

Physique 30

Évaluation formative – Questions rendues publiques 2010

Government
of Alberta ■

Alberta ■

Freedom To Create. Spirit To Achieve.

Pour obtenir plus de renseignements, veuillez communiquer avec

Laura Pankratz, Examination Manager, à
Laura.Pankratz@gov.ab.ca,

Brenda Elder, Examiner, à
Brenda.Elder@gov.ab.ca, ou

Tim Coates, Director of Diploma Examinations, à
Tim.Coates@gov.ab.ca, ou

Learner Assessment, en composant le (780) 427-0010.
Pour appeler sans frais de l'extérieur d'Edmonton, composez d'abord le 310-0000.

Vous pouvez consulter le site Web de Alberta Education, à education.alberta.ca.

© 2010, la Couronne du chef de l'Alberta représentée par le ministre de l'Éducation, Alberta Education, Learner Assessment, 44 Capital Boulevard, 10044 108 Street NW, Edmonton, Alberta T5J 5E6, et les détenteurs de licence. Tous droits réservés.

Le détenteur des droits d'auteur autorise **seulement les éducateurs de l'Alberta** à reproduire, à des fins éducatives et non lucratives, les parties de ce document qui **ne contiennent pas** d'extraits.

Table de matières

Introduction.....	1
Description des questions	1
Utilisation suggérée	1
Attentes cognitives.....	2
Activités complémentaires.....	2
Questions, feuille de rétroaction par les pairs et exemples de réponses	
Induction électromagnétique.....	3
Modèle de l'étagère.....	8
Comparaison réfraction/diffraction.....	15
Graphique photoélectrique.....	20
Collision ozone-photon à deux dimensions	26
Exemple illustrant le modèle de l'étagère.....	32

Introduction

Ce matériel a pour but de favoriser l'apprentissage par les élèves du *Programme d'études de Physique 20-30, 2008*. Chaque question contenue dans ce matériel est accompagnée d'une feuille de rétroaction par les pairs (des détails à suivre) et d'un exemple de réponse. Les guides de notation **ne sont pas** fournis. L'apprentissage par les pairs et l'évaluation formative sont centrés sur une rétroaction utile et opportune. On a démontré que l'attribution de la rétroaction à une valeur numérique réduit la participation des élèves.

Description des questions

Ce document contient de nombreuses questions qui furent à l'origine holistiques mais qui mettent maintenant l'accent sur les points centrés du verbe *expliquer* que l'on retrouve dans le programme d'études. Il contient également une question sur les habiletés liées aux graphiques et une question reposant sur les habiletés traitant de vecteurs bidimensionnels. Chaque partie de chaque question a un lien direct avec le *Programme d'études de Physique 20-30, 2008*, tel qu'indiqué sur la feuille de rétroaction par les pairs.

Utilisation suggérée

Jour 1 (20 minutes)

En même temps, distribuez aux élèves la question et la feuille de rétroaction par les pairs.

Pour les questions théoriques (c'est-à-dire, non reliées aux habiletés), demandez aux élèves de lire la question et de parler du niveau nécessaire du champ d'application des verbes en caractère gras. Demandez ensuite aux élèves de consulter la feuille de rétroaction par les pairs. Dans la section centrale de la feuille, il y a des barres horizontales qui indiquent une représentation graphique du niveau de champ d'application attendu. On peut retrouver un bref aperçu des différents verbes et de leurs attentes cognitives respectives un peu plus loin dans cette introduction.

Pour les questions portant sur les habiletés, la feuille de rétroaction par les pairs contient des cases qui peuvent être cochées par l'évaluateur par les pairs pour indiquer une bonne réponse, une réponse en partie erronée ou une réponse incorrecte/absence de réponse. Cette approche reflète de plus près la nature des questions portant sur les habiletés : le répondeur possède les habiletés ou ne les possède pas. Il existe donc une plus petite marge de manœuvre quant à l'interprétation. De plus, on s'attend à obtenir une réponse complètement correcte, puisqu'il est possible d'en fournir une.

Jour 2 (20 minutes, hors classe)

Les élèves, individuellement ou en groupes, préparent une réponse à la question.

Jour 3 (20 minutes)

Les élèves de la classe s'échangent leurs réponses pour recevoir la rétroaction des autres : les « élèves-évaluateurs » doivent remplir la feuille de rétroaction par les pairs et y inclure des commentaires indiquant où la réponse n'est pas satisfaisante ou contient des erreurs. C'est l'étape la plus importante : l'évaluateur par les pairs et le répondeur ont la possibilité d'échanger au sujet du contenu du cours sans établir une note, un résultat ni un jugement sur la réponse donnée.

Les feuilles de rétroaction par les pairs sont remises aux élèves. C'est l'occasion de décrire aux élèves les changements devant être faits à leur réponse. Cette étape est essentielle pour les élèves puisque certains pourraient avoir très peu d'expérience du processus où on utilise les critiques constructives pour améliorer leur rendement.

Après que les élèves ont eu le temps de réagir à l'évaluation par leurs pairs, ils peuvent remettre une réponse finale qui sera notée; ou ils peuvent répondre à une question semblable couvrant un contenu similaire, en vue d'une évaluation individualisée. Pour assurer la meilleure façon d'attribuer des notes individuelles, on recommande aux enseignants de noter le travail effectué par les élèves sur une base individuelle. Le travail d'équipe et l'évaluation par les pairs sont d'excellentes activités pour la pratique, l'enrichissement et l'apprentissage.

Si vous décidez d'attribuer des notes aux réponses finales des élèves, n'oubliez pas que les élèves qui atteignent le standard d'excellence (80 %) doivent créer de nouveaux liens entre les idées; les élèves qui atteignent le standard acceptable (50 %) ne répondent aux questions que par la façon dont on leur a montrée.

Attentes cognitives

Les verbes indiquent différents niveaux cognitifs, tel que décrit dans la taxonomie de Bloom.

Connaissances	Compréhension et application	Activités mentales supérieures (AMS)
De façon générale, des verbes comme <i>faire la liste, décrire identifier, trier, classer, définir</i> , etc., ont un niveau cognitif de base et sont inclus dans la catégorie <i>Connaissances</i> .	Des verbes tels que <i>comparer, appliquer, calculer, déterminer</i> , etc., ont un niveau cognitif complexe et sont inclus dans la Catégorie <i>Compréhension et Application</i> . De façon générale, les élèves doivent relier des idées pour atteindre ce niveau. En qualité d'évaluateur de pairs, vous désirez que les élèves trouvent une réponse et un lien vers un autre principe.	Des verbes tels que <i>expliquer, évaluer, justifier, analyser, déterminer, concevoir</i> , etc. nécessitent un engagement cognitif très élevé et sont inclus dans la catégorie <i>Activités mentales supérieures</i> . En qualité d'évaluateur de pairs, vous désirez voir une réponse qui contient des énoncés suivis de <i>parce que</i> ou de <i>donc</i> comme moyens de preuve que les élèves ont clairement établi la relation entre les idées.

Activités complémentaires

Une fois que vous et vos élèves serez familiers avec les activités d'apprentissage reliées aux verbes directeurs, et une fois que tous les élèves comprendront le rapport entre les activités d'apprentissage et les barres horizontales, les élèves pourront créer eux-mêmes des barres selon les verbes directeurs dès réception de la question.

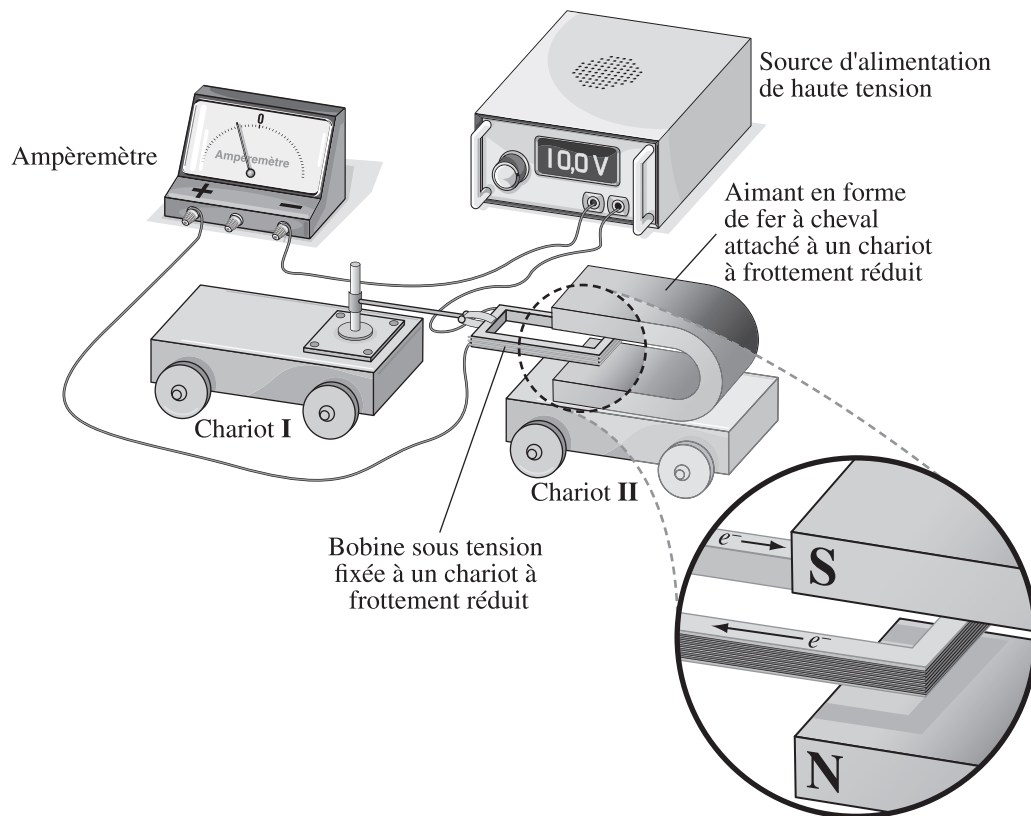
Vous pouvez également choisir toute question à réponse écrite que vous voulez utiliser aux fins d'établissement des notes et les transformer en des questions semblables à celles qui suivent.

Utilisez l'information ci-dessous pour répondre à la question suivante.

On enroule un fil de cuivre autour d'un cadre en bois pour former une bobine de fil carrée de N tours. On fixe la bobine horizontalement sur un chariot de laboratoire à frottement réduit, le Chariot I, de sorte qu'elle dépasse l'avant du chariot. Lorsqu'on branche la bobine à une source de courant, un courant électrique, I , circule dans la bobine. On mesure le courant avec un ampèremètre.

On fixe un aimant permanent en forme de fer à cheval sur un deuxième chariot de laboratoire à frottement réduit, le Chariot II. On ajuste la position des deux chariots de sorte que la bobine sous tension se situe entre les deux pôles de l'aimant en forme de fer à cheval, comme le montre le graphique ci-dessous.

