

Introduction

Le Défi Scientifique Michael Smith est un concours national bilingue de science pour les étudiants 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 à chaque année depuis. Le concours est conçu pour mettre au défi la pensée logique et créative des étudiants 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).

Un total de 1438 étudiants a participé cette année, en provenance de 8 provinces et de 133 enseignants.

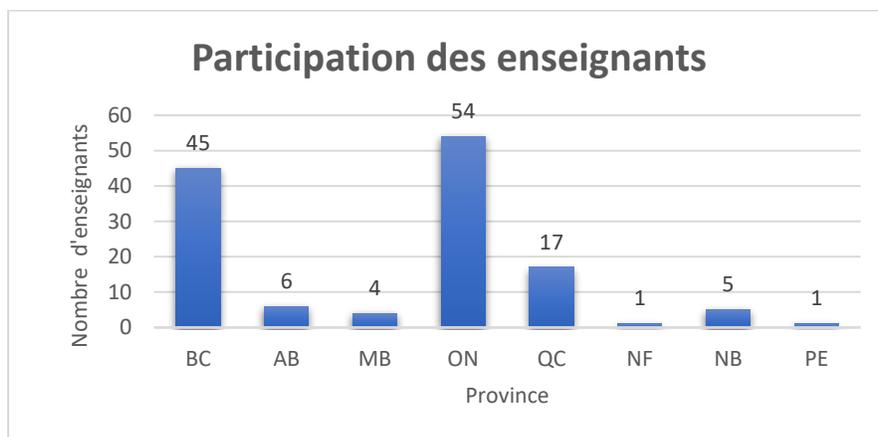


Figure 1: Nombre d'enseignants participant par province

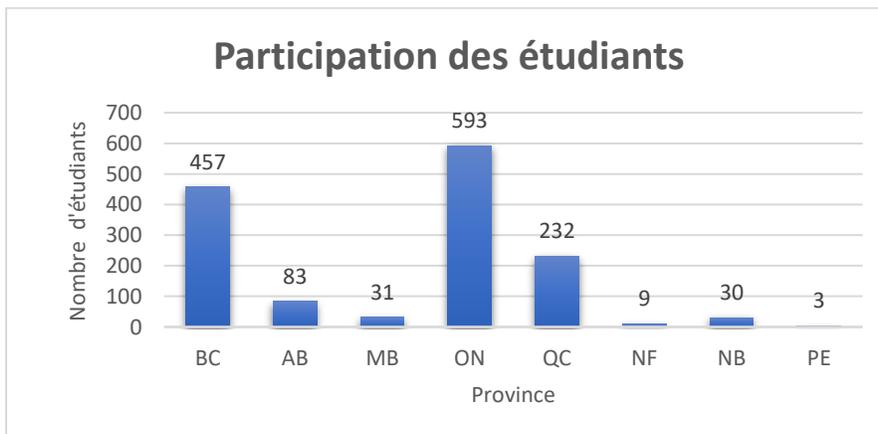


Figure 2: Nombre d'étudiants participant par province

Résultats

En considérant les notes sur 80 points, la moyenne était de 24.5, le mode était de 27 et la médiane était de 24. 10% des étudiants ont eu 41 points ou plus (montré en vert).

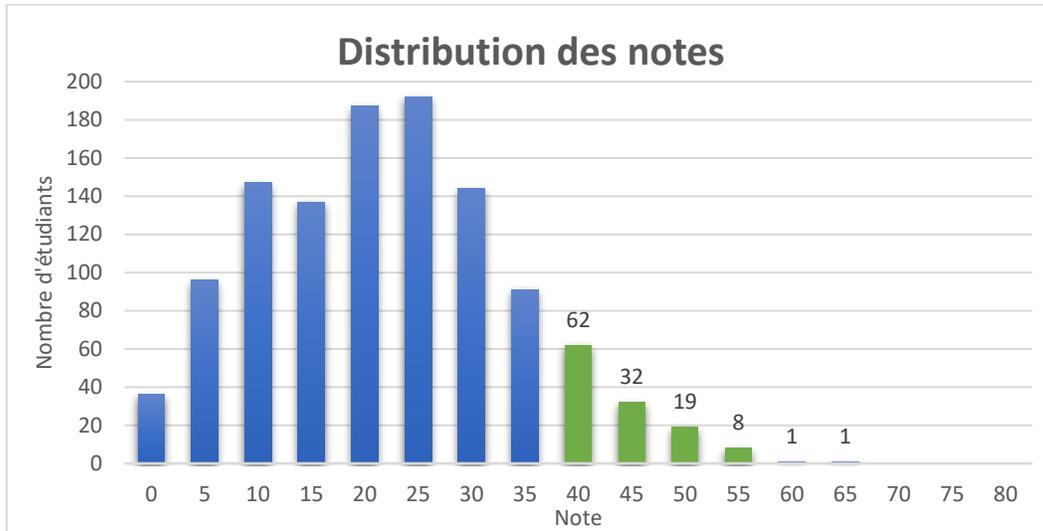


Figure 3: Distribution des notes totales.

