

ANNEXE 1 : Modèles, lois et théories scientifiques

Nom : _____

Date : _____

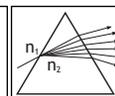
Les sciences sont plus qu'une simple collection de faits et d'observations. Elles comprennent des modèles, des lois, des théories et des preuves qui jouent un rôle important dans notre compréhension de la nature.

Un **modèle scientifique** est une représentation conceptuelle (une illustration) qui décrit et aide à expliquer un phénomène. Un modèle peut être physique (quelque chose de tangible), imaginé (une idée) ou mathématique (des chiffres et des formules). Un bon exemple de modèle scientifique serait le modèle du système solaire. Le modèle géocentrique suppose que la Terre est au centre de l'Univers et que plusieurs sphères sont en orbite circulaire autour de la Terre. Le modèle héliocentrique suppose que plusieurs sphères voyagent autour du Soleil. En sciences de la nature, on emploie des modèles pour faire des prédictions quant au comportement de phénomènes naturels. Par exemple, les modèles géocentrique et héliocentrique permettent de faire des prédictions quant à la position et au mouvement des astres. Si les prédictions sont exactes, les scientifiques acceptent le modèle comme étant une représentation valable du monde naturel. Si le modèle ne réussit pas à expliquer certains comportements, on le modifie ou bien on le remplace. Tandis que le modèle géocentrique ne permet pas d'expliquer adéquatement le phénomène de mouvement rétrograde des planètes, le modèle héliocentrique permet de le faire.

Les observations peuvent aider à évaluer des modèles. Par elles, on peut déceler dans la nature des régularités, appelées **lois scientifiques**. Une loi très simple pourrait être exprimée ainsi : « Ce qui monte finit par redescendre ». Les lois sont souvent représentées par des relations mathématiques (deuxième loi de Newton, loi de Snell, loi d'Ohm). Contrairement à la croyance populaire, les lois ne sont pas absolues, mais souvent limitées à certaines conditions. Par exemple, la loi d'Ohm est seulement valide pour certains matériaux.

Une **théorie scientifique** recueille des prémisses, des lois et des modèles pour formuler une explication compréhensive d'un phénomène. Par exemple, la théorie géocentrique a comme prémisses que la Terre ne peut pas se déplacer. Elle comprend des lois (calculs mathématiques de géométrie) afin d'expliquer la position et le mouvement des astres. Elle comprend aussi un modèle (sphères en orbites circulaires autour de la Terre). La théorie héliocentrique de Kepler a comme prémisses que la Terre peut se déplacer. Elle comprend des lois (lois de Kepler) permettant d'expliquer la position et le mouvement des astres. Elle comprend aussi un modèle (sphères en orbites elliptiques autour du Soleil).

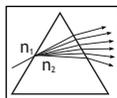
L'emploi des termes *modèle* et *théorie* ne fait pas l'objet de consensus dans la communauté scientifique. Bien que plusieurs manuels scientifiques les emploient de façon interchangeable, les deux termes sont bien distincts et il faut préciser les différences entre eux. Le modèle est une partie intégrante d'une théorie, mais la théorie englobe aussi des prémisses et des lois. La notion de théorie est donc plus large.



ANNEXE 2 : Les boîtes noires – Renseignements pour l'enseignant

Une **boîte noire** est un contenant qui renferme un objet inconnu. Les élèves suivent une série d'étapes pour élaborer un modèle. Dans le tableau ci-dessous, les exemples en italique font référence à une boîte noire renfermant un cylindre et une bille.

