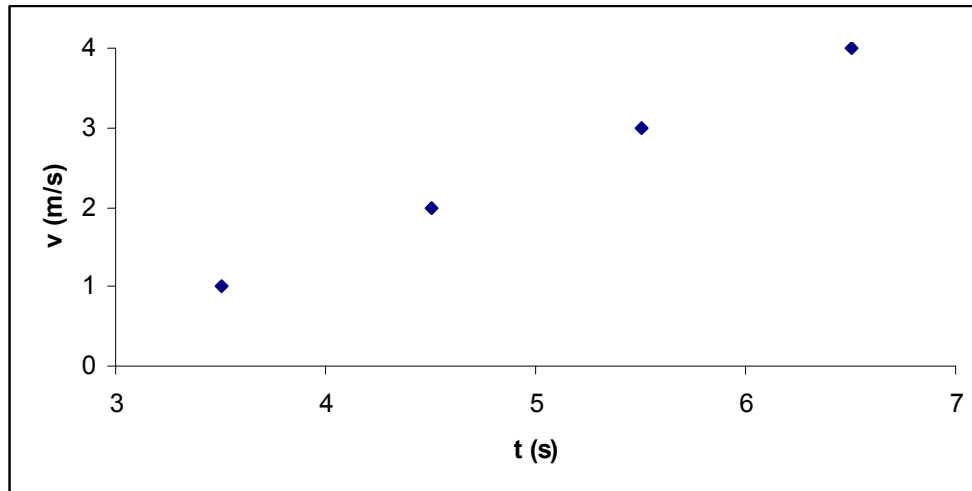
---

2. Voici une table représentant la position d'un objet en fonction du temps. L'objet se déplace seulement dans une dimension. Dessinez un graphe de votre meilleure approximation de la *vélocité* de l'objet, en fonction du temps.

$t$ (s)	$x$ (m)
3.0	1.0
4.0	2.0
5.0	4.0
6.0	7.0
7.0	11.0

## Solution et notation.

Meilleure réponse (*maximum de 6 points*)



0 point si  $x = x(t)$  ou  $v = x/t$

Pas plus de 4 points si des données ont été inventées, par exemple le point (0,0).

Au moins 4 si  $v = \Delta x / \Delta t$  a été reconnu

1 point en moins si les points correspondent à des nombres entiers ou si les axes n'ont pas été titrés.

## Réponses des élèves et Remarque

Plus de la moitié des élèves ont simplement tracé la position en fonction du temps et ont nommé le graphe « vitesse ». Nous ne savons pas si les élèves ont lu la question trop rapidement ou s'ils ont pensé qu'il s'agissait d'une question simple, ou alors un simple manque de compréhension du terme « vitesse ». Un très petit nombre d'étudiants ont divisé  $x$  par  $t$  en pensant ainsi trouver la vitesse, ce que nous avons anticipé (c'est la réponse de la majorité - 80% - des élèves d'université en première année à la même question!). C'est pourquoi nous n'avons pas commencé avec  $(x,t) = (0,0)$ . Quelques élèves seulement ont divisé le *changement* dans la position par le *changement* du temps, ce qui était la réponse correcte.

La moyenne était 0.4/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---

3. Décrivez le cycle du carbone dans la biosphère, et les rôles des organismes photosynthétiques. Utilisez 20 mots ou moins. Vous pouvez utiliser un diagramme pour vous aider.

### **Solution et notation.**

Un point pour chacune de ces *sources* de carbone (*maximum de 3*);

- respiration cellulaire/vie animale
- décomposition des animaux/plantes
- industrie/transport humains
- agriculture

Un point pour chacun de ces *consommateurs* de carbone (*maximum de 3*);

- photosynthèse/vie plantaire
- organismes marins
- dissolution dans les océans/lacs

Aucun point pour des termes incorrects ou pour des réponses impertinentes.

### **Réponses des élèves et Remarques**

Le but de la question était de savoir à quel point les élèves comprennent le concept du *cycle* du carbone dans la biosphère, et que ce cycle est naturel et anthropique. C'est pourquoi, pour obtenir plus de la moitié des points, il fallait identifier les sources et les consommateurs du carbone. Un peu plus de la moitié des élèves ont nommé au moins un de chaque, en général la photosynthèse et la respiration cellulaire, et environ un quart ont donné une réponse essentiellement complète.

La moyenne était 2.1/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---

4. Deux parents ont reçu les résultats d'un test de sang. Chaque parent est porteur de l'allèle récessif pour une maladie.

(a) Si leurs trois premiers enfants ont chacun la maladie, quelle est la probabilité que leur quatrième enfant aura aussi la maladie?

(b) Supposez maintenant que les parents n'ont pas d'enfants. S'ils veulent avoir quatre enfants, quelle est la probabilité que tous les quatre auront la maladie?

