



Lycée(s)	Général	Technologique	Professionnel	
Niveau(x)	CAP	Seconde	Première	Terminale
Enseignement(s)	Commun	De spécialité	Optionnel	

**Physique-chimie**

## L'utilisation des QCM en voie professionnelle

Mesures et incertitudes : quelle variabilité dans le résultat d'une mesure ?

Cette ressource présente des situations pédagogiques favorables à l'emploi de questionnaires à choix multiples (QCM) en physique-chimie. L'usage des QCM est explicité dans la « Présentation de l'usage des QCM- Utilisation des QCM en voie professionnelle » sur la page « [Programmes et ressources en physique-chimie - voie professionnelle](#) ».

### Référence au programme

**Niveau :** première professionnelle

**Domaine :** Transversal

**Mesures et incertitudes :** quelle variabilité dans le résultat d'une mesure ?

La transversalité de ce module de formation induit des formes d'exploitation très variées de cette planche de QCM. Certaines questions peuvent être exploitées pour introduire une notion, initier un débat scientifique en classe, en point d'étape, ou encore comme un bilan intermédiaire, de façon à s'assurer de la bonne assimilation des notions théoriques visées. Cette planche de QCM n'a pas vertu à être systématiquement traitée dans l'ordre proposé ni à être exploitée dans sa totalité.

Les éléments de réponses mentionnés dans le QCM pourront être amenés par l'enseignant à l'issue des pratiques expérimentales concernées (module chimie, module son...) aux moments opportuns.

Mesures et incertitudes : quelle variabilité dans le résultat d'une mesure ?	
Capacités	Connaissances
<p>Analyser les enjeux de l'évaluation d'une incertitude de mesure.</p> <p>Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type.</p> <p>Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes.</p> <p>Déterminer l'incertitude associée à une mesure simple réalisée avec un instrument de mesure à partir des indications figurant dans sa notice d'utilisation (éventuellement simplifiée).</p> <p>Écrire avec un nombre adapté de chiffres significatifs le résultat d'une mesure.</p>	<p>Savoir que la mesure d'une grandeur physique présente toujours une incertitude due à l'instrument de mesure, à son utilisation et à la variabilité de facteurs non contrôlés.</p> <p>Savoir que la moyenne d'une série de mesures indépendantes est le meilleur estimateur de la valeur de la grandeur étudiée.</p> <p>Savoir que la dispersion d'une série de mesures indépendantes peut être approximativement évaluée en calculant l'écart-type de la distribution des mesures.</p> <p>Savoir que cette dispersion est un estimateur de l'incertitude de mesure.</p> <p>Savoir que l'incertitude associée à une mesure effectuée avec un instrument peut s'évaluer à partir d'indications fournies par le constructeur.</p>

## Mesures et incertitudes 1

### Questionnaire à choix multiples

Pour chaque question, une ou plusieurs réponses peuvent être correctes.

Lien du quiz numérique sur l'application Quizinière pour le questionnaire « Mesures et incertitudes 1 » : <https://www.quiziniere.com/exercices/partage/5G69E596GQ>

#### Question 1 :

Lors d'une mesure expérimentale, la valeur mesurée est toujours :

1. une valeur qui peut être différente de la valeur vraie de la grandeur physique mesurée, mais qui permet d'obtenir une estimation approchée de celle-ci.
2. la valeur vraie qui traduit avec une exactitude parfaite la réalité physique.
3. la valeur qui peut être vraie si l'appareil de mesure et/ou l'opérateur est/sont suffisamment précis.

#### Question 2 :

Lors d'un travail expérimental consistant à vérifier la fréquence d'un diapason avec un capteur sonomètre, on mesure la période du signal obtenu avec un logiciel d'acquisition.

Choisir le protocole préférable parmi les suivants :

1. Mesurer une valeur de la période en repérant les instants de passage par zéro du signal sur quelques périodes. En déduire la fréquence correspondante. La valeur de la fréquence obtenue est alors exactement celle du diapason.
2. Réaliser plusieurs acquisitions dans les mêmes conditions en mesurant à chaque fois la période associée selon le protocole indiqué en 1. Calculer la fréquence pour chaque période mesurée, puis choisir celle qui semble s'approcher le plus de la valeur théorique du diapason.
3. Réaliser plusieurs acquisitions dans les mêmes conditions en mesurant à chaque fois la période associée selon le protocole indiqué en 1. Calculer la fréquence pour chaque période mesurée, puis faire la moyenne de toutes ces grandeurs pour obtenir une estimation de la fréquence du diapason.