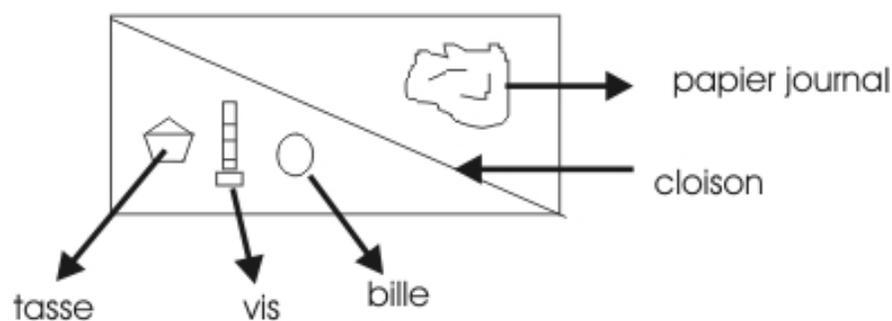
Étape	Exemple
Faire des observations qualitatives ou quantitatives.	Le mouvement de l'objet dans le contenant, les sons qu'il fait, sa masse, s'il est magnétique ou non. <i>Quand on incline la boîte, on entend deux objets frapper les parois. Un des objets semble pouvoir rouler dans tous les sens alors que l'autre glisse dans un sens et roule dans l'autre. Quand les deux objets se frappent, on entend un tintement.</i>
Faire des déductions en interprétant les observations.	À partir du mouvement de l'objet, on pourrait déduire sa forme, sa composition ou sa taille relative au contenant. <i>En se basant sur les observations, on déduit que la boîte renferme un objet sphérique et un objet cylindrique. Le tintement suggère que les deux objets sont métalliques.</i>
Établir une loi à partir des régularités observées.	<i>Quand on incline le côté gauche du contenant, les deux objets se mettent à rouler. Quand on incline le haut du contenant, un objet roule tandis que l'autre glisse.</i> <i>Cette loi qualitative simple comporte des contraintes, à savoir la manière d'incliner la boîte.</i>
Se faire un modèle en construisant une image de l'objet à partir des inférences et des lois.	<i>La boîte renferme deux objets métalliques, l'un sphérique, l'autre cylindrique.</i>
Faire des prédictions basées sur le modèle.	<i>Si l'on plaçait un cylindre métallique et une bille métallique dans une autre boîte, ils devraient se comporter de façon semblable.</i>
Vérifier le modèle en menant des tests .	



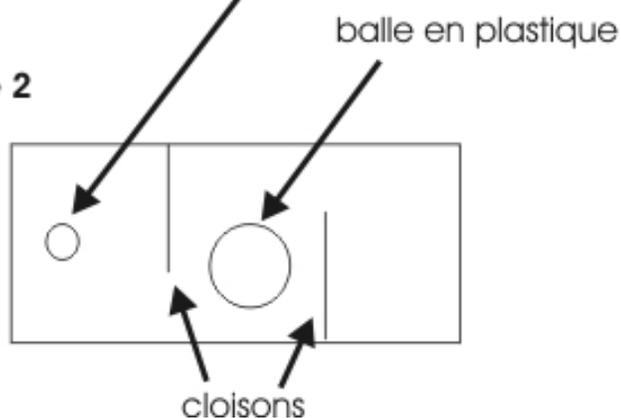
ANNEXE 2 : Les boîtes noires – Renseignements pour l'enseignant (suite)

On peut se procurer les boîtes noires chez les distributeurs de matériel scientifique ou on peut les fabriquer à partir de matériaux peu dispendieux (voir les exemples ci-dessous).

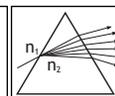
exemple 1



exemple 2



Pour d'autres exemples, consulter *La chimie : Toute une expérience!*, p. 74-77.



ANNEXE 3 : Les aveugles et l'éléphant

Nom : _____

Date : _____

Six hommes d'Hindoustan, très enclins à parfaire leurs connaissances, allèrent voir un éléphant (bien que tous fussent aveugles) afin que chacun, en l'observant, puisse satisfaire sa curiosité.