Lorsqu'on ouvre l'alimentation de courant, on peut voir les deux chariots se déplacer.



Un enseignant fournit à un groupe d'élèves l'appareil décrit plus haut, et leur demande de déterminer l'intensité minimale du champ magnétique entre les pôles de l'aimant en forme de fer à cheval.

Le plan expérimental des élèves consiste à déterminer le temps nécessaire au Chariot I pour parcourir une distance de 2,00 cm à partir du repos. Les élèves placent un mètre rigide près des chariots et ont l'intention d'utiliser un chronomètre pour mesurer l'intervalle de temps. Ils utiliseront les données pour calculer l'accélération du Chariot I, et à partir de cette information, ils calculeront la force magnétique sur le Chariot I. Ils mesurent aussi la largeur de la bobine de fil carrée pour trouver la longueur du fil utilisé.

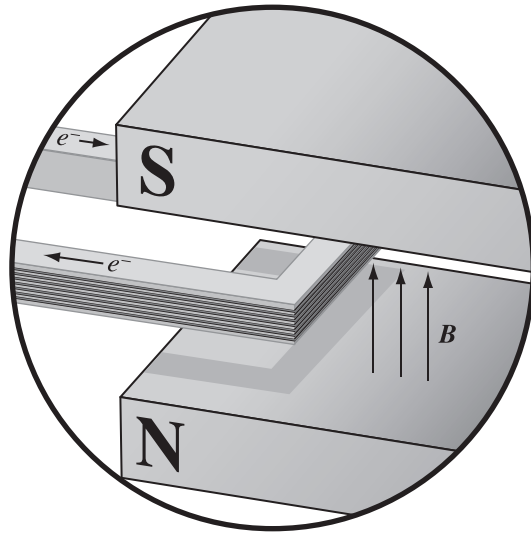
En vous servant des concepts de la force magnétique sur un fil sous tension, la troisième loi de Newton, et du plan expérimental, **évaluez** le plan expérimental des élèves. Dans votre réponse,

- **esquissez** des flèches indiquant la direction et la forme du champ magnétique entre les pôles d'un aimant en forme de fer à cheval
- **prédisez** si les chariots se rapprocheront ou s'ils s'éloigneront l'un de l'autre.
Expliquez comment l'application d'une règle de la main appuie la direction que vous avez prédite
- **dérivez** une équation pour l'intensité du champ magnétique entre les pôles de l'aimant en forme de fer à cheval en fonction des variables que les élèves ont l'intention de mesurer
- **évaluez** le plan expérimental des élèves

Liens du programme aux activités liées à cette question	La barre horizontale indique la portée nécessaire de la réponse. Placez un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans la réponse.	Retour en arrière
<p>Esquissez des flèches indiquant la direction et la forme du champ magnétique entre les pôles d'un aimant en forme de fer à cheval (B3.2c – beaucoup plus facile que la portée complète du résultat d'apprentissage)</p>	<p>Connaissances <input type="text"/></p> <p>Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Esquisser</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse.. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Précisez si les chariots se rapprocheront ou s'ils s'éloigneront l'un de l'autre (A1.2c – encore, beaucoup plus facile que la portée complète du résultat d'apprentissage)</p>	<p>Connaissances <input type="text"/></p> <p>Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Prédire</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse.. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Expliquez comment l'application de la règle de la main appuie la direction que vous avez prédite (B3.7c, B3.8c, B3.2h)</p>	<p>Connaissances <input type="text"/></p> <p>Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Expliquer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse.. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Dérivez une équation pour l'intensité du champ magnétique entre les pôles de l'aimant en forme de fer à cheval en fonction des variables que les élèves ont l'intention de mesurer (B3.8c, B3.3h)</p>	<p>Connaissances <input type="text"/></p> <p>Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Dériver</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse.. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Évaluez le plan expérimental des élèves (B3.1h)</p>	<p>Connaissances <input type="text"/></p> <p>Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Évaluer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse.. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p>

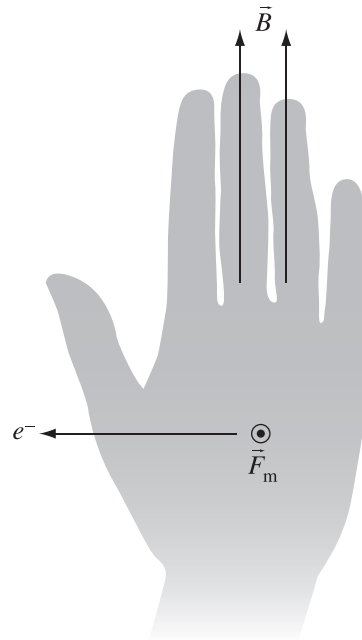
Exemple de réponse

Comme tout autre champ magnétique, un pôle Nord magnétique est l'espace duquel les lignes de force du champ magnétique s'éloignent. De même, un pôle Sud magnétique est l'espace vers lequel les lignes de champ magnétique entrent. En ce qui concerne l'espace entre les pôles magnétiques Nord et Sud de l'aimant en forme de fer à cheval, les lignes de force du champ magnétique s'éloignent du pôle Nord magnétique et se dirigent vers le pôle Sud magnétique.



L'interaction entre les effets magnétiques du flux des électrons et de l'aimant en forme de fer à cheval donne lieu à une force magnétique qui agit sur la bobine et une force de réaction qui agit sur l'aimant en forme de fer à cheval. La direction de la force magnétique peut être déterminée à l'aide d'une règle de la main.

Pour cette règle, la main gauche aplatie indiquant le flux des électrons, les doigts tendus indiquent la direction du champ magnétique, le pouce tendu indique la direction du flux des électrons dans le fil, et la paume de la main indique la même direction que la force magnétique qui agit sur le fil sous tension.



Par conséquent, la bobine sous tension (et le chariot sur lequel elle est fixée) devra se déplacer vers la droite, vers l'aimant en forme de fer à cheval et le Chariot II. Selon la troisième loi de Newton, le Chariot II devra se déplacer vers la gauche, vers le Chariot I. Les Chariots I et II se rapprochent l'un de l'autre.

Puisque que le Chariot I a une vitesse initiale de zéro, l'accélération peut être exprimée en fonction de la distance et du temps. La force nette qui agit sur le Chariot I (en l'absence de frottement) est causée par la force magnétique. La force magnétique qui agit sur un fil en raison d'un champ magnétique externe est exprimée par l'équation $|\vec{F}_m| = NI_{\perp} |\vec{B}|$, donc pour N fils, $|\vec{F}_m| = I NI_{\perp} |\vec{B}|$.

$$\begin{aligned} \vec{d} &= \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2 & \vec{F}_{\text{nette}} &= \vec{F}_m & \vec{F}_m &= I NI_{\perp} |\vec{B}| \\ \text{puisque } \vec{v}_i &= 0 & m \vec{a} &= \vec{F}_m & m \left(\frac{2\vec{d}}{t^2} \right) &= I NI_{\perp} |\vec{B}| \\ \vec{d} &= \frac{1}{2} \vec{a} t^2 & m \left(\frac{2\vec{d}}{t^2} \right) &= \vec{F}_m & |\vec{B}| &= \frac{2dm}{NI_{\perp} t^2} \\ \vec{a} &= \frac{2\vec{d}}{t^2} & & & & \end{aligned}$$

De façon générale, le plan expérimental des élèves est imparfait. Premièrement, le plan ne comprend pas plusieurs essais; donc, la valeur calculée par les élèves sera incertaine. Deuxièmement, les élèves ont interprété « faible frottement » comme « aucun frottement », ce qui est peu probable dans le cas de cet appareil expérimental. Troisièmement, le temps de réaction d'une personne pour faire marcher et arrêter un chronomètre sera fort probablement une source importante d'erreurs. Finalement, la largeur de la bobine n'est pas égale à la longueur du fil qui est contenu dans le champ magnétique; il aurait été plus avantageux pour les élèves de mesurer la largeur de l'aimant en forme de fer à cheval.

Notes générales sur l'exemple de réponse et les attentes relatives aux verbes dans la question.

La description des trois vecteurs mutuellement perpendiculaires peut être faite en fonction de vecteurs perpendiculaires. L'emploi d'une règle de la main facilite tout simplement l'ordre relatif des vecteurs – c'est un *modèle* que nous utilisons pour faire des prédictions.

Dans l'explication complète des chariots qui se rapprochent l'un de l'autre, on doit clairement utiliser la troisième loi de Newton. Cette loi est très souvent mal interprétée – les élèves ont souvent deux forces qui agissent sur le même objet au lieu d'avoir deux forces qui agissent sur différents objets.

La dérivation de l'équation doit contenir des énoncés verbaux ou mathématiques qui justifient pourquoi les formules provenant de la feuille d'équations conviennent à cette situation. Il s'agit de la partie *expliquer* du programme, plutôt que les attentes *déterminer* ou *calculer* de l'ancien programme.

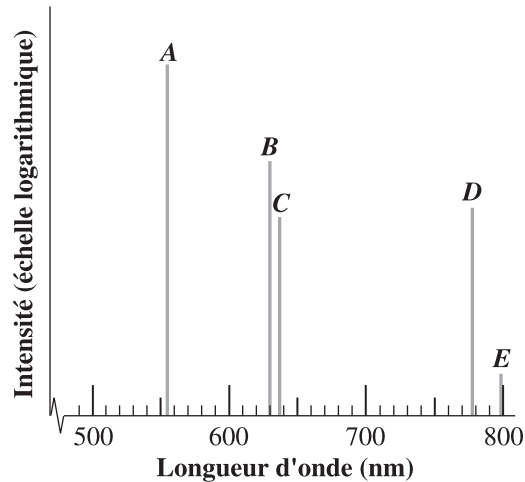
En dernier lieu, la rétroaction doit avoir un énoncé de valeur – est-ce que la procédure est bonne ou non? La réponse doit donc comporter des énoncés à l'appui. Il n'est pas important que les élèves soient exacts – ils pourraient dire que la procédure est bonne – mais les énoncés à l'appui doivent être logiques et suffisamment corrects.

Utilisez l'information ci-dessous pour répondre à la question suivante.

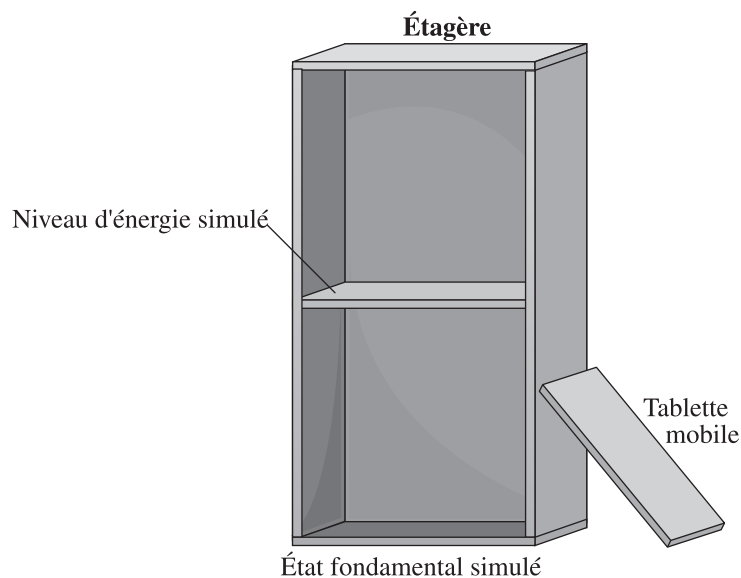
Les aurores boréales, visibles en Alberta, sont causées par des transitions électroniques dans des atomes excités d'oxygène.