#### Question 3 :

La vitesse du son dans l'air est mesurée par plusieurs expérimentateurs dans des conditions similaires (montage ci-dessous). Tous réalisent le même nombre de mesures mais leurs résultats diffèrent sensiblement.



Source : LP Rompsay La Rochelle

Comment expliquer la différence entre les différents résultats ?

1. Chaque opérateur est soumis aux incertitudes liées à la mesure du retard temporel de l'onde sonore parvenant au capteur.
2. Chaque opérateur est soumis aux incertitudes liées à la mesure du retard temporel de l'onde sonore parvenant au capteur et aux mesures des distances capteur-diapason à la règle.
3. Chaque opérateur a frappé le diapason à l'aide du marteau avec une force différente.
4. Chaque opérateur a calculé la moyenne de ses mesures.

Question 4 :

On dispose du tableau suivant donnant la précision de certaines fioles et pipettes jaugées :

FIOLES JAUGEES	Erreur sur le volume (mL)	
	Classe A	Classe B
10 mL	+/- 0,025	
20 ou 25 mL	+/- 0,04	
50 mL	+/- 0,06	+/- 0,15
100 mL	+/- 0,10	+/- 0,20
200 ou 250 mL	+/- 0,15	+/- 0,30
500 mL	+/- 0,25	+/- 0,50
1000 mL	+/- 0,40	+/- 0,80

PIPETTES JAUGEES	Erreur sur le volume (mL)	
	Classe A	Classe B
1 mL	+/- 0,007	+/- 0,015
2 mL	+/- 0,010	+/- 0,020
5 mL	+/- 0,015	+/- 0,030
10 mL	+/- 0,020	+/- 0,040
15 mL	+/- 0,025	+/- 0,050
20 mL ou 25 mL	+/- 0,030	+/- 0,060
50 mL	+/- 0,050	+/- 0,10
100 mL	+/- 0,080	+/- 0,16

La préparation d'un litre de solution diluée nécessite de réaliser une prise d'essai de 10 mL de solution mère de  $(\text{Na}^+, \text{Cl}^-)$  de  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  à placer dans une fiole jaugée de haute précision de 1 000 mL que l'on complète jusqu'au trait à l'aide d'eau distillée.

On utilise une pipette de classe A.

L'écriture qui décrit au mieux la concentration en  $(\text{Na}^+, \text{Cl}^-)$  de la solution diluée est :

1.  $0,010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
2.  $0,0100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
3.  $0,01000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

Question 5 :

La classe est invitée à mesurer la fréquence d'un même diapason dont la valeur nominale est 440 Hz (garantie par le constructeur à 0,5 Hz près). Un protocole similaire à celui de la question 2 est utilisé.

Les valeurs à 3 chiffres significatifs rapportées par chaque élève de la classe donnent le tableau suivant qui précise le nombre d'élèves ayant obtenu les valeurs indiquées.

L'analyse statistique de ces données montre que la valeur moyenne des valeurs de fréquence du tableau est 440,89 Hz et l'écart type est : 4,8128 Hz (5 chiffres significatifs)

Préciser si les affirmations suivantes sont exactes ou fausses

Valeurs (Hz)	434	436	437	440	443	444	447	449
Nombre élèves	2	4	1	1	3	3	2	1

1. La meilleure estimation de la fréquence est 436 Hz, car c'est celle qu'ont obtenue le plus d'élèves.
2. L'incertitude d'une mesure effectuée par un élève est de 25 Hz (valeur maximale – valeur minimale).
3. Un seul élève a trouvé la bonne valeur.
4. On peut écrire que la fréquence du diapason est 440,89 Hz avec une incertitude de 4,813 Hz.
5. On peut écrire que la fréquence du diapason est 441 Hz avec une incertitude de 4,8 Hz.
6. Le diapason n'est pas conforme, puisque les mesures de la classe conduisent à une fréquence de 441 Hz : il faut le rendre au fournisseur et se faire rembourser.