### **Solution et notation**

(a) Meilleure réponse :  $3/4$ ; les 3 premiers enfants n'ont aucun effet sur cette probabilité (*3 points*)

1 point pour  $1/4$

(b) Meilleure réponse :  $(1/4)^4 = 1/256$  ou 0.39% (*3 points*)

1 point pour avoir reconnu que la réponse était obtenue par multiplication.

## Réponses des élèves et Remarques

Cette question examinait la connaissance basique de la génétique, de la probabilité, et surtout, de la lecture soignée d'une question rédigée et de la traduction de celle-ci en une forme numérique.

Environ 25% des élèves ont trouvé la réponse correcte pour (a) et une proportion similaire ont mal lu la question (apparemment) et ont trouvé  $\frac{1}{4}$ . Légèrement moins d'entre eux ont trouvé la réponse correcte pour (b). Environ 25% des réponses pour (a) et (b) étaient clairement données au hasard; le reste n'ont simplement pas répondu.

La moyenne était 1.7/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---

5. Nous avons quatre cubes de dimensions et masses identiques. Leurs compositions sont :

- Aluminium, couvert de peinture blanche
- Aluminium, couvert de peinture noire
- Béton, couvert de peinture blanche
- Béton, couvert de peinture noire

(a) Chaque cube est laissé sur le toit d'une maison pendant quelques heures au soleil. Quel(s) cube(s) aura (auront) la(les) plus haute(s) température(s)? Basse(s) température(s)? Ou, auront-ils tous la même température?

(b) Tous les cubes sont laissés pendant quelques heures dans de l'eau bouillante. Quel(s) cube(s) aura (auront) la(les) plus haute(s) température(s)? Basse(s) température(s)? Ou, auront-ils tous la même température?

(c) Tous les cubes sont laissés pendant quelques heures dans de l'eau bouillante. Immédiatement après avoir été enlevés de l'eau, quel(s) cube(s) sera (seront) le(s) plus chaud(s) *au toucher*? Froid(s)? Ou, est-ce qu'ils seront tous pareils?

### Solution et notation

(a) Meilleure réponse: les deux noirs les plus élevés, les deux blancs les moins élevés (2 points)  
1 point pour avoir choisi un blanc et un noir

(b) Meilleure réponse : tous identiques (2 points)  
Zéro pour toute autre réponse

(c) Meilleure réponse: les deux en Aluminium les plus chauds, les deux en béton les plus froids (2 points)  
1 point pour avoir sélectionné un cube en Aluminium et un cube en béton

## Réponses des élèves et Remarques

La physique dans ce problème était que (a) la couleur détermine l'absorption de la radiation solaire, (b) les objets laissés en contact thermique et conducteur avec un environnement d'une température donnée atteignent cette température, quelles que soient leurs propriétés, et (c) la conductivité thermique détermine la chaleur perçue au toucher de deux objets à la même température.

Environ 20% des élèves ont correctement répondu à la question (a) et 40% pour (b) et (c). C'est un peu surprenant, étant donné que nous considérons la question (c) comme la plus difficile, (a) comme ayant une réponse connue par expérience et (b) étant accessible à l'élève familier avec la notion de température.

La moyenne était de 2.9/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---

6. Beaucoup de gens considèrent l'hydrogène comme le carburant du futur. Remplissez cette table avec les avantages et désavantages de l'hydrogène par rapport à l'essence.

Avantages	Désavantages
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

### Solution et notation

1 point pour chacun des avantages (*maximum de 3*):

- produit de l'eau quand il brûle
- haute densité d'énergie (ou que c'est léger)
- source infinie, et renouvelable
- aucun CO<sub>2</sub> produit / gaz qui contribue à l'effet de serre

1 point pour chacun de ces désavantages (*maximum de 3*)

- doit être produit artificiellement
- explosif
- difficile à garder
- la technologie n'est pas développée

Aucun point pour des termes incorrects ou pour les réponses impertinentes ou vagues (par exemple, « bon pour l'environnement »).

## Réponses des élèves et Remarques

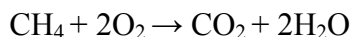
En conséquence de la publicité de l'hydrogène comme carburant, on voulait savoir le niveau de compréhension que les étudiants de secondaire 4 avaient de ses avantages et désavantages. La plupart des élèves ont écrit au moins une réponse dans chaque catégorie, mais la plupart des réponses étaient trop vagues pour obtenir des points dans le contexte d'un examen de science. Environ 3% des étudiants ont écrit trois avantages et désavantages acceptables.

La moyenne était de 2.3/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---

7. La compagnie de gaz m'a envoyé ma facture de chauffage pour l'année dernière. Elle m'a dit que j'ai utilisé une quantité de gaz naturels équivalente à 100GJ. En supposant que le gaz naturel est composé principalement de méthane (CH<sub>4</sub>), et que le méthane produit 50MJ d'énergie par kilogramme brûlé, quelle masse de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ai-je produite l'année dernière?