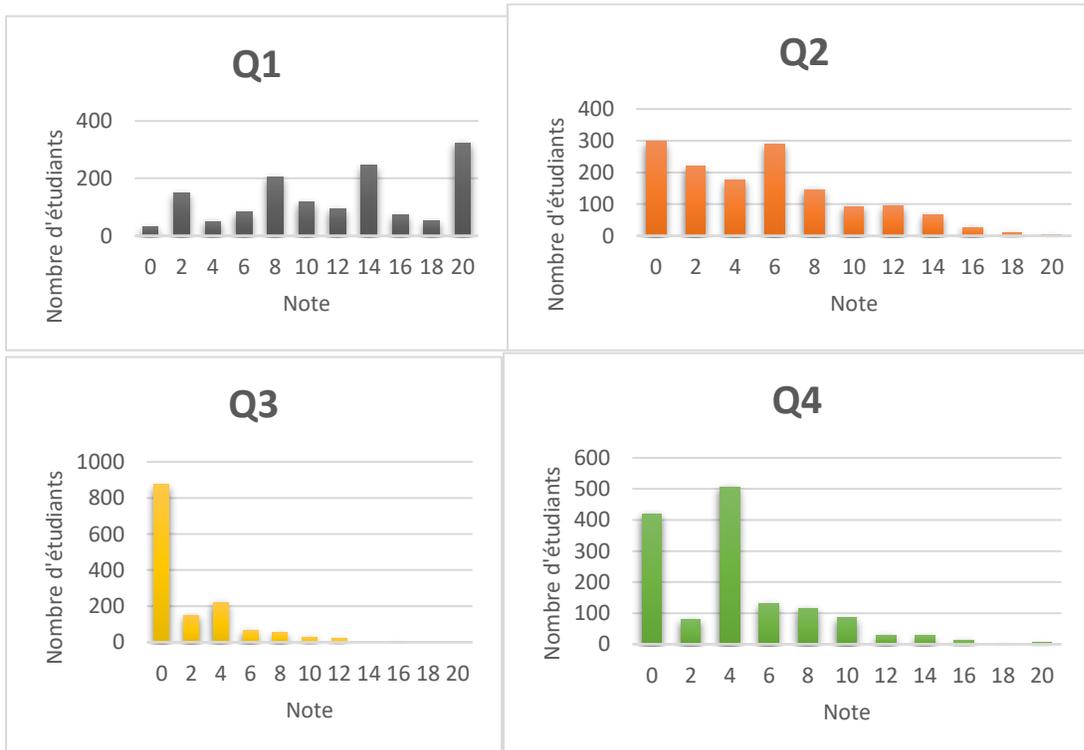


Figure 4: Distribution des notes pour chaque question. Remarquez que la distribution de la Q3 est la seule à ne pas avoir de pic significatif au-dessus 0.

Question 1 :

En janvier 2020, deux personnes ont préparé un « sandwich à la Terre », où elles ont chacune placé un morceau de pain sur des côtés opposés de la Terre. Une personne était à l'endroit A (37° S, 175° E) et l'autre était à l'endroit B (37° N, 5° W). Nous proposons que le prochain sandwich à la Terre ait une de ses tranches à Vancouver, CB (49° N, 123° W).