Le premier s'approcha de l'éléphant et perdant pied, alla buter contre son flanc large et robuste. Il s'exclama aussitôt : « Mon Dieu ! Mais l'éléphant ressemble beaucoup à un mur ! »

Le second, palpant une défense, s'écria : « Ho ! qu'est-ce que cet objet si rond, si lisse et si pointu ? Il ne fait aucun doute que cet éléphant extraordinaire ressemble beaucoup à une lance ! »

Le troisième s'avança vers l'éléphant et, saisissant par inadvertance la trompe qui se tortillait, s'écria sans hésitation : « Je vois que l'éléphant ressemble beaucoup à un serpent ! »

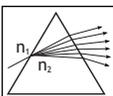
Le quatrième, de sa main fébrile, se mit à palper le genou. « De toute évidence, dit-il, cet animal fabuleux ressemble à un arbre ! »

Le cinquième toucha par hasard à l'oreille et dit : « Même le plus aveugle des hommes peut dire à quoi ressemble le plus l'éléphant ; nul ne peut me prouver le contraire, ce magnifique éléphant ressemble à un éventail ! »

Le sixième commença tout juste à tâter l'animal, la queue qui se balançait lui tomba dans la main. « Je vois, dit-il, que l'éléphant ressemble beaucoup à une corde ! »

Ainsi, ces hommes d'Hindoustan discutèrent longuement, chacun faisant valoir son opinion avec force et fermeté. Même si chacun avait partiellement raison, tous étaient dans l'erreur.

John Godfrey Saxe, poète américain (1816-1887)

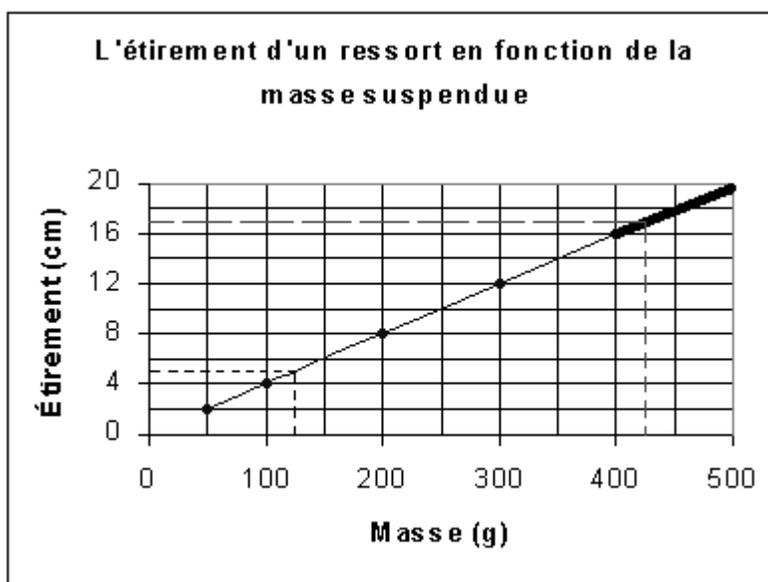


ANNEXE 4 : L'interpolation et l'extrapolation – Renseignements pour l'enseignant

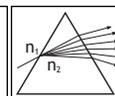
Les représentations graphiques constituent un outil très pratique. Non seulement affichent-elles visuellement la relation entre les données expérimentales, mais elles permettent également au lecteur d'inférer de nouvelles informations.

L'**interpolation** et l'**extrapolation** permettent de répondre à la question « *Quelle serait la valeur de la variable dépendante si la variable indépendante était égale à... ?* ». L'interpolation sert à déterminer des valeurs à l'intérieur de la gamme des valeurs expérimentales étudiées alors que l'extrapolation sert à déterminer des valeurs à l'extérieur de la gamme des valeurs.

Pour effectuer l'interpolation, on trace une ligne pointillée verticale depuis une certaine valeur située sur l'axe horizontal jusqu'à la courbe. Ensuite, on trace une ligne pointillée horizontale jusqu'à l'axe vertical pour déterminer la valeur recherchée. Dans l'exemple ci-dessous, on détermine par interpolation qu'un étirement d'environ 5 cm correspond à une masse de 125 g.