Le graphique suivant montre l'intensité relative de cinq raies d'émission (A à E) d'atomes excités d'oxygène.

Certaines raies d'émission d'atomes excités d'oxygène













Dans sa salle de classe, un enseignant a une grande étagère qui a deux tablettes mobiles. Il place une des tablettes dans l'étagère pour simuler un niveau d'énergie d'électrons, tel qu'illustré ci-dessous. Il demande ensuite à ses élèves de placer l'autre tablette de façon à ce que l'étagère devienne un modèle des niveaux d'énergie des électrons de l'oxygène atomique nécessaires à la production des aurores boréales visibles.



En utilisant les concepts des phénomènes optiques, du spectre électromagnétique, les modèles atomiques et de la conservation de l'énergie, **évaluez** l'utilisation d'une étagère pour représenter les niveaux d'énergie des électrons atomiques. Dans votre réponse,

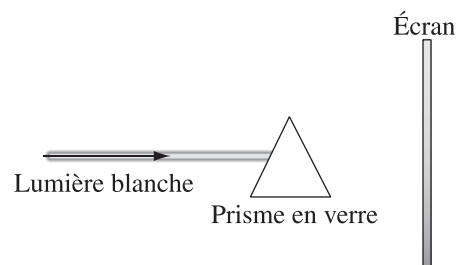
- **décrivez** un processus qui peut séparer différentes longueurs d'onde du rayonnement électromagnétique. **Expliquez** comment le processus sépare les différentes longueurs d'onde
- **identifiez** les raies d'émission des atomes d'oxygène qui se situent dans la région visible du spectre électromagnétique, et énoncez leurs longueurs d'onde correspondantes. **Comparez** les énergies des photons liés à chaque raie d'émission visible
- **esquissez** la position de la tablette mobile dans l'étagère pour représenter les niveaux d'énergie des électrons dans l'oxygène atomique qui sont liés à l'émission de la lumière visible. **Expliquez** les positions relatives des tablettes en fonction de l'énergie
- **dessinez et légendez** (avec une lettre ou une longueur d'onde) des flèches sur vos tablettes pour indiquer les transitions électroniques correspondant aux raies d'émission visibles pour les atomes d'oxygène
- **évaluez** l'utilisation d'une étagère pour représenter des niveaux d'énergie des électrons

Liens du programme aux activités liées à cette question	La barre horizontale indique la portée nécessaire de la réponse. Placez un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans la réponse.	Retour en arrière
<p>Décrivez un processus qui peut séparer différentes longueurs d'onde du rayonnement électromagnétique. Expliquez comment le processus sépare les différentes longueurs d'onde. (C1.1h, C1.6c, C1.8c)</p>	<p>Connaissances  Compréhension/Application  Activités mentales supérieures</p> <p>Décrire Expliquer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changeements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Identifiez les raies d'émission des atomes d'oxygène qui se situent dans la région visible du spectre électromagnétique, et énoncez leurs longueurs d'onde correspondantes. Comparez les énergies des photons liés à chaque raie d'émission visible. (C1.2c, C1.3h, C2.1c)</p>	<p>Connaissances  Compréhension/Application  Activités mentales supérieures</p> <p>Identifier Énoncer Comparer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changeements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Esquissez la position de la tablette mobile dans l'étagère pour représenter les niveaux d'énergie des électrons dans l'oxygène atomique qui sont liés à l'émission de la lumière visible. Expliquez les positions relatives des tablettes en fonction de l'énergie. (C2.1h, D2.1c)</p>	<p>Connaissances  Compréhension/Application  Activités mentales supérieures</p> <p>Esquisser Expliquer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changeements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Dessinez et légendez (avec une lettre ou une longueur d'onde) des flèches sur vos tablettes pour indiquer les transitions électroniques correspondant aux raies d'émission visibles pour les atomes d'oxygène. (D2.1h)</p>	<p>Connaissances  Compréhension/Application  Activités mentales supérieures</p> <p>Dessiner Légénder</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changeements que je vais apporter à ma réponse...</p>
<p>Évaluez l'utilisation d'une étagère pour représenter des niveaux d'énergie des électrons. (NS1 – STS)</p>	<p>Connaissances  Compréhension/Application  Activités mentales supérieures</p> <p>Évaluer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Changeements que je vais apporter à ma réponse...</p>

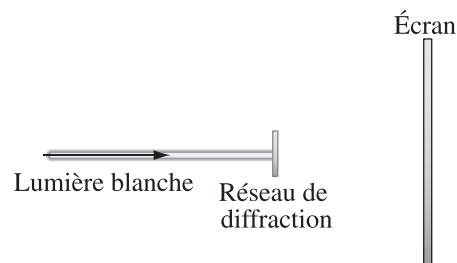
Exemple de réponse

Pour séparer la lumière, vous pouvez utiliser un prisme ou un réseau de diffraction.

La lumière traversant un prisme est réfractée par différentes quantités, selon la longueur d'onde incidente, tel que décrit par la loi de Snell, $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$. Les longueurs d'onde plus courtes réfractent plus que les longueurs d'onde plus grandes et s'écartent de la trajectoire initiale par une plus grande quantité, tel qu'illustré ci-dessous.



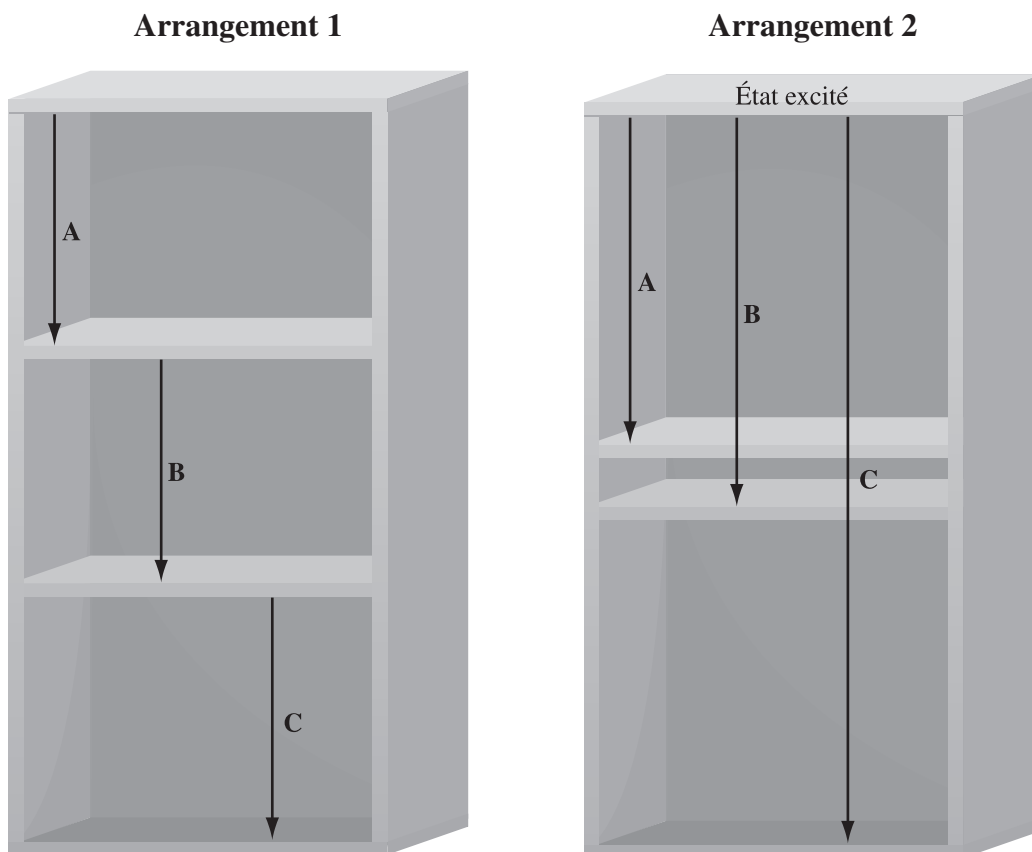
La lumière traversant un réseau de diffraction est diffractée par différentes quantités, selon la longueur d'onde incidente, tel que décrit par $\lambda = \frac{d \sin \theta}{n}$. Lorsqu'on utilise un réseau, les longueurs d'onde plus grandes diffractent plus que les longueurs d'onde plus courtes et s'écartent de la trajectoire initiale par une plus grande quantité, tel qu'illustré ci-dessous.



Les longueurs d'onde visibles se situent entre 400 nm et 700 nm, ce qui signifie que pour le spectre donné, les raies d'émission qui émettent dans le visible sont : A (557 nm), B (630 nm) et C (636 nm). Les autres longueurs d'onde se trouvent dans la partie infrarouge du spectre.

Plus la longueur d'onde est grande, plus l'énergie est petite, tel que décrit par $E = \frac{hc}{\lambda}$. Un photon lié à la raie d'émission de 557 nm a donc la plus grande énergie, suivi d'un photon lié à la raie d'émission de 630 nm. Le photon lié à la raie d'émission de 636 nm a la plus petite quantité d'énergie.

Les spectres d'émission sont expliqués en termes d'un modèle atomique qui a des électrons dont leurs niveaux d'énergie spécifiques sont stables. Les électrons qui ont des niveaux d'énergie supérieurs passent aux niveaux d'énergie inférieurs et émettent des photons spécifiques. Chaque transition donne lieu à l'émission d'un photon. Deux arrangements de tablettes, représentant la production des trois raies spectrales qui correspondent à la lumière visible, A, B et C, sont montrés dans le diagramme ci-dessous.



Note aux enseignants : L'emploi du verbe *évaluer* a pour but d'indiquer aux élèves qu'ils doivent non seulement porter un jugement de valeur sur ce modèle (bon/mauvais, acceptable/inacceptable, etc.) mais ils doivent aussi appuyer ce jugement avec au moins un argument valable.

On pourrait considérer l'utilisation d'une étagère pour représenter des niveaux d'énergie d'électrons comme étant acceptable parce qu'on tente de décrire l'énergie d'un photon comme étant équivalente à la différence en énergie entre deux niveaux d'énergie stables. Étant donné que les tablettes sont mobiles, on pourrait aussi décrire les émissions spectrales d'autres parties du spectre électromagnétique ou même d'autres atomes excités.

