

Défi Scientifique Michael Smith 2016

Analyse des résultats

Nicholas Larsen, Theresa Liao et Chris Waltham, UBC

Traduction : Nikita Bernier, UBC Department of Physics and Astronomy

University of British Columbia

Introduction

Le Défi Scientifique Michael Smith est un concours national de science pour les élèves de 4e secondaire (10e année) ou moins. Il a été mis à l'essai dans la province de la Colombie-Britannique en avril 2002 et a lieu à l'échelle nationale annuellement depuis. Le concours est conçu pour mettre au défi la pensée logique et créative des élèves avec un minimum de mémorisation. Le Défi Scientifique Michael Smith est le seul concours national couvrant toutes les disciplines scientifiques enseignées en 4e secondaire (10e année). Il est offert en anglais et en français.

Cette année, 167 enseignants de dix provinces se sont inscrits au concours. Un total de 1 781 élèves ont participé, 50% étant des filles et 50%, des garçons.

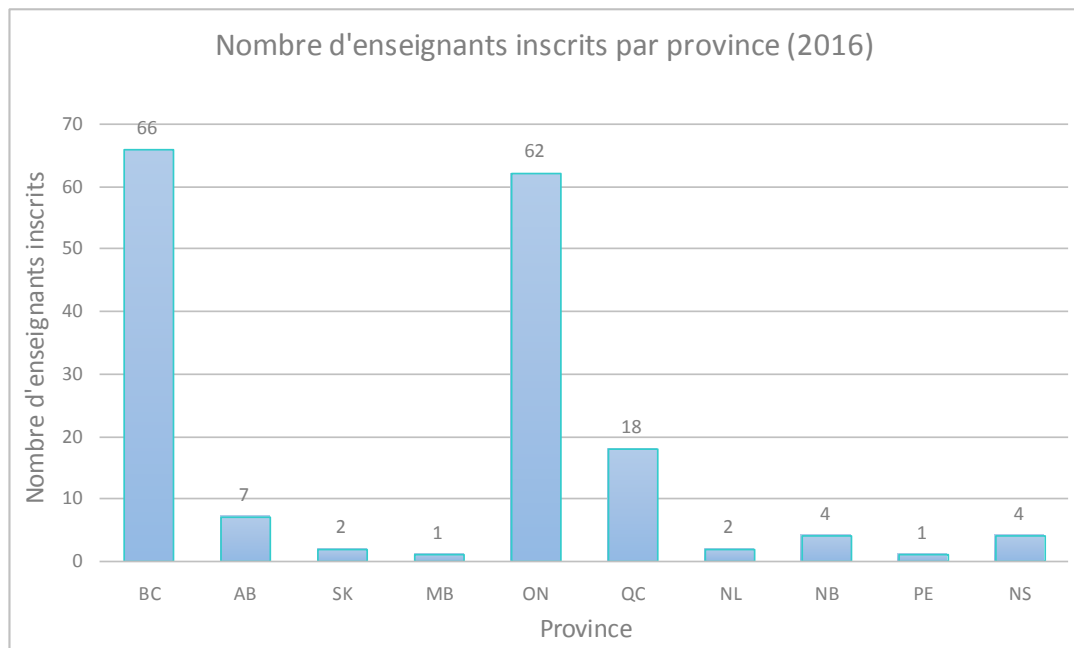


Figure 1 : Le nombre d'enseignants inscrits au Défi Scientifique Michael Smith 2016 par province.