La technique est semblable pour l'extrapolation. Cependant, il faut d'abord prolonger la droite ou la courbe. On fait ainsi une présupposition importante, que la relation continue de la même manière. Ce n'est pourtant pas toujours le cas. Dans l'exemple ci-dessus, on détermine par extrapolation qu'un étirement d'environ 17 cm correspond à une masse de 425 g. Cependant, il se peut que le ressort ne puisse pas supporter une telle masse. L'extrapolation est toujours moins fiable que l'interpolation.



ANNEXE 5 : La précision des mesures – Renseignements pour l'enseignant

Les mesures ne sont jamais exactes. Elles comprennent toujours une certaine erreur ou une incertitude. Il existe deux principaux types d'erreur.

Erreur aléatoire

Ce type d'erreur résulte d'une variation dans les résultats autour d'une valeur moyenne. En d'autres mots, lorsqu'on répète une mesure plusieurs fois, on obtient des valeurs proches, mais qui varient. Ce type d'erreur peut être minimisé en faisant plusieurs mesures. Mais il ne peut jamais être éliminé.

Exemple

On mesure la distance entre Winnipeg et Toronto en se servant de l'odomètre dans sa voiture. On obtient une valeur de 2079,2 km. Si l'on répétait la mesure plusieurs fois en suivant le même trajet, on pourrait obtenir d'autres valeurs, disons de 2075,5 km ou de 2090,3 km, dépendant du nombre de fois qu'on a doublé ou qu'on a quitté la route.

Erreur systématique

Ce type d'erreur résulte d'un problème constant avec l'instrument de mesure, d'une technique erronée, d'un échantillon contaminé ou d'un autre problème constant. Ce type d'erreur peut être éliminé.

Exemple

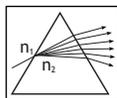
Une balance dont l'aiguille n'est pas fixée à zéro indiquera des mesures qui sont trop élevées ou trop basses. Une horloge qui perd une minute chaque journée n'indiquera jamais un intervalle de temps exact. Un élève qui mesure le volume à partir du haut du ménisque au lieu du bas du ménisque aura toujours une valeur trop élevée.

Pourcentage d'erreur

Le pourcentage d'erreur est une expression quantitative simple de l'écart entre la valeur expérimentale et la valeur théorique. Le pourcentage d'erreur est toujours exprimé comme valeur positive. La formule ci-dessous sert à le calculer :

$$\text{pourcentage d'erreur} = \left| \frac{\text{valeur expérimentale} - \text{valeur théorique}}{\text{valeur théorique}} \right| \times 100\%$$

Les lignes verticales dans la formule représentent la fonction mathématique *valeur absolue*. Cette fonction rend toujours la valeur positive du nombre à l'intérieur. Il est donc impossible d'avoir un pourcentage d'erreur négatif.



ANNEXE 5 : La précision des mesures – Renseignements pour l'enseignant (suite)

Exemple

On détermine expérimentalement que le point de fusion du naphtalène est 78,9 °C, son point de fusion théorique étant 80,2 °C. Détermine le pourcentage d'erreur sur la mesure.

$$\begin{aligned}
 \text{pourcentage d'erreur} &= \left| \frac{\text{valeur expérimentale} - \text{valeur théorique}}{\text{valeur théorique}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{78,9 \text{ °C} - 80,2 \text{ °C}}{80,2 \text{ °C}} \right| \times 100\% \\
 &= 1,6 \%
 \end{aligned}$$

Précis ou exact?

Les termes *précis* et *exact* sont employés de façon interchangeable dans la langue courante. Par contre, ils ont une signification distincte en sciences de la nature.