OU

On pourrait considérer l'utilisation d'une étagère pour représenter des niveaux d'énergie d'électrons comme étant inacceptable, parce qu'on décrit l'emplacement des électrons (tablette) comme étant un emplacement fixe dans l'espace plutôt qu'un état de probabilité et statistique. L'emploi d'une position fixe (tablette) pour décrire l'emplacement des électrons correspond beaucoup plus à des modèles dépassés, comme le modèle de Bohr, qu'à notre modèle courant. La capacité de se déplacer facilement d'une tablette à l'autre ne correspond pas non plus au concept courant du saut quantique, selon laquelle les électrons ne peuvent pas occuper certains emplacements.

Renseignements généraux relatifs à la question sur les niveaux d'énergie de l'oxygène

L'unité D2, du *Programme d'études de Physique 20-30, 2008*, exige que les élèves : expliquent, de façon qualitative, les caractéristiques de l'émission de raies continue et le spectre d'absorption de raies (D2.3c) ainsi que les conditions nécessaires à leur production; prédisent les conditions nécessaires à la production de spectres d'émission de raies et d'absorption de raies (D2.1h); et expliquent que le savoir et les théories scientifiques s'acquièrent grâce aux hypothèses formulées, aux preuves issues de l'expérimentation et aux explications qu'on en retire (D1.sts).

L'aurore boréale, les transitions « interdites » et l'oxygène métastable

Les premières mesures de l'aurore boréale ont prouvé qu'il s'agissait d'un phénomène atmosphérique. En 1790, Henry Cavendish a utilisé des méthodes de triangulation pour estimer que la lumière verte intense de l'aurore boréale provenait d'une région située à 100-150 km au-dessus de la surface de la Terre. En 1886, Anders Angström a utilisé des méthodes spectroscopiques pour étudier la lumière de l'aurore boréale, et il a déterminé que la longueur d'onde de la ligne verte dominante est de 556,7 nm. En très peu de temps, d'autres scientifiques avaient mesuré et déclaré que les longueurs d'onde des autres raies spectrales liées à la lumière rouge et bleue vues dans des aurores boréales.

Étant donné que la lumière de l'aurore boréale pourrait être décomposée en raies spectrales, distinctes de celles du spectre solaire, on a pu établir que l'aurore boréale n'était pas seulement la lumière du soleil réfléchi ou diffractée, comme l'avaient suggéré certains scientifiques. En 1912, les progrès dans la photographie et la spectroscopie avaient permis aux scientifiques de déterminer que les raies spectrales rouges et bleues de l'aurore boréale étaient causées par l'azote gazeux, soit le composant principal de l'atmosphère terrestre. Par contre, à l'époque, la raie spectrale verte dominante ne correspondait pas à aucune source connue, soit astronomique ou atmosphérique.

Le spectre d'émission de l'oxygène atomique qu'on peut généralement voir en laboratoire est le résultat d'un ensemble d'atomes excités qui passent à des niveaux d'énergie inférieurs. Lorsqu'un électron passe d'un niveau d'énergie excité à un niveau d'énergie inférieur, le photon qui est libéré a une quantité de mouvement cinétique correspondante. La différence de la quantité de mouvement cinétique des niveaux excité et inférieur doit être équivalente à celle transportée par le photon. Ceci peut se produire seulement si certaines restrictions du processus mécanique quantique sont satisfaites. Cette exigence signifie que le nombre de raies spectrales qui peut être observé est beaucoup plus petit que prévu que si les photons pouvaient être libérés par n'importe quelle transition à un niveau d'énergie inférieur.

Le type de transition le plus probable qui respecte toutes les exigences du processus mécanique quantique associé à la libération d'un photon est la transition dite « dipôle électrique » (parce que le changement de position de l'électron relatif au noyau est l'équivalent mécanique quantique au changement pour un dipôle électrique oscillant classique). Ce type de transition a lieu sur une échelle chronologique de moins de 10^{-8} s.

En 1925, John McLennan et Gordon Shrum, deux physiciens canadiens de l'Université de Toronto, ont déterminé que la raie spectrale verte de l'aurore boréale était associée à une forme métastable de l'oxygène atomique. Cette forme métastable de l'oxygène atomique effectue des transitions de niveaux d'énergie qui ne sont pas observées dans des conditions de laboratoire normales.

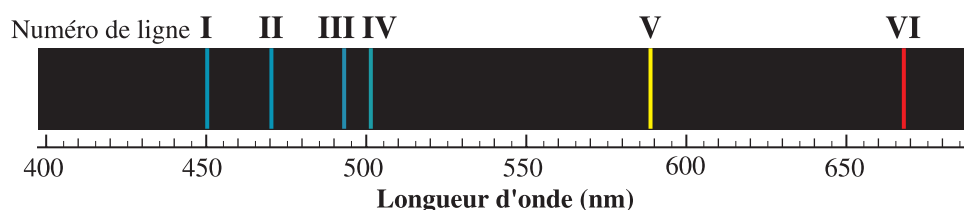
Un atome métastable n'a aucune possibilité de transition de niveaux d'énergie qui satisfait aux exigences des transitions du dipôle électrique. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a aucune possibilité de transition de niveaux d'énergie, mais plutôt que les transitions ne peuvent avoir lieu (sont « interdites ») par le rayonnement du dipôle électrique. Il y a des transitions qui peuvent se produire (transitions du dipôle magnétique et transitions quadrupolaires électriques), mais la probabilité de telles transitions est très faible. Dans des conditions atmosphériques normales, il est plus probable qu'un atome métastable cède son énergie par la collision avec un autre atome que par la libération d'un photon. Cependant, à l'altitude où l'aurore boréale prend naissance, l'atmosphère est très raréfiée et la faible probabilité de collisions d'atomes donne du temps pour que de telles transitions se produisent. Par conséquent, les raies spectrales qui ne sont pas généralement observées le seront, même dans les meilleures conditions de vide en laboratoire.

Utilisez l'information ci-dessous pour répondre à la question suivante.

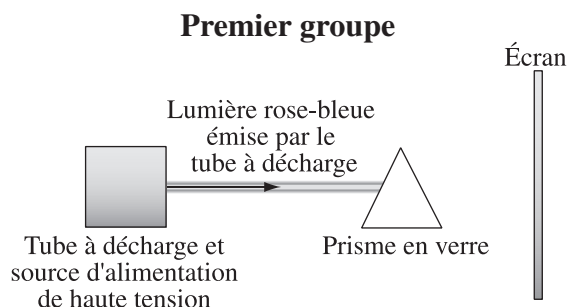
Une enseignante donne le matériel suivant à ses élèves pour une activité en classe :

- Un tube à décharge d'hélium gazeux à basse pression
- Une source de haute tension
- Des réseaux de diffraction
- Des prismes triangulaires de verre
- Un écran
- Une image du spectre d'émission d'hélium, comme suit

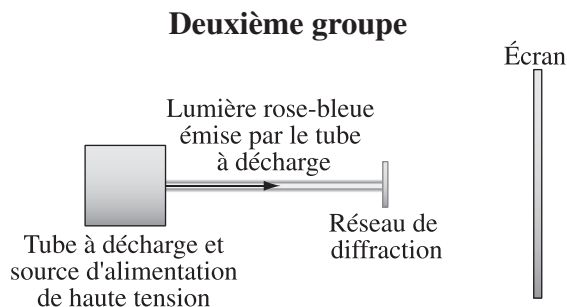
L'enseignante branche le tube à décharge à basse pression à la source de haute tension et éteint les lumières de la salle de classe. Les élèves observent la lumière rose-bleue qui est émise par le tube. L'enseignante demande à un groupe d'élèves d'observer le spectre d'émission d'hélium en utilisant un prisme de verre. Le deuxième groupe doit observer le spectre en utilisant un réseau de diffraction.



Les élèves du premier groupe orientent la lumière à partir du tube à décharge d'hélium gazeux à basse pression vers le prisme, comme le montre le graphique ci-dessous, et observent le spectre produit à l'écran.








Les élèves du deuxième groupe orientent la lumière à partir du tube à décharge d'hélium gazeux à basse pression vers le réseau de diffraction, comme le montre le graphique ci-dessous, et observent le spectre produit à l'écran.



En utilisant les concepts de la conservation de l'énergie et des phénomènes optiques de la réfraction et de la diffraction, **analysez** les observations de l'expérience. Dans votre réponse, vous devez

- **tracer** les conversions d'énergie dans la production d'un spectre d'émission. Commencez par l'énergie électrique fournie au tube à décharge d'hélium gazeux à basse pression et terminez par l'émission du rayonnement électromagnétique
- **expliquer** pourquoi un modèle atomique qui exige que des électrons occupant des niveaux d'énergie d'électrons stables est nécessaire pour justifier l'observation d'un spectre d'émission
- **prédire et légènder** les emplacements des lignes numérotées **I**, **V** et **VI** à l'écran, tel qu'observé par le premier groupe d'élèves
- **prédire et légènder** les emplacements des lignes numérotées **I**, **V** et **VI** à l'écran, tel qu'observé par le deuxième groupe d'élèves
- **expliquer** comment vous avez prédit les emplacements relatifs de ces lignes

<p>Liens du programme aux activités liées à cette question</p> <p>Tracer les conversions d'énergie dans la production d'un spectre d'émission. Commencez par l'énergie électrique fournie au tube à décharge d'hélium gazeux à basse pression et terminez par l'émission du rayonnement électromagnétique (D2.3c, D2.1h)</p> <p>Expliquer pourquoi un modèle atomique qui exige que des électrons occupent des niveaux d'énergie d'électrons stables est nécessaire pour justifier l'observation d'un spectre d'émission (D2.4c)</p> <p>Prédire et légènder les emplacements des lignes numérotées I, V et VI à l'écran, tel qu'observé par le premier groupe d'élèves (C1.6c, C1.12c, C1.2h)</p> <p>Prédire et légènder les emplacements des lignes numérotées I, V et VI à l'écran, tel qu'observé par le deuxième groupe d'élèves (C1.8c, C1.12c, C1.2h, C1.3h)</p> <p>Expliquer comment vous avez prédit les emplacements relatifs de ces lignes (C1.6c, C1.8c, C1.1h, C1.3h)</p>	<p>La barre horizontale indique la portée nécessaire de la réponse. Placez un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans la réponse.</p> <p>Tracer</p> <p>Connaissances  Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension par les pairs : dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p> <p>Expliquer</p> <p>Connaissances  Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension par les pairs : dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p> <p>Prédire Légènder</p> <p>Connaissances  Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension par les pairs : dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p> <p>Prédire Légènder</p> <p>Connaissances  Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension par les pairs : dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p> <p>Expliquer</p> <p>Connaissances  Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension par les pairs : dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que...</p>	<p>Retour en arrière</p> <p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p> <p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p> <p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p> <p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p> <p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p> <p>Changements que je vais apporter à ma réponse...</p>
---	--	---

Exemple de réponse

L'énergie électrique est transférée à des électrons dans les atomes d'hélium, ce qui entraîne les électrons à passer à des niveaux d'énergie supérieurs. Pendant que ces électrons passent à des niveaux d'énergie inférieurs, ils émettent des photons qui ont une énergie égale à la différence d'énergie des niveaux d'énergie. Ces photons constituent le rayonnement électromagnétique émis par le tube à décharge. Dans un ensemble d'atomes, l'état excité que les atomes atteignent variera de sorte que lorsqu'ils retournent à des états d'énergie inférieurs, différentes longueurs d'onde seront émises. De plus, plusieurs trajectoires différentes peuvent être suivies pendant qu'un atome passe à des états d'énergie inférieure. Ceci produirait diverses longueurs d'onde émises. L'énergie d'un photon émis correspond au changement d'énergie de l'atome.