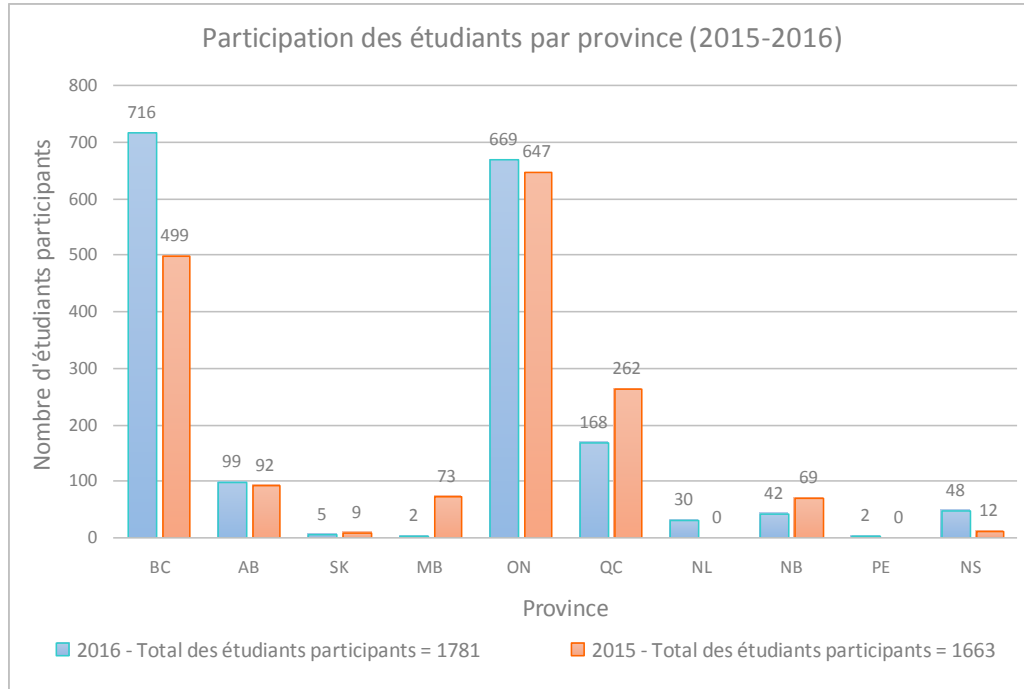
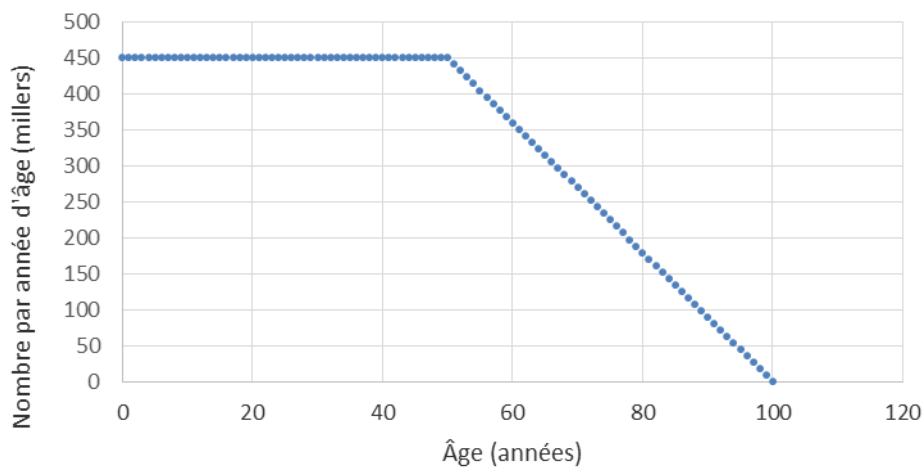


Figure 2 : Participation des étudiants au Défi Scientifique Michael Smith 2015 et 2016 par province.

Le Concours

Question 1



Distribution des points :
4 points (partie A)
4 points (partie B)
4 points (partie C)
4 points (partie D)
4 points (partie E)
Maximum: 20/20 (92 étudiants)

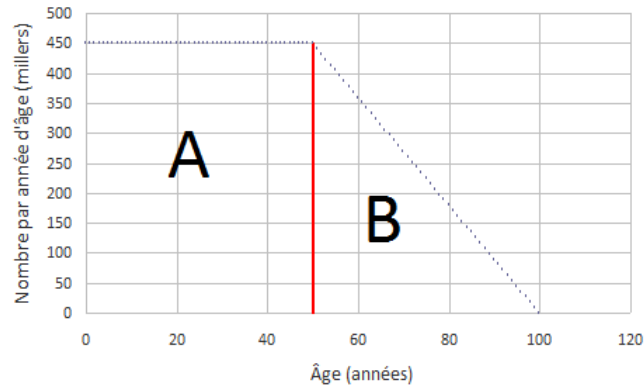
La distribution approximative de l'âge de la population canadienne est

représentée dans cet histogramme :

Par exemple, il y a environ 450 000 d'entre nous qui sont âgés de 20 ans (c'est-à-dire nés il y a entre 20 et 21 ans), mais seulement environ 250 000 âgés de 72 ans.

En utilisant seulement les données présentées dans cet histogramme, veuillez répondre aux questions suivantes, en décrivant brièvement votre raisonnement :

(a) Quelle est la population totale du Canada ?