Distribution des notes

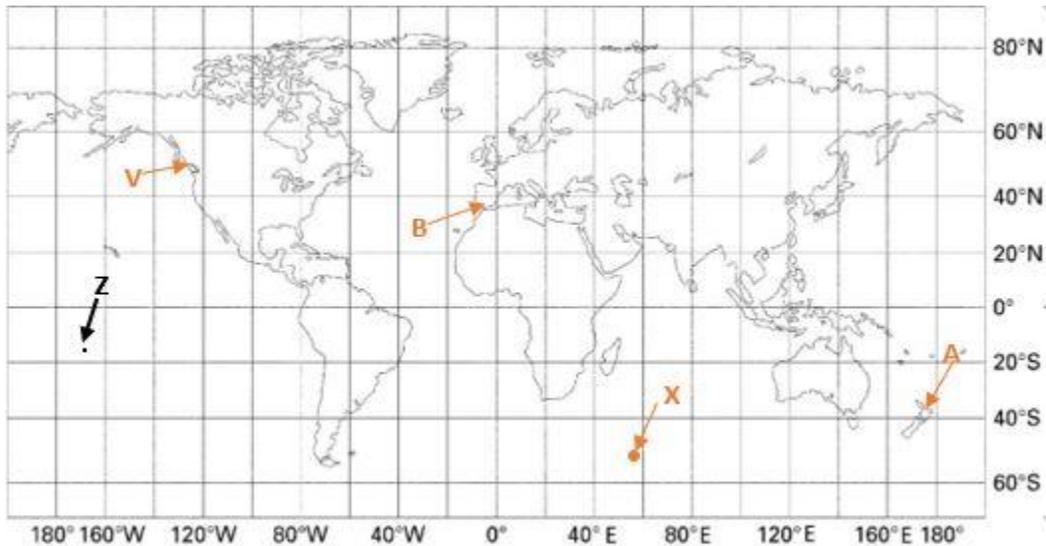
(a) 3 points

(b) 12 points

(c) 5 points

Moyenne: 12.3/20

Meilleure note: 20/20 (324 étudiants)



- a) Sur la carte, identifiez clairement les endroits A et B et identifiez Vancouver avec un « V ». Utilisez une pointe de flèche et un point pour marquer les positions, comme la position « Z » sur la carte.

But de la question :

Cette question visait à tester si les élèves pouvaient convertir correctement différentes représentations du même point.

Correction :

Tous les points ont été attribués aux étudiants qui ont correctement identifié A, B et V tels qu'indiqués sur la carte ci-dessus. Autrement, 1 point a été attribué pour chaque emplacement identifié correctement. Pour être considéré comme correct, l'emplacement identifié doit être dans la case de $20^\circ \times 20^\circ$, car ce sont les seules informations qui pourraient être utilisées pour trouver l'emplacement.

Erreurs fréquentes :

Cette question était généralement bien réussie. La seule erreur fréquente a été d'inverser les directions cardinales (Nord-Sud ou Est-Ouest).

- b)** Donnez les coordonnées de l'endroit où la tranche opposée à Vancouver devrait être placée et identifiez-le sur la carte avec un « X ». Donnez votre réponse dans la case suivante.

(49° S, 57° E)

But de la question :

Cette question visait à tester la capacité de reconnaître une relation linéaire entre deux points, de l'appliquer à un autre point et de réutiliser les compétences de la partie (a).

Correction :

Tous les points ont été attribués si les deux coordonnées étaient correctes, avec leurs emplacements correspondants identifiés avec précision sur la carte (mêmes critères de correction que la partie (a)). Autrement, des notes partielles ont été attribuées pour une coordonnée correcte (49° S ou 57° E), ainsi que pour identifier la coordonnée sur la carte.

Le score le plus courant pour la partie (b) était de 6/12, car de nombreux élèves ont correctement identifié la latitude en face de Vancouver (49° S) et l'ont indiquée avec précision sur la carte.

Erreurs fréquentes :

- Inverser la direction de la longitude d'Est en Ouest, même si cela est clairement faux sur la base de l'exemple fourni.
- Placer l'antipode de Vancouver dans l'hémisphère nord (49° N, __° __)

- c)** Pour un sandwich à la Terre commençant quelque part en Amérique du Sud (x° S, y° W), donnez une formule en termes de x et y pour les coordonnées de l'autre tranche. Donnez votre réponse dans la case suivante.

(x° N, $180 - y^\circ$ E)

But de la question :

Cette question visait à exercer la capacité de généraliser les résultats de la partie (b). Les résultats de cette question devraient suivre de près ceux de la partie b), car ils sont en quelque sorte la même question.

Correction :

Tous les points ont été attribués si les formules des deux coordonnées étaient correctes. Des notes partielles ont été attribuées si l'une des coordonnées était correcte. Les notes étaient attribuées uniquement pour les formules parfaitement correctes, car elles pouvaient être vérifiées avec les points fournis.

Étonnamment, 28% des participants ont obtenu des notes parfaites pour la partie (c), mais pas pour la partie (b). Cela suggère que les élèves ne vérifient pas leur réponse à la partie (b) avec la formule dérivée dans la partie (c).

À l'inverse, 10% des élèves ont obtenu la note maximale pour la partie (b), mais n'ont pas réussi à généraliser pour la partie (c). Cela est probablement dû au fait qu'ils se basent sur l'intuition plutôt que sur des équations, conduisant à des réponses injustifiées.

Erreurs fréquentes :

- Inverser le signe de l'expression de longitude (ex : $y - 180^\circ$ E).
- Penser que la longitude variait de $[170^\circ$ W, 170° E] (ex : $170 - y^\circ$ E). L'origine de cette erreur est inconnue et surprenante étant donné que toute la plage $[180^\circ$ W, 180° E] est indiquée sur la carte.

Ces réponses n'ont pas obtenu de points, puisque les coordonnées fournies pouvaient être utilisées pour vérifier les formules.