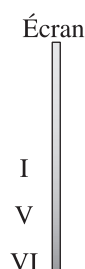
En physique classique, les niveaux d'énergie d'électrons stables sont nécessaires pour expliquer le spectre d'émission, car les électrons qui subissent une accélération centripète en tournant autour du noyau doivent continuellement émettre un rayonnement électromagnétique (REM). La perte d'énergie créée par l'émission du REM entrainerait une orbite continuellement changeante de l'électron, pour finalement amener l'électron à entrer en collision avec le noyau. Les observations ne fournissent pas la preuve de ce qui s'est produit. Il a donc fallu modifier le modèle atomique pour que l'électron ne tourne pas nécessairement autour du noyau. Les modèles antérieurs ont été modifiés pour prédire qu'il y existe certaines orbites très spécifiques qui sont non radiatives (états stationnaires). Les modèles plus récents décrivent les électrons comme ressemblant à des ondes, et formant des structures d'ondes stationnaires stables à certains emplacements autour de l'atome. Puisque les électrons ne sont plus décrits comme des particules accélératrices, la présence de l'émission continue de REM n'est plus un enjeu.

Emplacement de ligne observé par :

Le premier groupe d'élèves (prisme)



Le deuxième groupe d'élèves (réseau de diffraction)



Lorsqu'elle traverse le prisme, la lumière rouge (ligne VI) réfracte le moins parce que sa longueur d'onde est plus grande. La lumière bleue (ligne I) réfracte le plus parce que sa longueur d'onde est plus courte. La ligne I est projetée le plus loin du centre de l'écran à cause de la plus grande réfraction de la lumière bleue.

Lorsqu'elle traverse le réseau de diffraction, la ligne rouge (VI) diffracte le plus parce que sa longueur d'onde est plus grande, et la lumière bleue diffracte le moins. La ligne rouge est donc produite le plus loin du centre de l'écran.

Notes générales sur l'exemple de réponse et les attentes relatives aux verbes dans la question.

La discussion sur la conservation de l'énergie va permettre de renforcer l'idée fautive des élèves en général qui pensent que toute l'énergie passe d'une sorte d'énergie à une autre, selon leurs expériences de Sciences 10. Dans le monde quantique, cela pourrait être vrai; dans le monde macro, ceci n'est pas du tout le cas. L'analyse de cette idée pourrait être faite pour mettre au point la compréhension des élèves sur l'énergie, APRÈS que les élèves ont terminé leurs réponses, et en leur demandant de déterminer si tous les électrons sont excités au même état ou s'ils retournent au même niveau d'énergie inférieur.

Au fil des ans, plusieurs élèves ont de la difficulté avec le rôle de l'observation dans l'évolution des modèles atomiques. Les élèves veulent apprendre ce qui est correct pour ne pas devoir en apprendre davantage; la science est le processus où l'on tente de trouver un modèle qui correspond plus précisément à la réalité, un modèle qui est meilleur que le précédent. Les élèves doivent comprendre que la physique consiste à créer des modèles, que les modèles ont des forces et des faiblesses et que les modèles futurs devraient aborder les faiblesses. En lisant les réponses des élèves, remarquez les expressions comme *parce que*, *puisque* ou *ce qui signifie que*, car ces mots indiquent que les élèves sont en train de créer des liens entre des idées au lieu de simplement énoncer des faits.

Prédire et légèder sont des activités très faciles au niveau cognitif. Expliquer pourquoi certaines couleurs apparaissent où elles le font oblige les élèves à créer des liens. Assurez-vous qu'ils fournissent de vraies explications plutôt que des énoncés de faits.

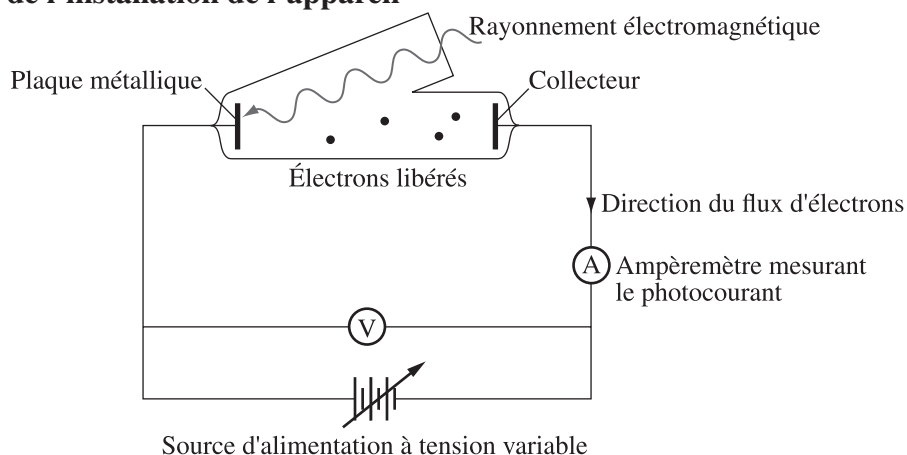
Utilisez l'information ci-dessous pour répondre à la question suivante.

Les élèves font l'expérience suivante pour déterminer la fonction de travail d'une plaque de métal.

Matériel

- Cathode photoélectrique
- Source à tension variable
- Voltmètre
- Ampèremètre
- Source de rayonnement électromagnétique (REM) variable

Diagramme de l'installation de l'appareil



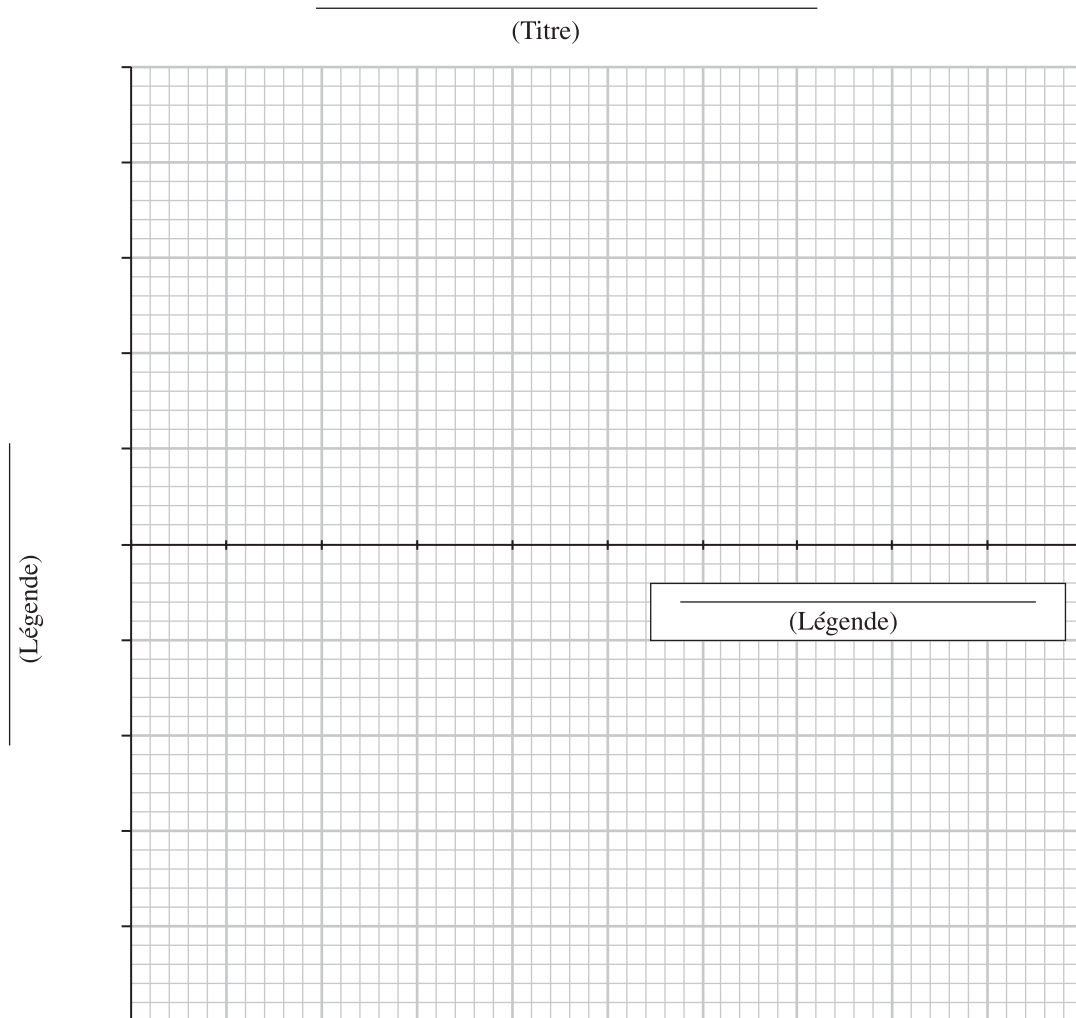
Procédure

- 1 Régler la source de tension variable à zéro
- 2 Diriger le REM vers la plaque de métal et augmenter la fréquence du REM jusqu'à ce qu'un courant soit détecté dans l'ampèremètre
- 3 Augmenter la tension fournie par la source de tension jusqu'à ce que le courant baisse à zéro
- 4 Noter la fréquence incidente et le potentiel d'arrêt
- 5 Répéter les étapes 2 à 4 pour tester de nombreuses fréquences plus élevées

Tableau d'observations

Fréquence du REM (10^{14} Hz)	Potentiel d'arrêt (V)
6,0	0,38
7,0	0,80
8,0	1,31
9,0	1,63
10,1	2,01

En utilisant l'analyse graphique, l'abscisse à l'origine et l'ordonnée à l'origine, **déterminez** la fonction de travail de la cathode photoélectrique. Dans votre réponse, vous devez **fournir** un graphique de la tension d'arrêt en fonction de la fréquence, **déterminer** l'abscisse à l'origine et l'ordonnée à l'origine de votre graphique, et **relier** algébriquement chaque coordonnée à l'origine à une équation de physique.