La population totale du Canada peut être déterminée en trouvant l'aire de la section rectangulaire A et de la section triangulaire B :

$$(50)(450\ 000) + \left(\frac{1}{2}\right)(50)(450\ 000) = 33\ 750\ 000$$

Erreurs fréquentes :

- Environ le quart des élèves a donné 35 000 000 comme réponse, ce qui est la population actuelle selon Wikipédia, bien que les étudiants savaient sans doute le nombre de mémoire.
- La méthode la plus courante essayée pour déterminer la population totale a été décrite par les étudiants comme "l'addition des points", c'est-à-dire en additionnant la population de chaque année. Bien que cela donne des indices sur leur compréhension du fait que l'aire du graphique représente la population totale, cela conduisait presque toujours à une réponse incorrecte.

(b) Quel est le pourcentage de la population canadienne qui est âgé de 50 ans ou moins ?

Le pourcentage des Canadiens âgés de 50 ans ou moins déduit de l'histogramme est de 66,7%. Cela peut être trouvé en divisant la population de la section A de l'histogramme par la population totale et en convertissant ce nombre en pourcentage.

Erreurs fréquentes :

- Environ le 1/5 des étudiants a répondu 2/3 à la question, alors que ce n'est pas faux, la question demandait un pourcentage, et donc seulement trois points ont été accordés dans ce cas.
- La majorité des réponses incorrectes pour cette partie était due à une réponse incorrecte pour la partie (a). Aucun point n'a été déduit pour cela si l'étudiant démontrait une compréhension de la façon de déterminer le pourcentage.

- (c) S'il n'y avait pas d'immigration au ou d'émigration du Canada, combien de Canadiens devraient naître chaque année pour maintenir l'aspect de cet histogramme pour l'avenir prévisible ?

Pour maintenir l'aspect de l'histogramme, 450 000 personnes doivent naître chaque année. Ceci est dû au fait qu'à l'heure actuelle, 450 000 personnes sont âgées de zéro à un an sur l'histogramme, alors cela ne peut pas changer.

Erreurs fréquentes :

- Certains étudiants ont simplement donné un mauvais ordre de grandeur en raison d'une erreur de lecture des axes du graphique; une partie des points ont été attribuées dans ce cas.

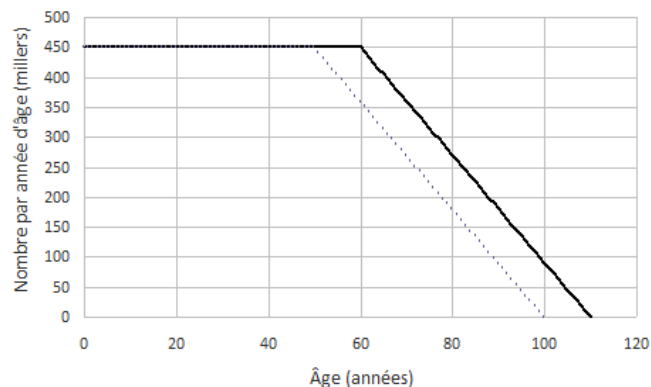
- (d) S'il n'y avait pas d'immigration au ou d'émigration du Canada, combien de Canadiens devraient mourir chaque année pour maintenir l'aspect de cet histogramme pour l'avenir prévisible ?

Ce nombre est le même que le nombre de Canadiens qui aurait à naître : 450 000. Pour maintenir l'aspect de l'histogramme, la variation nette de la population doit être nulle, et donc le nombre de personnes ajouté à la population doit correspondre au nombre de personnes retiré. Si ces deux nombres ne sont pas égaux, la population augmenterait ou diminuerait et ainsi modifieraient l'histogramme.

Erreurs fréquentes :

- Un quart des participants ont donné une réponse de l'ordre de 10 000 000 parce que c'est le nombre de personnes de plus de 50 ans qui commence à mourir.
- La moitié des élèves ne se sont pas rendu compte que les réponses aux parties (c) et (d) devaient être les mêmes. Pour avoir donné des réponses incorrectes mais égales pour les parties (c) et (d), deux points ont été accordés (environ 20% des réponses).

- (e) Certains chercheurs médicaux pensent qu'ils peuvent guérir le vieillissement. Si personne ne meurt à partir de maintenant, quel serait l'aspect de l'histogramme dans 10 ans (en supposant que tout reste le même, et pas d'immigration/émigration) ? Tracez la nouvelle ligne sur l'histogramme ci-dessus.