Question 2 :

Le tableau ci-dessous montre les effets de l'altitude sur la densité de l'air et les performances aérobies des athlètes non acclimatés. Les deux ensembles de données sont mis à l'échelle de sorte que 100% correspond aux valeurs respectives au niveau de la mer (0 m). Écrivez vos réponses dans les cases ci-dessous.

Distribution des notes

(a) 6 points

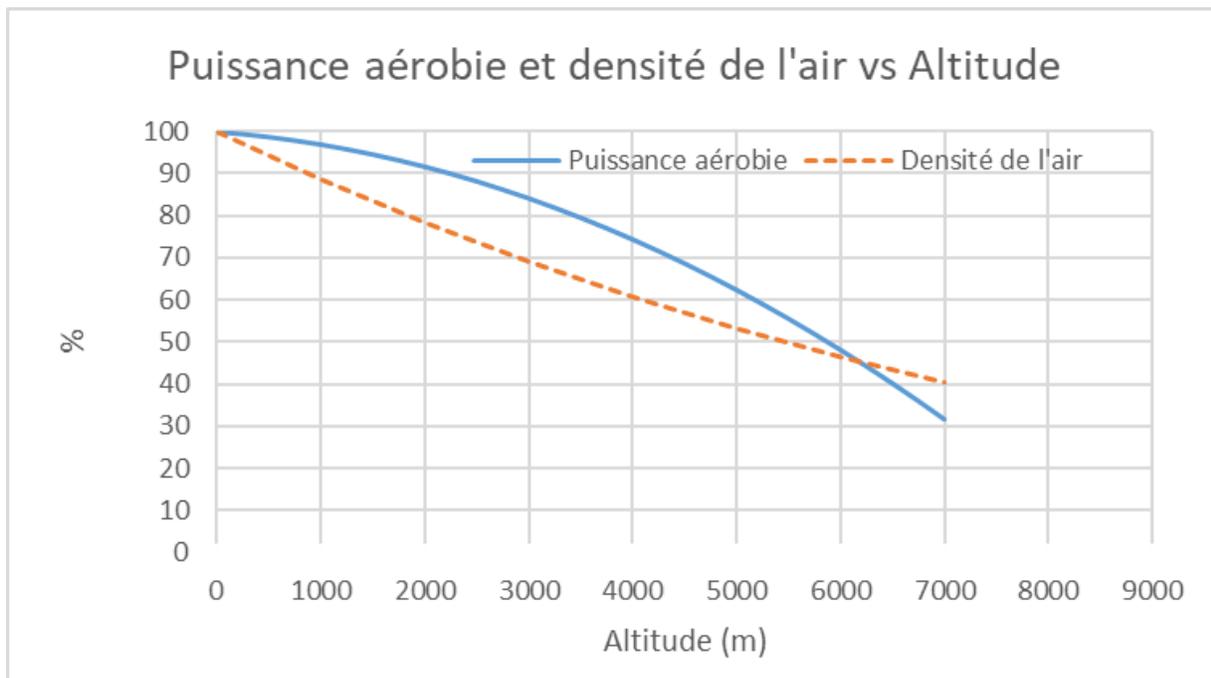
(b) 6 points

(c) 4 points

(d) 4 points

Note moyenne: 5.8/20

Meilleure note: 20/20 (3 étudiants)



- a) Décrivez brièvement la raison principale pour laquelle les performances aérobies changent avec l'altitude.

À mesure que l'altitude augmente, la densité de l'air diminue et donc la densité de l'oxygène disponible diminue. Moins d'oxygène entraîne une diminution des performances.

But de la question :

Cette question visait à tester si les élèves pouvaient utiliser un paramètre pour expliquer le comportement d'un autre. La puissance aérobie dépend de la densité de l'oxygène, qui dépend de la densité de l'air, qui dépend de l'altitude - l'élève doit expliquer qualitativement ces relations.

Correction :

Tous les points ont été attribués pour la logique suivante :

Augmentation de l'altitude → diminution de la densité de l'air → moins d'oxygène → diminution des performances

Des notes partielles ont été attribuées pour des arguments moins spécifiques, s'ils suivaient une structure similaire :

Augmentation de l'altitude → diminution de la densité de l'air → diminution des performances

Erreurs fréquentes :

- Confusion des performances aérobies avec les performances globales et dire que la diminution de la densité/trainée de l'air augmente les performances aérobies

Meilleure réponse :

"Comme la densité de l'air diminue avec l'altitude, tel qu'indiqué ci-dessus, moins d'oxygène pénètre dans les poumons par respiration, ce qui réduit les performances aérobies."

- b)** Les Jeux olympiques d'été de 1968 ont eu lieu à Mexico à 2240 m d'altitude. Lors de ces Jeux, un nombre surprenant de records du monde a été établi dans des épreuves d'athlétisme à grande vitesse. Pourquoi ?