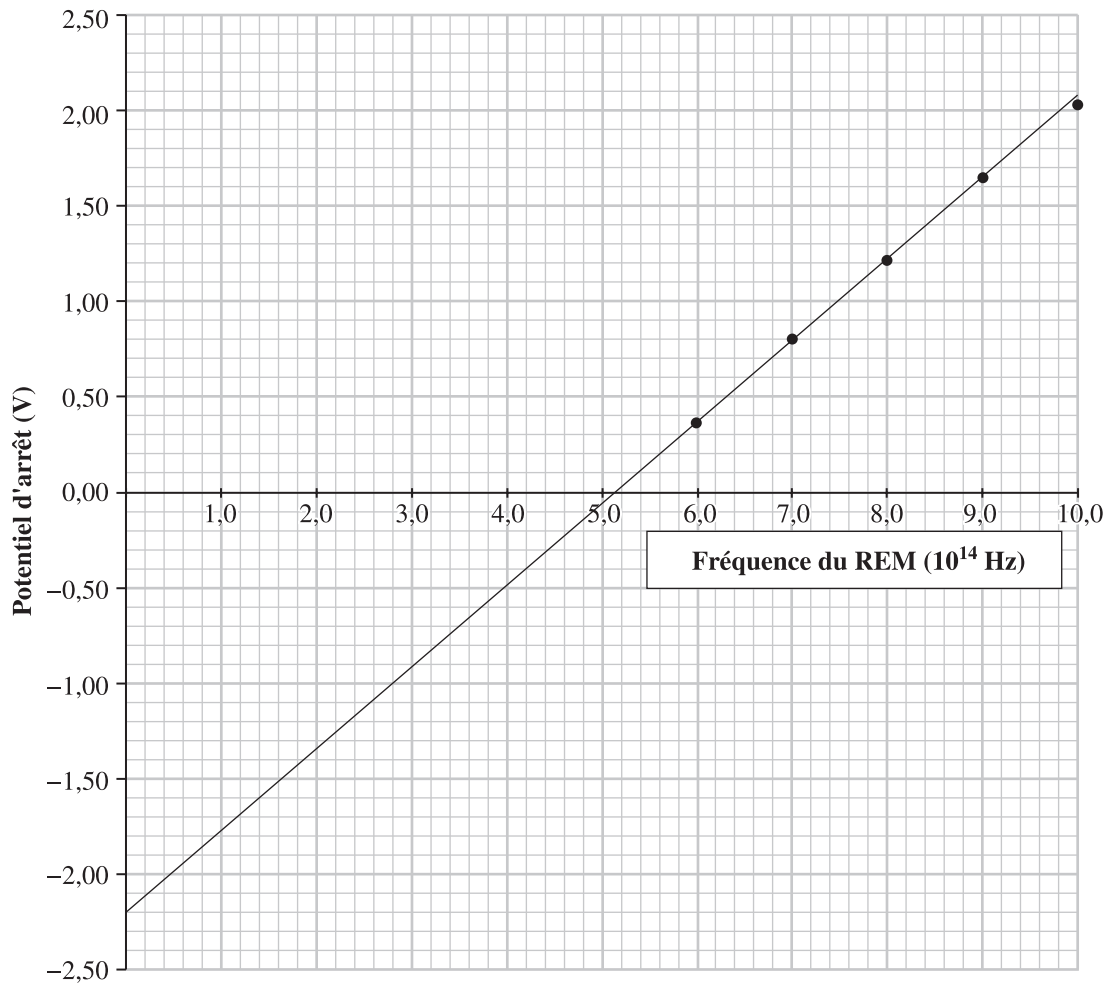
Conventions relatives à la représentation graphique papier-crayon	Rétroaction par les pairs		Calculatrice à affichage graphique - Conventions relatives à la représentation graphique	Rétroaction par les pairs		Traitement mathématique	Rétroaction par les pairs	
	Présent et correct	Présent avec erreur(s)*		Présent et correct	Absent		Présent et correct	Présent avec erreur(s)*
Le titre à la forme suivante : « variable répondante en fonction de la variable manipulée »			Le titre a la forme suivante : « variable réponse en fonction de la variable principale »			Toutes les formules nécessaires sont présentées		
Les axes sont légendés avec la variable, y compris les puissances 10 au besoin, et avec les unités de mesure			La façon dont les données ont été inscrites sur la calculatrice est clairement communiquée, y compris les puissances de 10 et les unités de mesure			Toutes les substitutions sont présentées		
Les échelles sont établies de telle sorte que les données inscrites couvrent la plus grande partie du graphique, et que la lecture des valeurs de la droite la mieux ajustée est convenable			Les paramètres du rectangle d'affichage sont indiqués			Les valeurs utilisées sont situées sur la droite la mieux ajustée		
Toutes les données sont représentées graphiquement			Le schéma du rectangle d'affichage de la calculatrice montre l'emplacement des données par rapport à la droite la mieux ajustée déterminée par la régression appropriée			La relation entre l'équation d'une droite et la physique pertinente est explicite		
La droite la mieux ajustée, soit une droite ou une courbe, fournit la meilleure estimation de la tendance des données dans le contexte de ces mêmes données			La régression utilisée, l'ordre dans lequel les données ont été utilisées et les résultats de la régression sont fournis			La réponse finale est énoncée avec les chiffres significatifs et les unités de mesure appropriés		
Changements que je vais apporter selon la RÉTROACTION PAR LES PAIRS.								

*Note aux évaluateurs par les pairs : Donnez des détails sur l'erreur ou les erreurs que vous avez identifiées.

Exemple de réponse

À noter : D'autres réponses, y compris des réponses à calculatrice à affichage graphique, peuvent recevoir la totalité des points. Les réponses d'élèves qui sont conformes en fonction du contenu mais non identiques à cette réponse peuvent également recevoir la totalité des points.

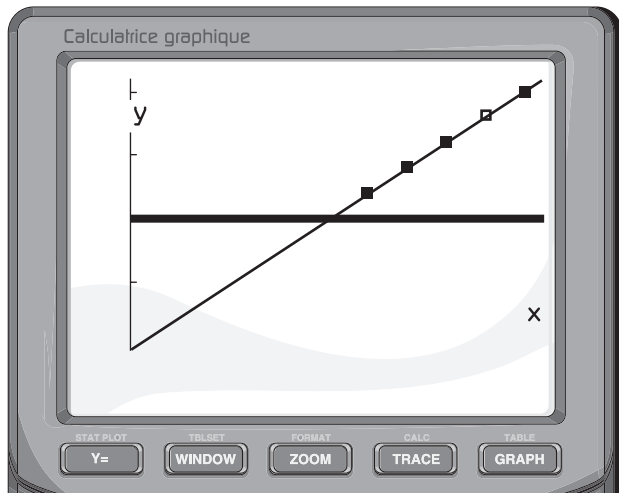
Le potentiel d'arrêt : une forme de REM



abscisse à l'origine = $5,18 \times 10^{14}$ Hz ordonnée à l'origine = $-2,25$ V

Calculatrice à affichage graphique

Le potentiel d'arrêt : une forme de REM



Le potentiel d'arrêt ($V_{\text{arrêt}}$) est entré dans L2 (V) et la fréquence (f) est entrée dans L1 (10^{14} Hz)

Paramètres du rectangle d'affichage :

$$\{x \mid 0, 1.04 \times 10^{15}\}$$

$$\{y \mid -2.066, 2.1876\}$$

Puis, la régression linéaire $ax + b$ sur L1, L2 donne

$$a = 4,09 \times 10^{-15}$$

$$b = -2,06$$

l'ordonnée à l'origine = $-1,99$

l'abscisse à l'origine = $4,96 \times 10^{14}$ en utilisant la fonction de « trace » le long de la ligne $y = 0$

Traitement mathématique :

Selon la conservation de l'énergie, $E_i = E_f$

Ceci signifie que $E_{\text{photon}} = E_{\text{kmax}} + W$ où $E_{\text{kmax}} = V_{\text{arrêt}}q_e$ et $E_{\text{photon}} = hf$

La résolution de $V_{\text{arrêt}}$ donne $V_{\text{arrêt}} = \frac{hf}{q_e} - \frac{W}{q_e}$

L'association à $y = mx + b$,

donne $b = -W/q_e$ ou pour résoudre la fonction de travail

$$W = -bq_e$$

$$W = -(-2,06 \text{ V})(1,60 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$W = 3,30 \times 10^{-19} \text{ J}$$

En utilisant les valeurs de la calculatrice à affichage graphique,

$$W = -(-1,99 \text{ V})(1,60 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$W = 3,20 \times 10^{-19} \text{ J}$$

L'abscisse à l'origine a lieu lorsque la valeur de y est zéro ($V_{\text{arrêt}} = 0$), ce qui donne :

$$0 = \frac{hf}{q_e} - \frac{W}{q_e} \text{ qui est simplifié à } W = hf_0 \text{ (d'où vient cette formule)}$$

$$\begin{aligned} \text{Donc, } W &= hf_0 \\ W &= (6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(5,18 \times 10^{-14} \text{ Hz}) \\ W &= 3,43 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En utilisant les valeurs de la calculatrice} \\ \text{à affichage graphique,} \\ W &= (6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(5,05 \times 10^{-14} \text{ Hz}) \\ W &= 3,35 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

Trouver la moyenne des deux valeurs afin de minimiser les erreurs donne

$$W_{\text{moy}} = \frac{3,43 + 3,60}{2} \times 10^{-19} \text{ J} = 3,52 \times 10^{-19} \text{ J} \quad W = 3,33 \times 10^{-19} \text{ J}$$

À noter : Les chiffres significatifs peuvent varier selon les points de données choisis.

Notes aux enseignants : Normalement, une droite la mieux ajustée ne passera pas par les premier ou dernier points qui sont représentés graphiquement. Parfois, elle passera par l'origine, mais pas toujours, et certainement pas dans ce cas. Les élèves doivent s'exercer à estimer la droite la mieux ajustée et devraient aussi avoir de l'expérience avec des droites les mieux ajustées qui sont courbées.

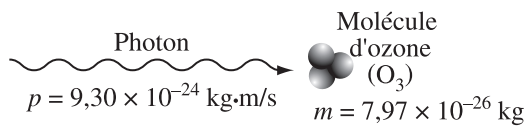
En lisant les valeurs à utiliser pour la pente, les élèves devraient être encouragés à se servir de points en ligne plutôt que de points de données, ainsi que des points qui sont éloignés l'un de l'autre. Le calcul de la pente est aussi l'occasion d'analyser l'erreur de mesure et les chiffres significatifs dans un milieu qui affecte clairement l'exactitude de la réponse finale des élèves.

Les élèves de 12^e année devraient pouvoir identifier le principe physique utilisé, et manipuler algébriquement les équations physiques qui sont appropriées au principe afin d'isoler la variable à représenter graphiquement sur l'axe vertical. Les élèves devraient pouvoir faire correspondre l'algèbre à l'équation pour une droite afin de justifier l'emploi de la pente ou d'un point d'intersection. (L'utilisation de la pente et d'une notation delta appropriée est exigé dans chaque unité de Physique 20 et de Physique 30.)