- La précision se réfère au nombre de places décimales que fournit un instrument de mesure. Une balance qui mesure au dixième de gramme est moins précise qu'une balance qui mesure au centième de gramme. La précision d'une mesure est aussi reliée à d'autres facteurs. C'est pour cela qu'on devrait répéter une mesure plusieurs fois. Lorsqu'on obtient des mesures comparables, on peut dire que nos manipulations sont précises. Cependant, la précision d'une mesure ne peut pas être plus grande que la précision de nos instruments.
- L'exactitude se réfère plutôt à la proximité entre une valeur expérimentale et la valeur théorique. Dans l'expérience sus-mentionnée, un résultat de 3,19 serait moins exact qu'un résultat de 3,14. Il est possible d'avoir un résultat exact qui est imprécis (par exemple, un résultat de 3,1) tout comme il est possible d'avoir un résultat précis mais inexact (par exemple, un résultat de 3,1943). Les diagrammes ci-dessous illustrent ce point :



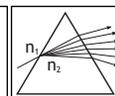
Des résultats précis mais
inexacts.



Des résultats imprécis mais
exacts.



Des résultats à la fois précis
et exacts.



ANNEXE 6 : Rapport d'expérience – Le rebondissement d'une balle

Nom : _____

Date : _____

Question

Quelle est la relation entre la hauteur initiale d'une balle et le rebondissement?

Hypothèse

1. Selon ton expérience personnelle, que crois-tu sera la relation entre les deux variables? Explique ton raisonnement.
2. Trace une esquisse du graphique que tu prévois obtenir.

Démarche

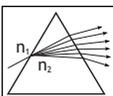
1. Quelles sont les variables indépendante et dépendante? Justifie tes réponses. (Revois ton esquisse et, au besoin, fais des changements.)
2. Nomme au moins trois variables qu'il faut garder constantes.
3. Énumère les étapes que tu penses sont nécessaires pour répondre à la question.
4. Effectue ces étapes et note tout changement nécessaire pour améliorer la clarté, l'organisation ou le design expérimental. Assure-toi que les étapes sont assez bien rédigées pour que quelqu'un d'autre puisse les suivre sans difficulté.

Observations

1. Trace un diagramme à l'échelle qui illustre le rebondissement obtenu pour des hauteurs initiales de 30, 60 et 90 cm. Les trois positions sont-elles des multiples les unes des autres? Ce tableau constitue le mode de représentation visuelle.
2. Prépare un tableau de données en t'assurant de le tracer à l'aide d'une règle, d'étiqueter les colonnes et d'indiquer les unités de mesure de chaque variable une seule fois en haut de chaque colonne. Ce tableau constitue le mode de représentation numérique.

Analyse

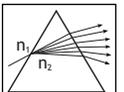
1. Dresse un graphique des données en tenant compte des critères présentés en classe. Ce graphique constitue le mode de représentation graphique.
2. Énonce la relation de proportionnalité entre les deux variables. Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.
3. Calcule la pente du graphique en indiquant la formule employée ainsi que les unités de mesure, s'il y a lieu.
4. Énonce l'équation qui décrit la régularité observée. Inclus les unités de la pente. Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.



ANNEXE 6 : Rapport d'expérience – Le rebondissement d'une balle (suite)

Conclusion

1. Acceptes-tu ton hypothèse initiale? Pourquoi? Si non, pourquoi pas?
2. Que signifie la pente du graphique de cette expérience?
3. Est-ce qu'une boule de quilles aurait une pente plus élevée ou moins élevée? Explique.
4. Penses-tu qu'il serait possible d'avoir une pente supérieure à 1? Pourquoi? Si non, pourquoi pas?
5. Si tu développais une balle pour un sport particulier, quels facteurs devrais-tu tenir en ligne de compte?
6. En quoi les résultats de cette expérience constituent-ils une loi scientifique?



ANNEXE 7 : Rapport d'expérience – La longueur d'une ombre

Nom : _____

Date : _____

Question

Quelle est la relation entre la hauteur d'un objet et la longueur de son ombre?

Hypothèse

1. Selon ton expérience personnelle, que crois-tu sera la relation entre les deux variables?
2. Trace une esquisse du graphique que tu prévois obtenir.

Démarche

1. Quelles sont les variables indépendante et dépendante? Justifie tes réponses (Revois ton esquisse et, au besoin, fais des changements.)
2. Nomme au moins trois variables qu'il faut garder constantes.
3. Énumère les étapes que tu penses sont nécessaires pour répondre à la question.
4. Effectue ces étapes et note tout changement nécessaire pour améliorer la clarté, l'organisation ou le design expérimental. Assure-toi que les étapes sont assez bien rédigées pour que quelqu'un d'autre puisse les suivre sans difficulté.