Les diminutions de la densité de l'air réduisent la traînée sur l'athlète, permettant des temps plus rapides. La réduction de la puissance aérobique qui l'accompagne est compensée par cette diminution de la traînée.

But de la question :

Cette question visait à tester si les élèves pouvaient utiliser deux paramètres pour expliquer le comportement d'un autre. La performance globale dépend de la puissance aérobique et de la densité de l'air - l'élève devait expliquer comment les changements dans les deux paramètres affectent le résultat global.

Correction :

Tous les points ont été attribués pour la logique suivante :

Diminution de la densité de l'air → diminution de la traînée → augmentation des performances

Diminution de la densité de l'air → diminution de la puissance aérobique → diminution des performances

Augmentation des performances > diminution des performances

Erreurs fréquentes :

- Négliger la diminution de la puissance aérobie et attribuer le gain de performance uniquement à une traînée réduite (si cela était vrai, l'altitude optimale serait au-dessus de l'atmosphère $\sim 10\,000$ m, où la densité de l'air atteint zéro et la puissance aérobie est nulle!)
- Dire que Mexico est à une altitude suffisamment basse et les performances aérobies sont donc suffisamment élevées pour des records du monde.

Les deux erreurs sont dues au fait que les étudiants se concentrent sur un seul des deux paramètres du problème, ce qui conduit à un problème sous-estimé.

- c) Estimez l'altitude optimale pour établir des records du monde d'athlétisme. Expliquez brièvement pourquoi vous avez choisi cette valeur.

Le rapport puissance aérobie / densité de l'air est le plus élevé à 3000 m, c'est donc l'altitude optimale.

But de la question :

Il s'agit d'une autre question visant à décrire le comportement d'un système à deux variables. Pour optimiser les performances, la densité de l'air et la puissance aérobie doivent être prises en compte.

Correction :

Des notes complètes ont été données pour les réponses entre 2500 et 3500 mètres, seulement si elles reconnaissent que cette altitude donne le rapport maximum de la puissance aérobie à la densité de l'air. Des notes partielles ont été attribuées pour les réponses dans cette plage, mais qui n'étaient pas justifiées.

Erreurs fréquentes :

- Choisir le niveau de la mer (0 m), car c'est l'altitude qui maximise la puissance aérobie.
- Répéter l'altitude de Mexico.

Aucun élève n'a choisi d'altitudes où la densité de l'air serait très faible (altitudes supérieures à 7500 m), probablement parce qu'ils savent intuitivement que les performances aérobies en souffriraient grandement. Cela contraste avec le fait que dans la partie (b), de nombreux étudiants ont attribué des performances record à une densité de l'air réduite. S'ils avaient utilisé la même logique ici, ils seraient arrivés à des réponses supérieures à 10 000 m, ce qui n'est évidemment pas optimal. Cela suggère que de nombreux élèves ont amélioré leur logique de (b) à (c), sans changer leur réponse à (b).

- d) Estimez à quelle hauteur on peut grimper sans oxygène supplémentaire. Expliquez brièvement pourquoi vous avez choisi cette valeur.

Le graphique de la puissance aérobie semble atteindre 0% à **8000 m**, donc cela devrait être le point le plus élevé qui pourrait possiblement être atteint.

But de la question :

Cette question visait à tester la capacité d'extrapoler des informations à partir d'un graphique. La puissance aérobie était la valeur sur laquelle se concentrer, car l'escalade en montagnes est une activité à basse vitesse qui ne bénéficie pas des avantages d'une traînée d'air réduite. Après avoir déterminé quel est le facteur limitant, le problème consiste simplement à trouver une ordonnée à l'origine.

Correction :

Tous les points ont été attribués pour les réponses entre 8 000 et 10 000 m, s'ils mentionnaient que la puissance aérobie atteindrait zéro à ce point.

Erreurs fréquentes :

- Choisir 7000 m, car c'est là que se terminent les données fournies. Cela n'a aucune signification physique.
- Choisir 6100 m, car c'est là que la fraction de puissance aérobie est égale à la fraction de densité d'air. Cela n'a aucune signification physique.
- Choisir une puissance aérobie arbitraire et utiliser l'altitude correspondante comme réponse.

Ces réponses indiquent un manque de compétence pour interpréter un problème sans calculs. La plupart des élèves ont répondu une élévation correspondant à une caractéristique évidente du graphique, bien que très peu savaient trouver l'ordonnée à l'origine de la ligne de puissance aérobie.

Question 3 :

Le continent antarctique a une superficie de $1/25$ de celle des océans de la Terre; l'épaisseur moyenne de la calotte glaciaire qui le recouvre est de 2 km. Les icebergs flottent avec 90% de leur volume sous le niveau de l'eau.