### Solution et notation



$$(100 \times 10^9) / (50 \times 10^6) = 2000 \text{ kg de CH}_4 \text{ brûler}$$

$$(2000 \times 10^3 \text{ g}) / (12 + 4 \text{ g/mol}) = 1.25 \times 10^5 \text{ moles CH}_4 \text{ brûler}$$

$$(1.25 \times 10^5) \times (1 \text{ CO}_2 / 1 \text{ CH}_4) \times (16 \times 2 + 12) = 5.5 \times 10^6 \text{ g CO}_2$$

$$(5.5 \times 10^6) / (10^3) = 5500 \text{ kg de CO}_2 \text{ produit.}$$

Alternative:  $2000\text{kg} \times 44/16 = 5500\text{kg CO}_2 \text{ produit.}$

Meilleure réponse : 5.5t or 5500kg (6 points)

-2 points pour les erreurs frivoles, par exemple dans la conversion de « g » à « kg ».

## Réponses des élèves et Remarques

Cette question est un exercice dans la chimie physique domestique, et est importante à comprendre afin de reconnaître sa propre contribution aux changements du climat. À l'exception des erreurs de calcul, cette question a bien été répondue. Beaucoup des erreurs étaient dues aux préfixes « k », « M » et « G ». Nous pensons que ces termes sont beaucoup utilisés dans la société moderne, et ne sont pas restreints uniquement au domaine scientifique, et donc que les étudiants devraient savoir leur signifiante. Une autre source d'erreur était dans l'expression correcte de la réaction chimique. Environ ¼ des étudiants n'ont rien écrit.

La moyenne était de 2.3/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---

**8.** Estimez combien de molécules d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sont tombées au Canada sous la forme de neige et de pluie l'année dernière. Soyez sûrs d'indiquer vos suppositions et montrez tout votre travail.

**Solution et notation**

- 1 point pour une estimation raisonnable de l'aire du Canada ( $10\text{M km}^2$ , dans un facteur de 10)
  - 1 point pour une estimation raisonnable de la précipitation (0.1m a quelques m d'eau)
  - 1 point pour la calcul correcte du volume
  - 1 point pour avoir su la densité d'eau ( $1000\text{kg m}^{-3}$ , dans un facteur de 10)
  - 1 point pour la conversion de la masse au nombre de molécules (diviser par  $18 \times 1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$ )
- 1 point pour la réponse finale de  $3 \times 10^{42}$  dans un facteur de 100.

**Réponses des élèves et Remarques**

Cette question « Fermi » teste la capacité des étudiants à calculer une réponse en faisant les estimations des quantités d'origine quotidienne. Moins de 10% des étudiants ont écrit suffisamment pour être considérés pour les points. Environ la moitié des étudiants ont simplement deviné une réponse, et les autres n'ont rien écrit. Quatre étudiants ont écrit une réponse qui était correcte dans un facteur de 100 de notre réponse, et ont donc reçu 6 points.

La moyenne était de 0.4/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---

**9.** Décrivez les événements d'un tremblement de terre. Veuillez utiliser 20 mots ou moins. Vous pouvez utiliser un diagramme pour vous aider.

**Solution et notation**

- 1 point pour avoir mentionné:
- glissement des roches
  - faille
  - plaques tectoniques
  - libération d'énergie
  - vibration
  - un diagramme relevant
  - etc.

Aucun point pour les réponses incorrectes, ou pour les réponses sans rapport à la question



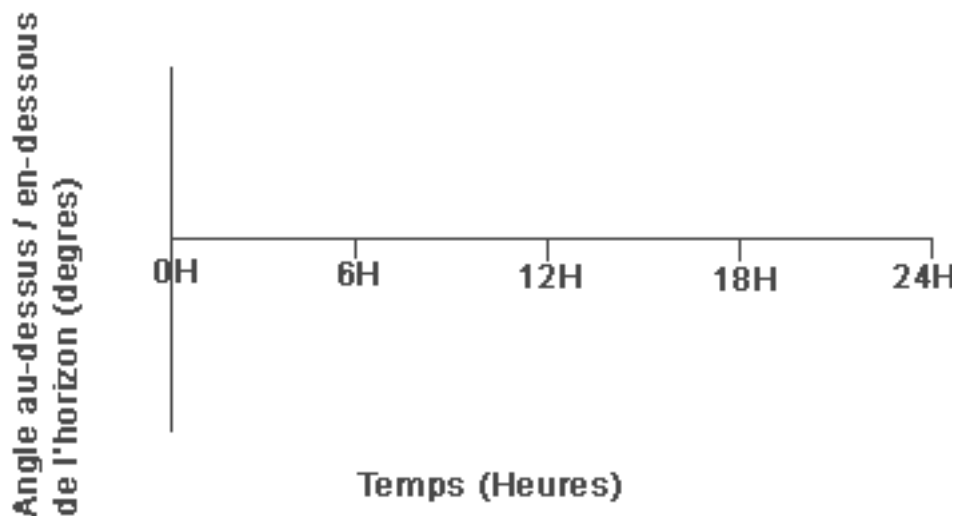
## Réponses des élèves et Remarques

Les tremblements de terre sont souvent dans les nouvelles. On voulait savoir si les étudiants savaient ce qu'était un tremblement de terre d'une perspective géologique. Plus de la moitié des étudiants ont mentionné le mouvement des plaques tectoniques.