Observations

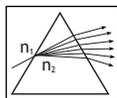
1. Trace un diagramme à l'échelle qui illustre la longueur de l'ombre pour trois tailles d'objets. Les trois positions sont-elles des multiples les unes des autres? Ce tableau constitue le mode de représentation visuelle.
2. Prépare un tableau de données en t'assurant de le tracer à l'aide d'une règle, d'étiqueter les colonnes et d'indiquer les unités de mesure de chaque variable une seule fois en haut de chaque colonne. Ce tableau constitue le mode de représentation numérique.

Analyse

1. Dresse un graphique des données en tenant compte des critères présentés en classe. Ce graphique constitue le mode de représentation graphique.
2. Énonce la relation de proportionnalité entre les deux variables. Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.
3. Calcule la pente du graphique en indiquant la formule employée ainsi que les unités de mesure, s'il y a lieu.
4. Énonce l'équation qui décrit la régularité observée (loi). Cette équation constitue le mode de représentation symbolique.

Conclusion

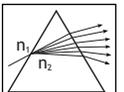
1. Acceptes-tu ton hypothèse initiale? Pourquoi? Si non, pourquoi pas?
2. Que signifie la pente du graphique de cette expérience?
3. Compare tes résultats avec des données recueillies pour une longue période de temps (par exemple quelques heures).
4. Y a-t-il des contraintes à ta loi mathématique?
5. Ta loi sera-t-elle pareille demain? L'année prochaine?



ANNEXE 8 : Étapes de l'étude scientifique

Nom : _____

Date : _____



ANNEXE 9 : Grille d'évaluation – Le rapport d'expérience

Nom : _____

Date : _____

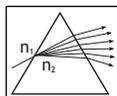
Évaluation du rapport d'expérience

Titre de l'expérience : _____

Membres de l'équipe : _____

Critères	Points possibles*	Auto-évaluation	Évaluation par l'enseignant
<p><i>Formuler une question</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la question mène à l'étude et l'objet est bien ciblé (comporte une relation de cause à effet) 			
<p><i>Émettre une prédiction</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les variables dépendante et indépendante sont définies la prédiction comporte une relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante 			
<p><i>Élaborer le plan</i></p> <ul style="list-style-type: none"> le matériel nécessaire est choisi les variables à contrôler sont déterminées les étapes sont énumérées et décrites clairement les mesures de sécurité sont prises en compte l'élimination des déchets est prévue les éléments suivants sont modifiés au besoin et une justification est fournie <ul style="list-style-type: none"> le matériel les variables les mesures de sécurité la démarche 			
<p><i>Réaliser le test, observer et consigner les observations</i></p> <ul style="list-style-type: none"> l'expérience fait l'objet d'essais répétés les données sont consignées en détail et avec les unités appropriées les données sont consignées clairement, de façon structurée et dans un format approprié 			
<p><i>Analyser et interpréter les résultats</i></p> <ul style="list-style-type: none"> les diagrammes sont utilisés au besoin les régularités, les tendances ou les écarts sont précisés les forces et les faiblesses de la méthode et les sources d'erreur possibles sont décrites toute modification au plan initial est décrite et justifiée 			
<p><i>Tirer une conclusion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> la relation de cause à effet entre les variables dépendante et indépendante est expliquée d'autres explications sont élaborées la prédiction s'est avérée juste ou inexacte 			
Total des points			

* **Remarque** : L'enseignant ou les élèves de la classe attribuent des points selon les mérites particuliers de l'expérience.