(a) Si tout le continent fond, estimez l'augmentation globale du niveau de la mer. Utilisez uniquement les informations ci-dessus et montrez votre travail.

Distribution des notes

(a) 4 points

(b) 16 points

Note moyenne: 1.9/20

Meilleure note: 20/20 (1 étudiant)

$$\Delta h = \frac{\Delta \text{Volume}}{\text{Aire}} = (2\text{km}) \left(\frac{A}{25} \right) \left(\frac{0.9}{A} \right) = 72\text{m}$$

But de la question :

Cette question visait à tester si les élèves peuvent analyser quantitativement un problème simple. Il n'est pas évident de savoir comment utiliser les chiffres donnés, ce qui rend peu probable d'arriver à la bonne réponse par hasard. Le dernier énoncé « Les icebergs flottent avec 90% de leur volume sous le niveau de l'eau » a été choisi au lieu d'indiquer simplement la densité de la glace.

Correction :

Des notes complètes ont été attribuées aux étudiants qui ont effectué le calcul ci-dessus. 1 point a été déduit pour les erreurs de magnitude.

Erreurs fréquentes :

- Ignorer la dernière instruction et procéder aux calculs. Cela néglige la différence de densité entre la glace et l'eau de l'océan, et cela a mené de nombreux étudiants à arriver à une réponse de $\Delta h = \frac{(2\text{km})(A)}{25A} = 80\text{m}$.
- Interprétation erronée de l'énoncé selon lequel « les icebergs flottent avec 90% de leur volume sous le niveau de l'eau » comme étant que seulement 10% de l'iceberg contribue à l'élévation du niveau de la mer. La plupart des étudiants qui l'ont fait ont répondu $\Delta h = \frac{(2\text{km})(A)}{25A} (0.1) = 8\text{m}$.
- Répondre avec une augmentation relative [%] et non une augmentation absolue [m] du niveau de la mer.
- Répondre en unités de volume et non de longueur, après avoir multiplié une zone par une longueur. Cela suggère que les élèves multipliaient simplement les nombres sans penser à leur signification.

b) Écrivez jusqu'à quatre informations supplémentaires dont vous auriez besoin pour améliorer votre estimation en (a). Indiquez leur pertinence pour l'augmentation du niveau de la mer. Veuillez garder vos réponses à l'intérieur des cases.

Nouvelle information	Pertinence pour l'augmentation du niveau de la mer
Évaporation/absorption au sol	Quel pourcentage d'eau est perdu dans le processus ?
Salinité de l'océan	L'eau salée a une densité plus élevée que l'eau douce.
Changement de température de l'océan	La glace fondue aura un petit effet de refroidissement, augmentant la densité.
Densité de la glace en profondeur	La glace au bas de la calotte est probablement plus compacte que celle du haut. De combien ?

But de la question :

Dans la partie (a), l'élève a été invité à faire une prédiction à partir d'une petite quantité d'informations. La partie (b) visait à voir si l'élève reconnaissait les limites de son calcul antérieur. Contrairement à la partie (a), l'accent était mis sur l'analyse qualitative d'un problème complexe.

Correction :

Il existe de nombreuses réponses possibles à une telle question qualitative, et les notes en témoignent. Quatre réponses possibles sont présentées dans le tableau ci-dessus, et ce sont les réponses les plus courantes et qui ont reçu des points.

Erreurs fréquentes :

- Demander plus d'informations sur les dimensions de l'océan ou de la calotte glaciaire (profondeur, surface ou volume). Les élèves qui ont répondu ceci ont aussi généralement répondu à la partie (a) avec une augmentation relative [%], car ils pensaient que davantage d'informations étaient nécessaires.
- Demander des informations plus précises ou de meilleures mesures. Ce ne sont pas de nouvelles informations et ne changeraient pas les étapes du calcul.
- Demander des informations sur la fonte d'autres masses de glace (par exemple : les icebergs de l'Arctique, la calotte glaciaire du Groenland, etc.). Ce n'est pas pertinent, car la question concerne uniquement la glace antarctique.

Question 4 :

(a) La formule chimique du bois est approximativement $(\text{CH}_2\text{O})_n$, où n est un grand entier. Écrivez des équations chimiques équilibrées pour les processus suivants.

Distribution des notes

(a) 6 points

(b) 14 points

Note moyenne: 4.4/20

Meilleure note: 20/20 (5 étudiants)

(i) Fabrication du bois :



(ii) Combustion du bois :



But de la question :

Cette question visait à vérifier si les élèves reconnaissent des équations chimiques de base qui représentent des phénomènes du monde réel. Lorsque le bois brûle, c'est essentiellement « défaire » la réaction de photosynthèse qui l'a créé en premier lieu - la bonne réponse à cette question le montre clairement.