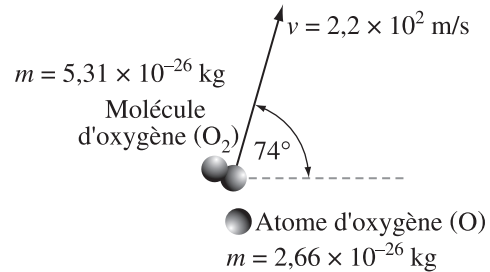
Utilisez l'information ci-dessous pour répondre à la question suivante.

L'ozone (O_3) dans la haute atmosphère protège la vie sur la Terre en absorbant des photons dangereux du rayonnement électromagnétique ultraviolet produit par le Soleil. Lorsqu'un photon ultraviolet entre en collision inélastiquement avec une molécule d'ozone stationnaire au départ, la molécule se désintègre et forme une molécule d'oxygène (O_2) et un atome d'oxygène (O), comme le montre le graphique ci-dessous.

Avant la collision



Après la collision



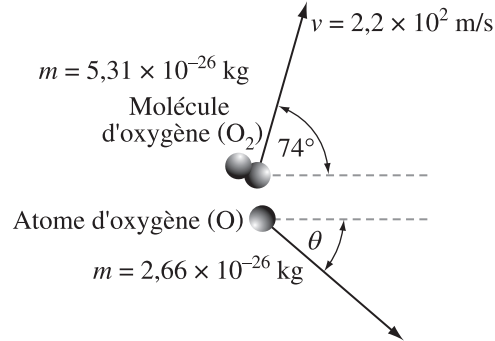
Déterminez la vitesse vectorielle de l'atome d'oxygène après la collision. Dans votre réponse, **esquissez** une flèche indiquant la trajectoire de l'atome d'oxygène après la collision, **esquissez** un diagramme de l'addition des vecteurs conforme à la méthode d'analyse des vecteurs que vous avez choisie, et **énoncez** tous les principes et formules de physique nécessaires.

	Rétroaction par les pairs		Traitement mathématique	Rétroaction par les pairs	
	Présent et correct	Présent avec erreur(s)*		Absent	Absent
Conventions relatives à la représentation graphique papier-crayon					
La direction est communiquée de façon explicite : <ul style="list-style-type: none"> la convention des directions est définie dans des situations où la direction des vecteurs n'est pas donnée, la réponse doit contenir une utilisation explicite de la physique pour appuyer la direction (p. ex., les charges de même signe se repoussent; donc les forces sont dans telle et telle direction, ou la direction du champ magnétique est du N au S, etc.) 		Le principe de physique qui se rapporte à la solution est communiqué de façon explicite (p. ex., la conservation de la quantité de mouvement, travail + changement de l'énergie cinétique, l'équilibre signifie que $F_{\text{nette}} = 0$)			
Un diagramme de situation indiquant la direction des forces est présenté (p. ex., pour une question sur la quantité de mouvement, une flèche est présentée pour chaque objet en mouvement; pour une question sur les forces, un diagramme de forces est présenté)			Toutes les formules sont présentées		
L'élève présente un diagramme d'addition des vecteurs			Toutes les substitutions sont présentées		
Les conventions relatives aux vecteurs sont suivies : <ul style="list-style-type: none"> Les vecteurs sont tracés sous forme de flèches qui se dirigent dans la direction du vecteur Les flèches sont légendées Les angles sont légendés au bout du vecteur 			La réponse finale est conforme au diagramme d'addition des vecteurs donné		
La présentation de la solution est organisée			La réponse finale est énoncée en utilisant les chiffres significatifs et les unités de mesure appropriés		
Changements que je vais apporter selon la RÉTROACTION PAR LES PAIRS.					

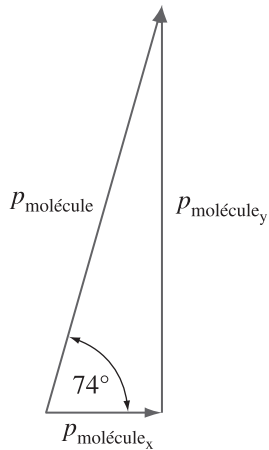
*Note aux évaluateurs par les pairs : Donnez des détails sur l'erreur ou les erreurs que vous avez identifiées.

Exemple de réponse

Vitesse vectorielle de l'atome d'oxygène après la collision :



Méthode 1 — Composantes



Composantes de la quantité de mouvement de la molécule après la collision :

$$|p_{\text{molécule}_x}| = (\cos\theta)mv = (\cos 74^\circ)(5,31 \times 10^{-26} \text{ kg})(2,2 \times 10^2 \text{ m/s})$$

$$|p_{\text{molécule}_x}| = 3,2199 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$|p_{\text{molécule}_y}| = (\sin\theta)mv = (\sin 74^\circ)(5,31 \times 10^{-26} \text{ kg})(2,2 \times 10^2 \text{ m/s})$$

$$|p_{\text{molécule}_y}| = 1,1229 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

Addition des composantes x

$$\sum p_{x_i} = \sum p_{x_f}$$

$$p_{\text{photon}_{x_i}} = p_{\text{molécule}_{x_f}} + p_{\text{atome}_{x_f}}$$

$$p_{\text{atome}_{x_f}} = p_{\text{photon}_{x_i}} - p_{\text{molécule}_{x_i}}$$

$$p_{\text{atome}_{x_f}} = 9,30 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s} - 3,2199 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$p_{\text{atome}_{x_f}} = 6,08 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

Addition des composantes y

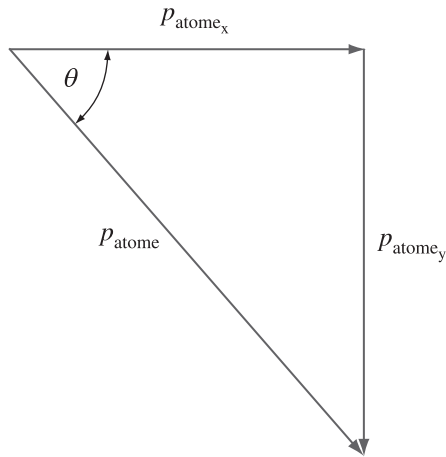
$$\sum p_{y_i} = \sum p_{y_f}$$

$$p_{\text{photon}_{y_i}} = 0 = p_{\text{molécule}_{y_f}} + p_{\text{atome}_{y_f}}$$

$$p_{\text{atome}_{y_f}} = -p_{\text{molécule}_{y_f}}$$

$$p_{\text{atome}_{y_f}} = -1,1229 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

Diagramme vectoriel final et résultante :



$$|\vec{p}_{\text{atome}}|^2 = |\vec{p}_{\text{atome}_x}|^2 + |\vec{p}_{\text{atome}_y}|^2$$

$$|\vec{p}_{\text{atome}}| = \sqrt{(6,08 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s})^2 + (-1,1229 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s})^2}$$

$$|\vec{p}_{\text{atome}}| = 1,28 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$\tan \theta = \frac{|p_{\text{atome}_y}|}{|p_{\text{atome}_x}|}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{1,1229 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{6,08 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s}} \right)$$

$$\theta = 62^\circ$$

$$\vec{p}_{\text{atome}} = m\vec{v}$$

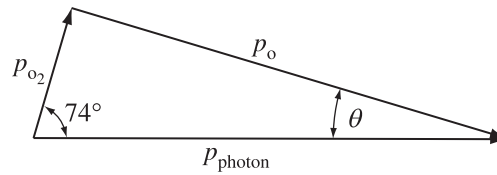
$$v = \frac{p_{\text{atome}}}{m}$$

$$v = \frac{1,28 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}}$$

$$v = 4,8 \times 10^2 \text{ m/s}$$

La vitesse vectorielle de l'électron est $4,8 \times 10^2 \text{ m/s}$, 62° au-dessous de la direction initiale du photon.

Méthode 2 – Loi du cosinus



$$|p_{\text{molécule}_x}| = mv$$

$$|p_{\text{molécule}_x}| = (5,31 \times 10^{-31} \text{ kg})(2,2 \times 10^2 \text{ m/s})$$

$$|p_{\text{molécule}_x}| = 1,1682 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$|\vec{p}_{\text{atome}}|^2 = |\vec{p}_{\text{molécule}}|^2 - 2|\vec{p}_{\text{molécule}}||\vec{p}_{\text{photon}}|\cos \theta$$

$$|\vec{p}_{\text{atome}}|^2 =$$

$$(1,168 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s})^2 + (9,30 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s})^2 - 2(1,1682 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s})(9,30 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s})(\cos 74^\circ)$$

$$|\vec{p}_{\text{atome}}| = 1,28 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$\vec{p}_{\text{atome}} = m\vec{v}$$

$$v = \frac{p_{\text{atome}}}{m}$$

$$v = \frac{1,28 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s}}{2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}}$$

$$v = 4,8 \times 10^2 \text{ m/s}$$

Pour obtenir l'angle :

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B}$$

$$\frac{|\vec{p}_{\text{molécule}}|}{\sin \theta} = \frac{|\vec{p}_{\text{atome}}|}{\sin 74^\circ}$$

$$\sin \theta = \frac{(\sin 74^\circ)(1,1682 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s})}{(1,28 \times 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m/s})}$$

$$\theta = 62^\circ$$

La vitesse vectorielle de l'électron est $4,8 \times 10^2 \text{ m/s}$, 62° au-dessous de la direction initiale du photon.

Notes aux enseignants : De nombreux élèves esquissent des diagrammes d'addition des vecteurs comme des triangles plutôt qu'une addition des vecteurs. Ceci n'est pas acceptable.

De nombreux élèves maîtrisent bien la méthode comptable d'analyser deux situations bidimensionnelles. Bien que cette méthode soit valide, elle n'est pas incluse ici, car certains élèves ne comprennent pas vraiment les vecteurs bidimensionnels et l'addition des vecteurs; ils ont remplacé la compréhension des concepts par la maîtrise de la calculatrice.

Le programme d'études n'exige pas l'utilisation de la loi du sinus et de la loi du cosinus; les élèves ne sont donc pas tenus d'utiliser cette méthode. Toutefois, certains élèves comprennent cette méthode et ils ont suffisamment de connaissances pour l'utiliser. On devrait encourager ces élèves à utiliser cette méthode.

Enfin, l'utilisation des diagrammes d'addition de vecteurs à l'échelle est une excellente façon de s'assurer que les élèves ont véritablement compris les concepts de vecteurs et d'addition de vecteurs. C'est aussi une façon de rendre l'analyse bidimensionnelle accessible aux élèves qui ont de la difficulté avec l'emploi des calculatrices mais qui comprennent la physique.

Exemple illustrant le modèle de l'étagère

Les pages suivantes contiennent la réponse initiale d'un élève, la feuille de rétroaction par les pairs complétée et la réponse finale de l'élève.