Puisque personne, à tous âges, n'est en train de mourir, la forme de la section B de l'histogramme ne change pas, elle est tout simplement poussée vers la droite de dix ans puisque 450 000 bébés naissent encore chaque année.

Erreurs fréquentes :

- Alors qu'il y avait une grande variété de réponses à cette question, les deux erreurs les plus fréquentes étaient : (i) de simplement continuer la ligne horizontale à 450 000 sur l'axe des y jusqu'à l'âge de 100 ans, et (ii) de dessiner une ligne diagonale vers le haut à partir de l'âge de 100 ans avec la même pente que la ligne vers le bas entre 50 et 100 ans. Chaque erreur a été faite par environ 20% des étudiants.

Question 2

Nous, les Canadiens, gaspillons chacun environ 100 kg de glucides alimentaires par an. Si ces glucides sont composés de manière anaérobie, la moitié des atomes de carbone se retrouve sous forme de dioxyde de carbone (CO₂) et la moitié finit en méthane (CH₄).

Distribution des points :
20 points
Maximum : 20/20 (92 étudiants)

Les besoins en énergie d'une petite maison unifamiliale est typiquement 0,3 GJ par jour en moyenne sur un an. Combien de temps une telle maison pourrait être alimentée en énergie par le compostage 100 kg de glucides ?

Le rapport approximatif de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dans les glucides, C:H:O, est de 1:2:1.

L'enthalpie de combustion du CH₄ (c'est-à-dire le « contenu énergétique ») est de 55 MJ/kg.

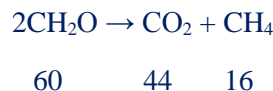
Les informations suivantes étaient données aux étudiants :

Élément	Symbole	Masse atomique
Hydrogène	H	1
Carbone	C	12
Oxygène	O	16

La décomposition des glucides peut être représentée par la formule chimique suivante, qui peut être déduite de l'information selon laquelle la moitié des atomes de carbone se retrouvent dans le dioxyde de carbone et l'autre moitié en méthane :



L'énergie peut être ainsi extraite des glucides compostés avec la collecte et la combustion du méthane.



En additionnant les masses atomiques données, nous pouvons utiliser cette formule pour trouver que 60 kg de glucides produisent 16 kg de méthane, et donc 100 kg de glucides produiraient $(100/60)(16) = 26,67$ kg de méthane (une valeur de 27 kg a été acceptée).

Pour trouver l'énergie générée par cette masse de méthane, nous la multiplions par l'enthalpie de combustion.

$$(26.67 \text{ kg})\left(\frac{55 \text{ MJ}}{\text{kg}}\right) = 1467 \text{ MJ} = 1.467 \text{ GJ}$$

Si une maison a besoin de 0,3 GJ / jour, alors 26,67 kg de méthane peuvent la fournir pour une période de temps T , donnée par :

$$T = \frac{1.467 \text{ GJ}}{0.3 \text{ GJ/day}} = 4.89 \text{ Days}$$

L'énergie produite à partir du méthane durerait environ cinq jours pour un ménage.

Erreurs fréquentes :

- Environ 2/3 des étudiants ont divisé les 100 kg de glucides en deux, indiquant que 50 kg finissaient en méthane. Cela menait à une réponse de neuf jours.
- Certains étudiants ont utilisé les fractions atomiques des glucides pour en déduire qu'il y avait 25 kg de carbone, 50 kg d'hydrogène et 25 kg d'oxygène.
- Le 1/4 des élèves a déclaré qu'il ne pouvait pas répondre à la question parce que l'enthalpie de combustion du CO_2 n'était pas fournie. On ne peut pas brûler le CO_2 , malheureusement.
- Des points ont été attribués pour la compréhension des concepts impliqués dans la question, même si répondu incorrectement. Par exemple, si les élèves ont démontré qu'ils comprenaient la conversion de GJ à MJ, ou s'ils ont écrit la formule chimique correcte pour la décomposition des glucides en méthane et en dioxyde de carbone.
- Beaucoup d'étudiants ont démontré qu'ils comprenaient que la moitié de la masse de carbone irait en méthane et en la totalité de la masse d'hydrogène, mais ont simplement calculé des valeurs incorrectes pour ces masses.