ANNEXE 10 : Exercice – L'analyse de données

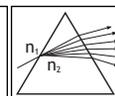
Nom : _____

Date : _____

- En faisant une expérience pour son cours de chimie, Marguerite synthétise un produit chimique. Pour déterminer si son échantillon est pur ou non, elle détermine son point de fusion cinq fois. Elle obtient des valeurs de 313,0 K; 313,8 K; 314,2 K; 314,7 K; 315,8 K. La valeur théorique du point de fusion est de 316,1 K.
 - Quel est le point de fusion moyen?
 - Les données de Marguerite manifestent-elles une erreur aléatoire? Explique ta réponse.
 - Les données de Marguerite manifestent-elles une erreur systématique? Explique ta réponse.
 - Quel est le pourcentage d'erreur dans son expérience?
- Zach suspend d'un ressort des masses de 100,0 g, 200,0 g et 300,0 g. Trace une représentation visuelle des résultats qu'il obtient.
- Jean-Yves entreprend une expérience pour déterminer la relation entre le volume d'un cylindre et sa hauteur. Il choisit des cylindres de rayon identique mais de hauteur variée. Voici la représentation numérique de ses données :

Hauteur (cm)	Volume (ml)
2,0	60,2
4,0	119,8
6,0	181,1
8,0	240,4
10,0	298,5

- Quelle est la variable indépendante? Explique ta réponse.
- Est-ce qu'il s'agit d'une relation de proportionnalité directe? Si oui, explique pourquoi et indique la relation sous forme symbolique. Si non, explique quels changements il faudrait faire aux données pour qu'elles constituent une relation de proportionnalité directe.
- À partir du tableau de données, quel serait le volume d'un cylindre dont la hauteur est de 3,0 cm, de 20,0 cm, de 47,3 cm? Montre ton travail.
- Détermine la constante de proportionnalité pour chaque paire de données et calcule la valeur moyenne en indiquant les unités.
- Si la valeur théorique de la constante de proportionnalité était de 28,4 ml/cm, quel serait le pourcentage d'erreur de la valeur expérimentale moyenne trouvée dans la question précédente?
- Écris l'équation mathématique qui relie les deux variables. Dans quelles circonstances cette loi scientifique s'applique-t-elle?



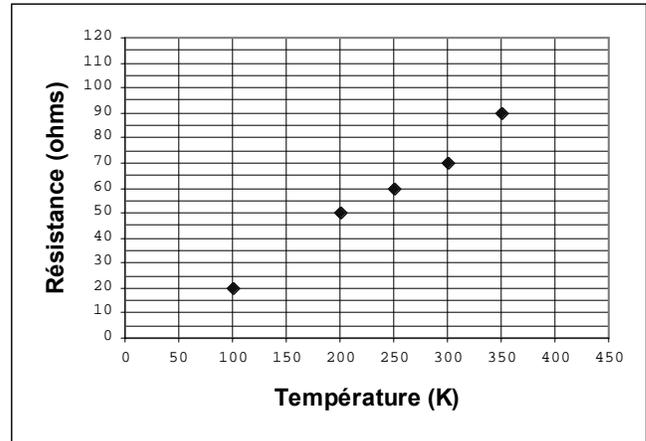
ANNEXE 10 : Exercice – L'analyse de données (suite)

4. Mona fait une expérience pour mesurer la résistance (R) d'un circuit électrique à diverses températures (T). Elle garde constants la longueur des fils électriques et le nombre d'ampoules dans le circuit. La représentation graphique de ses données est présentée ci-dessous.

a) Quel serait un titre approprié pour ce graphique?

b) S'agit-il d'une proportionnalité directe? Si oui, explique pourquoi et écris la relation de proportionnalité sous forme symbolique. Si non, explique pourquoi.

c) Tous les points expérimentaux ne tombent pas exactement sur la droite. De quel type d'erreur s'agit-il?



d) Quelle serait la valeur de la résistance à une température de 150 K? de 400 K? Par quelle(s) technique(s) as-tu déterminé ces valeurs? Laquelle des prédictions est la moins fiable. Explique ta réponse.

e) Détermine la pente de la droite et écris l'équation mathématique qui relie les deux variables. Cette équation constitue la représentation symbolique.