La moyenne était de 2.75/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

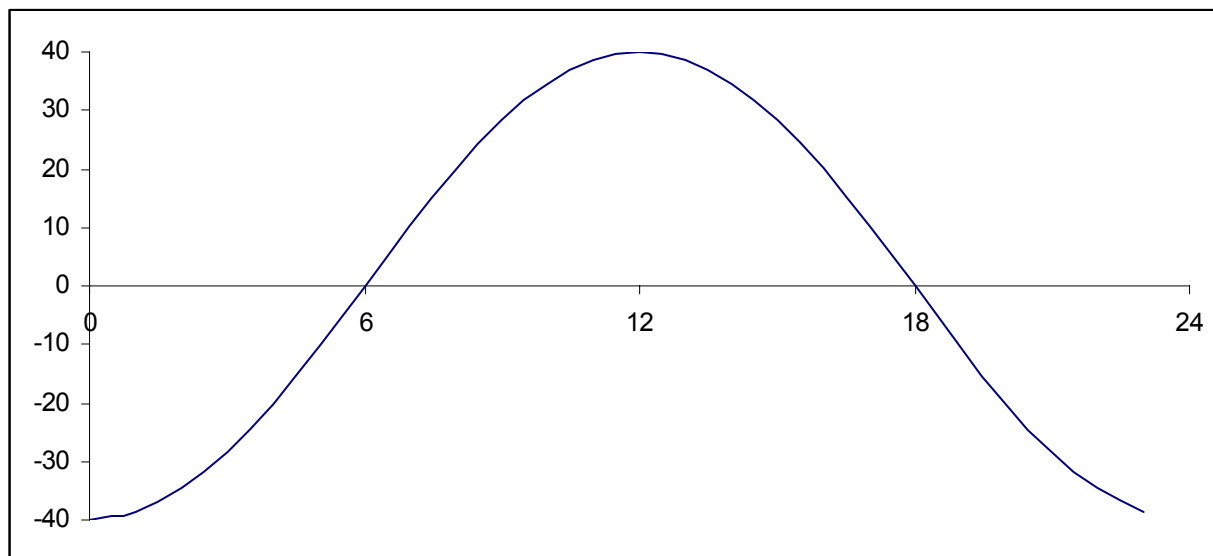
---

**10.** Dessinez un graphe pour représenter l'angle du soleil en dessous et au-dessus de l'horizon durant une période de 24 heures au temps d'équinoxe. Imaginez que vous-êtes à Winnipeg, Manitoba (latitude, 50°N, longitude, 97°W). Dans le graphe, les nombres positifs indiquent les angles au-dessus de l'horizon, et les nombres négatifs les angles au-dessous de l'horizon. Les heures correspondent au temps solaire (c'est à dire que le soleil est le plus haut a 12h.) Écrivez les nombres sur l'axe vertical.



## Solution et notation

Meilleure réponse:



Pour obtenir tous les points, le graphe doit être proportionnel, avec le maximum, minimum et titres corrects pour les axes.

Aucun point si l'élévation maximale est « 80 deg » ou « 360 deg » ou si il y a des discontinuités.  
Maximum de 3 points si l'élévation est « 90deg » ou n'est pas indiquée.

### Réponses des élèves et Remarques

Cette question examine la compréhension des élèves de la géométrie entre le soleil et la Terre. La difficulté est dans l'adaptation des compréhensions quotidiennes dans la forme d'un graphe. Beaucoup des élèves ont réalisé que le graphe était proportionnel et sinusoïdal, mais la plupart on écrit que le soleil était 90deg (ou 180 ou 360deg) au-dessus de l'horizon à midi en Winnipeg le 21 Mars. C'est aussi la réponse de la majorité des élèves de première année d'université (ils ne comprennent pas le mot équinoxe, et nous pensons que les élèves de secondaire 4 ont eu le même problème). Nous avons choisi Winnipeg parce que les chiffres sont faciles, mais la majorité des Canadiens vivent près de cette latitude et donc leurs expériences « solaires » sont similaires.

La moyenne était de 0.5/6; le maximum obtenu était 6/6 et le minimum 0/6.

---