Commentaire

Réponse initiale :

La réponse initiale aborde chaque partie de la question mais pas au niveau cognitif requis. L'élève utilise *diffracter* au lieu de *réfracter* dans la partie un.

L'élève utilise une valeur incorrecte, 10^{-14} , pour la constante de Planck, avec des unités de mesure incorrectes dans la partie deux.

L'élève fournit une explication pour les emplacements des tablettes dans la partie trois.

L'élève fournit une évaluation comprenant deux caractéristiques pour justifier pourquoi le modèle est convenable.

Rétroaction par les pairs :

La rétroaction par les pairs identifie chacune de ces faiblesses (sauf les unités sur h).

La partie du retour en arrière indique la réponse de l'élève suite à la rétroaction par les pairs.

Réponse finale :

La réponse finale est supérieure à la réponse initiale. Les erreurs d'orthographe et de physique ont été corrigées (sauf pour les unités de mesure de h) et des détails ont été ajoutés pour les activités à niveau cognitif plus élevé.

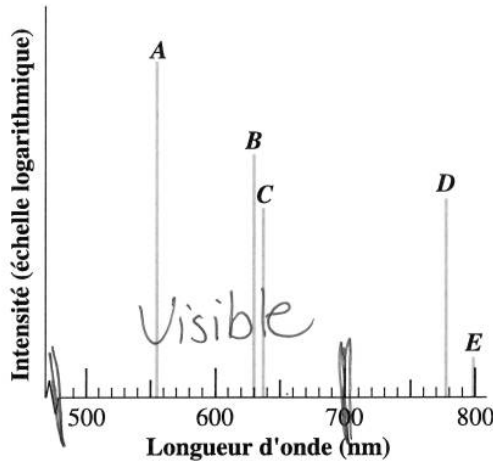
C1 Réponse initiale

Utilisez l'information ci-dessous pour répondre à la question suivante.

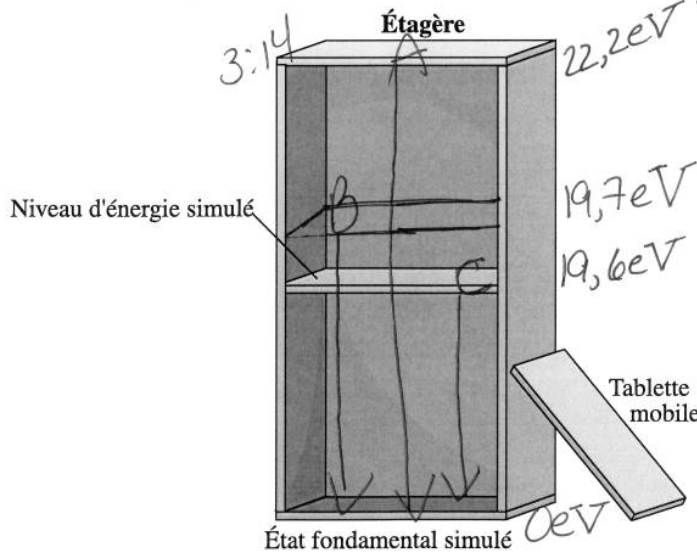
Les aurores boréales, visibles en Alberta, sont causées par des transitions électroniques dans des atomes excités d'oxygène.

Le graphique suivant montre l'intensité relative de cinq raies d'émission (A à E) d'atomes excités d'oxygène.

Certaines raies d'émission d'atomes excités d'oxygène



Dans sa salle de classe, un enseignant a une grande étagère qui a deux tablettes mobiles. Il place une des tablettes dans l'étagère pour simuler un niveau d'énergie d'électrons, tel qu'illustré ci-dessous. Il demande ensuite à ses élèves de placer l'autre tablette de façon à ce que l'étagère devienne un modèle des niveaux d'énergie des électrons de l'oxygène atomique nécessaires à la production des aurores boréales visibles.



5) Une étagère est un bon modèle parce que les niveaux d'énergie sont les mêmes pour un élément donné. On peut déplacer un objet d'une tablette du haut de l'étagère directement sur une tablette du bas ou sur n'importe laquelle d'une autre ~ tablette, de la même façon qu'un électron se déplace dans l'atome.

En utilisant les concepts des phénomènes optiques, du spectre électromagnétique, les modèles atomiques et de la conservation de l'énergie, **évaluez** l'utilisation d'une étagère pour représenter les niveaux d'énergie des électrons atomiques. Dans votre réponse,

- 1 • **décrivez** un processus qui peut séparer différentes longueurs d'onde du rayonnement électromagnétique. **Expliquez** comment le processus sépare les différentes longueurs d'onde
- 2 • **identifiez** les raies d'émission des atomes d'oxygène qui se situent dans la région visible du spectre électromagnétique, et énoncez leurs longueurs d'onde correspondantes. **Comparez** les énergies des photons liés à chaque raie d'émission visible
- 3 • **esquissez** la position de la tablette mobile dans l'étagère pour représenter les niveaux d'énergie des électrons dans l'oxygène atomique qui sont liés à l'émission de la lumière visible. **Expliquez** les positions relatives des tablettes en fonction de l'énergie
- 4 • **dessinez et légendez** (avec une lettre ou une longueur d'onde) des flèches sur vos tablettes pour indiquer les transitions électroniques correspondant aux raies d'émission visibles pour les atomes d'oxygène
- 5 • **évaluez** l'utilisation d'une étagère pour représenter des niveaux d'énergie des électrons

1. Diriger une lumière blanche visible à travers un prisme. Le prisme a un indice de réfraction différent que celui de l'air. Donc, les différentes longueurs d'ondes de la lumière blanche vont se réfracter en quantités différentes. Un spectre des couleurs de lumière visible sera donc produit.

2. Visible : 400nm - 700nm A(560nm) B(630nm) C(635nm)

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(4,14 \times 10^{-14} \text{ J.s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{5,60 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$E_A = 22,2 \text{ eV} \quad E_B = 19,7 \text{ eV} \quad E_C = 19,6 \text{ eV}$$

$$E_A > E_B > E_C \rightarrow \lambda \text{ plus courte} = E \text{ supérieure}$$

Liens du programme aux activités liées à cette question	La barre horizontale indique la portée nécessaire de la réponse. Placez un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans la réponse.	Retour en arrière
<p>Décrivez un processus qui peut séparer différentes longueurs d'onde du rayonnement électromagnétique. Expliquez comment le processus sépare les différentes longueurs d'onde. (C1.1h, C1.6c, C1.8c)</p>	<p>Connaissances Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Décrire Expliquer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que... <i>Bonne explication mais confusion entre réfraction/diffraction</i></p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse... <i>Le prisme réfracte la lumière, pas réfléchit</i></p>
<p>Identifiez les raies d'émission des atomes d'oxygène qui se situent dans la région visible du spectre électromagnétique, et énoncez leurs longueurs d'onde correspondantes. Comparez les énergies des photons liés à chaque raie d'émission visible. (C1.2c, C1.3h, C2.1c)</p>	<p>Connaissances Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Identifier Énoncer Comparer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que... <i>10⁻¹⁵ pas 10⁻¹⁴ par h</i> <i>Excellente réponse Autrement, bonne réponse</i></p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse... <i>-Ne pas faire de faute dans la constante de Planck</i></p>
<p>Esquissez la position de la tablette mobile dans l'étagère pour représenter les niveaux d'énergie des électrons dans l'oxygène atomique qui sont liés à l'émission de la lumière visible. Expliquez les positions relatives des tablettes en fonction de l'énergie. (C2.1h, D2.1c)</p>	<p>Connaissances Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Esquisser Expliquer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que... <i>Bonne esquisse mais... tu dois expliquer pourquoi tu places les tablettes là</i></p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse... <i>- plus d'explications</i></p>
<p>Dessinez et légendez (avec une lettre ou une longueur d'onde) des flèches sur vos tablettes pour indiquer les transitions électroniques correspondant aux raies d'émission visibles pour les atomes d'oxygène. (D2.1h)</p>	<p>Connaissances Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Dessiner Légénder</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que... <i>Dessin et légende : excellent</i></p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse... <i>- plus de détails</i></p>
<p>Évaluez l'utilisation d'une étagère pour représenter des niveaux d'énergie des électrons. (NS1 – STS)</p>	<p>Connaissances Compréhension/Application Activités mentales supérieures</p> <p>Évaluer</p> <p>Rétroaction par les pairs : J'ai placé un « x » sur la barre pour y indiquer le niveau de compréhension dans ta réponse. J'ai choisi ce niveau, car j'ai remarqué que... <i>Bonne explication... peut-être un peu plus de profondeur</i></p>	<p>Changements que je vais apporter à ma réponse... <i>- plus de détails</i></p>

c1 Réponse corrigée

1. Diriger une lumière blanche visible à travers un prisme. Le prisme a un indice de réfraction différent que celui de l'eau. Donc, les différentes longueurs d'ondes de la lumière blanche réfractent à des niveaux différents. Un spectre de lumière visible sera donc produit

2. Visible $\hat{=}$ 400nm - 700nm

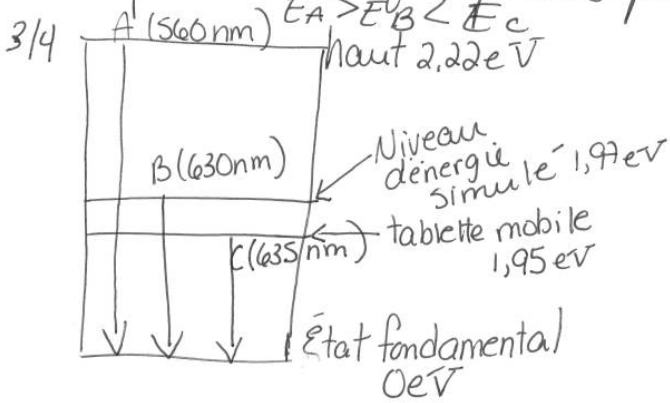
\therefore Visible A (560nm) B (630nm) C (635nm)

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{(4,14 \times 10^{-15} \text{ s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s})}{5,60 \times 10^{-7} \text{ m}} \quad E = \frac{hc}{6,30 \times 10^{-7} \text{ m}} \quad E = \frac{hc}{6,35 \times 10^{-7} \text{ m}}$$

$$E_A = 2,22 \text{ eV} \quad E_B = 1,97 \text{ eV} \quad E_C = 1,95 \text{ eV}$$

- longueur d'onde plus courte = énergie supérieure tel que prouvé par les calculs



- La tablette mobile sera placée juste en-dessous de la tablette simulée parce que les niveaux d'énergie sont très proches et que l'état fondamental est 0eV. Donc le dessus de la tablette sera le niveau d'énergie le plus élevé.

5. Une étagère est une bonne représentation des niveaux d'énergie des électrons. Les tablettes demeurent stationnaires pour un élément donné, et c'est donc une bonne chose. La tablette démontre comment on peut déplacer un objet directement du haut jusqu'en bas ou à différents paliers, comme dans un modèle des niveaux d'énergie des électrons.