Correction :

Tous les points ont été attribués pour les réponses ci-dessus. Des notes partielles ont été attribuées pour les équations qui n'équilibraient pas le « n » dans la formule pour le bois, seulement si elles contenaient les bons réactifs et produits.

Erreurs fréquentes :

- Écrire la fabrication du bois comme produit de ses éléments (ex : $2\text{H} + \text{C} + \text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O}$)

En général, l'équation de combustion était bien mieux réussie que l'équation de fabrication.

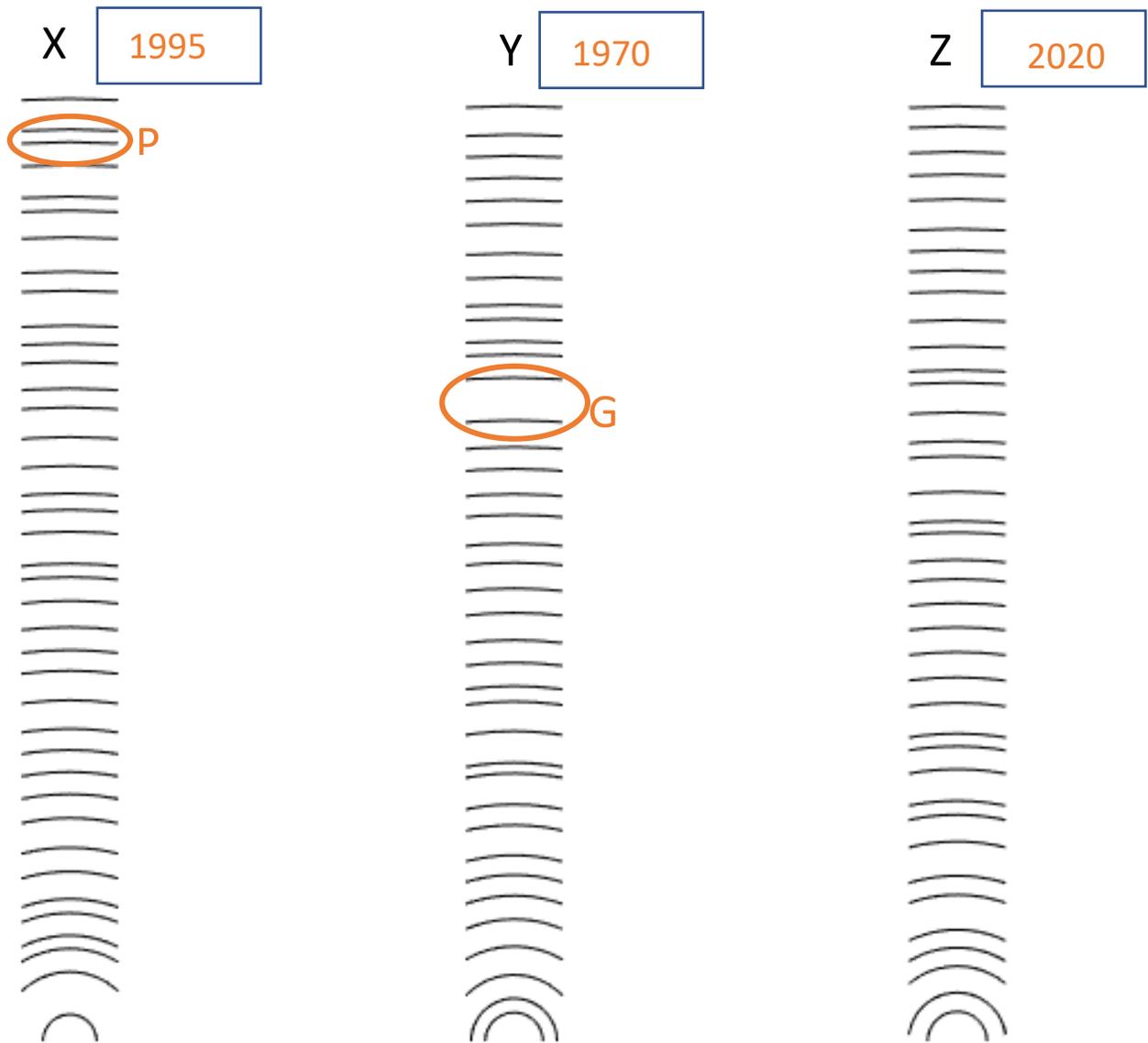
(b) La dendrochronologie est l'utilisation de l'espacement des anneaux de croissance pour dater le bois. Des motifs annulaires distinctifs apparaissent à la suite de séquences de bonnes et de mauvaises années de croissance. À la page suivante (p. 8), vous trouverez des diagrammes d'échantillons complets prélevés sur trois arbres (X, Y, Z) du même âge, cultivés dans la même forêt, mais coupés au cours d'années différentes. Les données des anneaux ont été corrigées pour tenir compte de la tendance naturelle de tous les arbres à croître plus rapidement lorsqu'ils sont jeunes que lorsqu'ils sont vieux, c'est-à-dire que si chaque année était la même que les autres, tous les espacements des anneaux apparaîtraient sur le diagramme comme étant les mêmes. Un arbre vient d'être abattu (en 2020). Examinez les anneaux de croissance et répondez aux questions suivantes, en écrivant vos réponses sur les diagrammes de la page suivante (p. 8).