Question 3

Au cours des dernières semaines, les astronomes ont été excités par la possibilité qu'il y ait une grande planète ayant un rayon orbital vingt fois plus grand que celui de Neptune. La planète pourrait être une géante gazeuse comme Neptune ou une planète rocheuse, comme d'autres petits objets au-delà de Neptune. La perturbation gravitationnelle des planètes mineures connues indique que sa masse pourrait être dix fois celle de la Terre.

Distribution des points :

6 points (partie A)

4 points (partie B)

10 points (partie C)

Maximum : 20/20 (32 étudiants)

(a) Pourquoi ne l'avons-nous pas déjà trouvée ? Encerclez toute explication raisonnable :

- I. Nos télescopes ne peuvent pas voir si loin.
- II. Elle est trop loin pour que la lumière nous rejoigne; la lumière se perd en chemin.
- III. La lumière de la planète n'a pas eu le temps de se rendre à nous encore.

- IV. Elle reçoit trop peu de lumière du Soleil pour en refléter suffisamment afin que nous puissions la voir facilement.
- Ⓟ Il y a trop d'objets aussi sombres et nous devrions savoir précisément où chercher pour dire de quel objet il s'agit; notre compréhension de cette partie du Système Solaire n'est pas encore très bonne.
- Ⓟ Elle prend tellement de temps pour faire le tour du Soleil, se déplaçant trop lentement à travers le ciel pour en faciliter l'identification comme étant une planète.

Pour cette partie de la question, deux points ont été accordés pour chaque réponse correcte, jusqu'à un maximum de six points.

Erreurs fréquentes :

- Cette partie a été bien répondue, avec seulement quelques étudiants ne recevant aucun point. Un quart des participants a choisi les réponses (I-III), mais pas (IV-VI), révélant des lacunes dans leurs connaissances générales sur la lumière et de l'importance relative du système solaire par rapport à tout l'univers visible.

- (b) Une fois identifiée, comment pensez-vous que nous allons d'abord savoir si elle est une géante gazeuse ou une planète rocheuse ?

Encercler toute explication raisonnable :

- Ⓛ Nous allons envoyer un satellite pour aller regarder.
- Ⓜ Si nous voyons des roches à la surface, il s'agit d'une planète rocheuse.
- Ⓜ Si elle a des cratères, il doit s'agir d'une planète rocheuse.
- Ⓟ Si elle a plusieurs lunes, il doit s'agir d'une géante gazeuse.
- V. Les géantes gazeuses ne sont constituées que de gaz, donc elles sont presque invisibles comparativement à la roche.
- Ⓟ Les géantes gazeuses sont beaucoup plus grandes que les planètes rocheuses pour la même masse et elles sont donc beaucoup plus lumineuses.

L'énoncé (VI) est le plus susceptible d'être la première indication que nous recevons sur la nature de cette planète. Cependant, (I-IV) sont possibles dans un avenir plus lointain. Par conséquent, un point a été attribué pour avoir encerclé chacun des énoncés (I-IV) et quatre points ont été attribués pour (VI). Aucun point n'a été donné pour (V) même si (VI) a été choisi, les deux étant mutuellement exclusifs. Un maximum de quatre points pourrait être obtenu; si (I), (II) et (VI) ont été encerclés par exemple, quatre points seraient attribués.

Erreurs fréquentes :

- Alors que de nombreux étudiants ont fortement réussi cette question, ceci est dû principalement au choix des quatre premières réponses. La sixième réponse a été choisie par environ le tiers des étudiants.
- Seulement environ 5% des étudiants ont sélectionné (V), sans se rendre compte que la planète la plus brillante visible dans le ciel nocturne, à l'exception de notre proche voisine Vénus, est la plus lointaine géante gazeuse Jupiter.

- (c) Si cette planète était rocheuse avec la même structure interne de la Terre, quel serait son diamètre? Le diamètre de la Terre est de 13 000 km.

En utilisant la masse de la Terre (M_E) et la formule pour le volume d'une sphère (c'est-à-dire en reconnaissant que la masse change comme le cube du diamètre), nous pouvons trouver l'équation suivante (où d_E est le diamètre de la Terre et d_9 est le diamètre de la 9e planète) :

$$\frac{d_9^3}{d_E^3} = \frac{M_9}{M_E}$$

$$\frac{d_9^3}{(13,000 \text{ km})^3} = \frac{10M_E}{1M_E}$$

Puisque les unités de la masse de la terre (M_E) s'annulent, nous pouvons résoudre cette équation pour notre variable d_9 . Nous constatons que le diamètre de la 9e planète serait approximativement de 28 000 km.

Erreurs fréquentes :

- Environ 2/3 des étudiants ont multiplié le diamètre par un facteur 10, indiquant que, puisque la structure interne est la même, cela veut dire que la densité est la même et donc le diamètre doit croître linéairement avec la masse. Bien que cela ait démontré une compréhension qu'une mise à l'échelle était nécessaire, le diamètre ne change pas linéairement avec la masse. Une partie des points a été attribuée pour ceci.
- Certains étudiants ont déclaré qu'ils ne savaient pas la masse de la Terre et ne pouvaient donc pas répondre à cette question.
- Le quart des élèves ont saisi le concept de mise en place d'une équation à résoudre pour la variable du rayon, mais ont simplement utilisé une formule incorrecte pour le volume d'une sphère, en utilisant R ou R^2 au lieu de R^3 .

Remarque : une analyse récente supposant que l'intérieur de la planète 9 est similaire d'Uranus et de Neptune donne un diamètre, beaucoup plus grand, de 97 500 000 km.

<http://www.bbc.com/news/science-environment-35996813>

Question 4

Le noyau atomique est constitué de protons chargés positivement et de neutrons électriquement neutres liés par une force mystérieuse (« FM ») dans un espace minuscule, le noyau, qui est beaucoup plus petit que l'atome lui-même. Nous pouvons apprendre quelque chose à propos de cette force en faisant quelques observations :

1. Les neutrons et les protons ne volent pas individuellement hors du noyau spontanément.
2. Les électrons chargés négativement sont en orbites stables autour du noyau, tenues par l'attraction électrostatique, et ne collent pas au noyau.
3. Les noyaux atomiques existent de façon stable seulement jusqu'à la certaine taille (ex : ^{209}Bi), puis ils tombent en morceaux spontanément (ex : ^{238}U).
4. Les atomes les plus courants ont plus ou moins le même nombre de protons et de neutrons (ex : ^{12}C , ^{16}O).

Distribution des points :
20 points
Maximum : 20/20 (169
étudiants)

Que pouvez-vous déduire des observations ci-dessus ? Voici quelques possibilités :

- (a) La FM est comme la force électrostatique, sauf que les charges positives s'attirent.
- (b) La FM peut ne rien à voir avec la charge électrique.
- (c) La FM doit être beaucoup plus faible que la force électrostatique.
- (d) La FM doit être beaucoup plus forte que la force électrostatique.
- (e) La FM en est une d'attraction qui n'affecte que les neutrons.
- (f) La FM en est une d'attraction qui affecte autant les protons que les neutrons.
- (g) La FM semble plus forte en présence à la fois de protons et de neutrons.
- (h) La FM doit avoir une courte portée, beaucoup plus petite que le rayon d'un atome.
- (i) La FM doit avoir une très longue portée, beaucoup plus grande que le rayon d'un atome.

Formez autant de paires d'observations et de déductions que vous jugiez pertinentes :

Observation utilisée comme preuve	Déduction
ex : (2)	ex : (a)
1-4	B
1	D
1 & 4	F
4	G
3 & 2	H

Chaque paire correcte valait quatre points. Par exemple, les élèves choisissant 1B, 3B et 3H ont reçu 12 points. Cependant, si un étudiant jumelait une observation avec deux déductions mutuellement exclusives, aucun point n'était attribué, même pour une bonne réponse. Les déductions mutuellement exclusives sont les suivantes :

- C & D
- E & F
- H & I

Seules les 6 premières réponses ont été comptées puisque c'était le nombre d'espaces disponible.

Erreurs fréquentes :

- Une paire formée de 1 & A a été choisie par le tiers des élèves et impliquait une trop grande généralisation; nous pouvons seulement en déduire que la FM a une propriété qui est assez forte pour surmonter la répulsion de la force électrostatique des protons.
- Une autre sélection fréquente était formée de 3 & I, démontrant une méconnaissance des proportions des différentes parties de l'atome. Le noyau occupe une très petite fraction du volume total d'un atome, qui est principalement occupé par un nuage d'électrons.

Résultats finaux

La distribution des résultats est présentée à la figure 3. La moyenne était de 40.0% et l'écart-type était de 14.1%. Le résultat moyen pour chaque question est présenté à la figure 4.