Note : Ces diagrammes sont répétés à la page 2 de cet examen; veuillez détacher et déchirer ou couper la page 2 pour comparer les anneaux de croissance.

(i) Encerclez et marquez avec un « G » une période de 12 mois qui a été particulièrement bonne pour la croissance.

(ii) Encerclez et marquez avec un « B » une période de 12 mois qui a été particulièrement mauvaise pour la croissance.

(iii) Écrivez dans les cases l'année où chaque arbre a été abattu.



Si vous le souhaitez, faites un bref commentaire sur votre réponse dans cette case.

Faire correspondre les schémas de croissance similaires entre chaque arbre

But de la question :

La solution à cette question devait être entièrement indépendante et autonome. En tant que tel, elle a particulièrement suscité la réflexion. Afin de déterminer correctement les dates des arbres, les élèves devaient utiliser les deux diagrammes fournis pour comparer directement les motifs entre les 3 arbres.

Correction :

Pour les parties (i) et (ii), des notes complètes ont été accordées si l'étudiant a identifié des années de croissance similaire tel que celles indiquées ci-dessous.

Pour la partie (iii), tous les points ont été attribués à ceux qui sont arrivés à la réponse ci-dessous. Il y avait plusieurs autres combinaisons qui se présentaient comme des solutions viables mais imparfaites. Des notes partielles ont été attribuées pour ces réponses.

Erreurs fréquentes :

- Penser qu'un petit espacement d'anneaux signifie une bonne année de croissance, alors que c'est l'inverse.
- Compter les anneaux dans chaque arbre et utiliser la différence d'âge pour obtenir une réponse.
- Répondre 2020 pour les trois arbres, en espérant en obtenir une de correcte. Cette réponse n'a reçu aucun point.

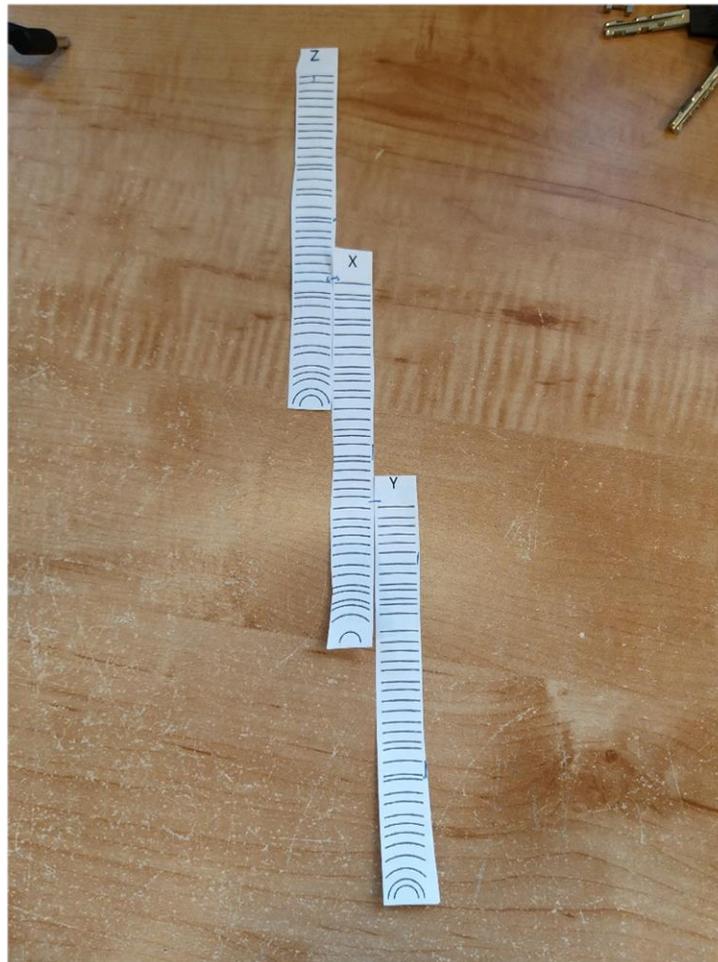


Figure 5 : L'approche optimale pour la datation des arbres. Les étudiants devaient utiliser une stratégie similaire en utilisant la page 2 de l'examen.