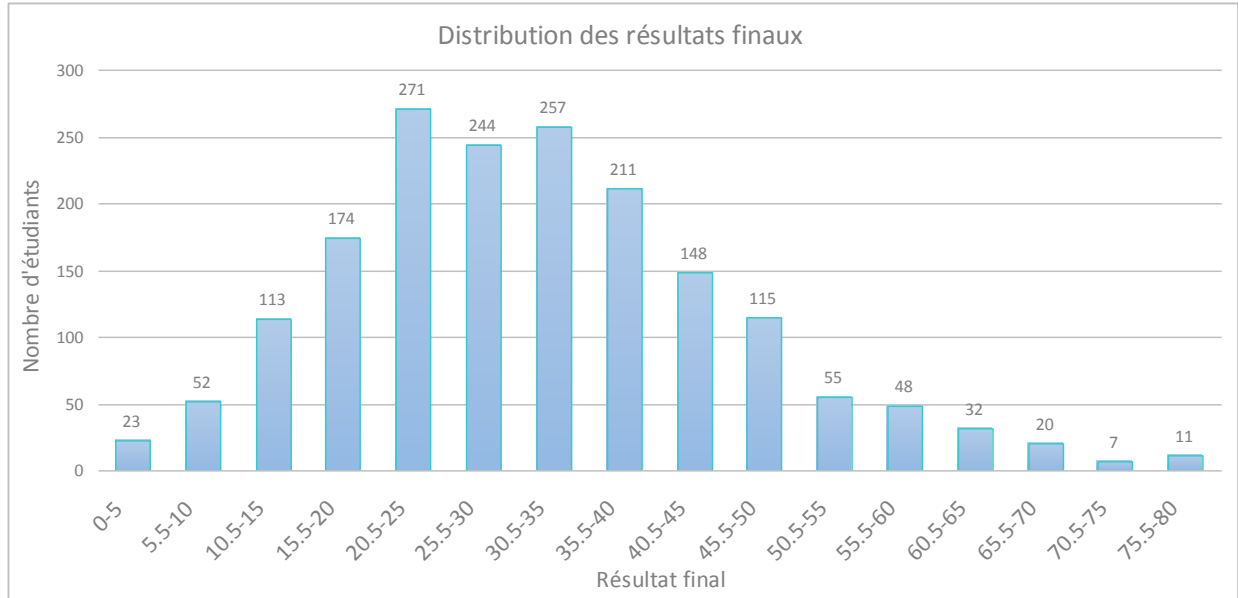


Figure 3 : La distribution des résultats finaux. Le résultat obtenu le plus élevé était de 100% (deux étudiants).

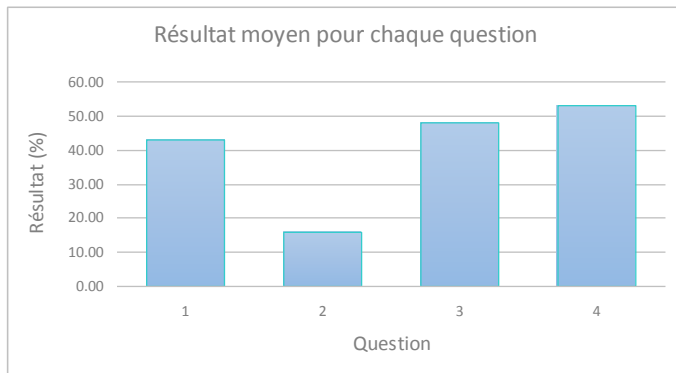


Figure 4 : Le résultat moyen (en pourcentage) pour chacune des quatre questions.

Prix

Cette année, deux étudiants ont obtenu la note maximale de 80/80; chacun a reçu un prix de 500\$. L'élève en 3^e place a reçu 100\$. L'élève ayant obtenu le meilleur résultat de chaque province et qui n'a pas reçu un prix national a été décerné 100\$. En Colombie-Britannique, quatre étudiants ont obtenu la meilleure note de la province, alors quatre prix de 50\$ ont été décernés. Les enseignants de tous les élèves gagnants ont reçu un prix de 50 \$. Tous les gagnants, étudiants et enseignants, ont reçu des certificats.

Des certificats ont été décernés aux étudiants ayant obtenu les 10%, 3%, et 1% des notes les plus élevées (c'est-à-dire ceux et celles qui ont obtenu 50/80 points ou plus, 52/80 points ou plus, et 71/80 points ou plus, respectivement).

Référence

<http://outreach.phas.ubc.ca/exams-and-competitions/michael-smith-challenge/ms-french/>