## Réponses, compléments et exploitation pédagogique

Les réponses correctes sont notées en rouge.

Question	Connaissance ou Capacités évaluées	Correction et/ou Analyse des distracteurs selon les propositions de réponse
1	Savoir que la mesure d'une grandeur physique présente toujours une incertitude due à l'instrument de mesure, à son utilisation et à la variabilité de facteurs non contrôlés.	<p>1. <b>une valeur qui peut être différente de la valeur vraie<sup>1</sup> de la grandeur physique mesurée, mais qui permet d'obtenir une estimation approchée de celle-ci.</b></p> <p>Quel que soit le protocole ou l'appareil utilisé, on ne pourra être certain d'obtenir la « valeur vraie » traduisant la réalité physique qui nous entoure. Dans la pratique, les scientifiques savent estimer ou borner la différence entre la valeur mesurée et la valeur vraie. Cette estimation fait l'objet du domaine scientifique des incertitudes de mesure.</p> <p>2. <b>la valeur vraie qui traduit avec une exactitude parfaite la réalité physique.</b></p> <p>Cette réponse, en cohérence avec la réponse 1, n'est pas recevable.</p> <p>3. <b>la valeur qui peut être vraie si l'appareil de mesure et/ou l'opérateur est/sont suffisamment précis.</b></p> <p>On peut imaginer faire une mesure avec une précision extrême, mais celle-ci aura toujours ses limites liées à la technologie de l'appareil et au processus d'exécution.</p>
2	Savoir que la moyenne d'une série de mesures indépendantes est le meilleur estimateur de la valeur de la grandeur étudiée.	<p>1. <b>Mesurer une valeur de la période en repérant les instants de passage par zéro du signal sur quelques périodes. En déduire la fréquence correspondante. La valeur de la fréquence obtenue est alors exactement celle du diapason.</b></p> <p>La réponse n'est pas satisfaisante, car une mesure ne donne jamais la valeur exacte de la grandeur mesurée, quel que soit le protocole envisagé.</p> <p>2. <b>Réaliser plusieurs acquisitions dans les mêmes conditions en mesurant à chaque fois la période associée selon le protocole indiqué en question 1. Calculer la fréquence pour chaque période mesurée, puis choisir celle qui semble s'approcher le plus de la valeur théorique du diapason.</b></p> <p>La réponse n'est pas acceptable : choisir une mesure en fonction d'un résultat attendu n'est pas une démarche scientifique.</p> <p>3. <b>Réaliser plusieurs acquisitions dans les mêmes conditions en mesurant à chaque fois la période associée selon le protocole indiqué en question 1. Calculer la fréquence pour chaque période mesurée, puis faire la moyenne de toutes ces grandeurs pour obtenir une estimation de la fréquence du diapason.</b></p>

<sup>1</sup> Noter que la notion même de « valeur vraie » peut être remise en question dans la mesure où celle-ci est inaccessible, en pratique. Le programme n'aborde pas cette discussion – qui est sans conséquence concrète au niveau où nous nous plaçons - et admet qu'il existe une valeur vraie pour tout paramètre physique, qu'un protocole de mesure adéquatement conçu pourrait approcher avec une précision arbitraire. Il s'agit d'une grandeur *limite*.

		<p>La réponse est correcte car, comme écrit dans le programme : « la valeur moyenne d'une série de mesures indépendante est le meilleur estimateur de la valeur de la grandeur mesurée. »</p>
3	<p>Savoir que la mesure d'une grandeur physique présente toujours une incertitude due à l'instrument de mesure, à son utilisation et à la variabilité de facteurs non contrôlés.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Chaque opérateur est soumis aux incertitudes liées à la mesure du retard temporel de l'onde sonore parvenant au capteur.</b> La réponse est insuffisante car elle ne mentionne qu'une seule cause d'incertitude.</li> <li><b>Chaque opérateur est soumis aux incertitudes liées à la mesure du retard temporel de l'onde sonore parvenant au capteur et aux mesures des distances capteur-diapason à la règle.</b> La réponse est attendue : il s'agit ici du cumul de deux incertitudes : la mesure du temps sur le logiciel et la mesure de la distance du diapason au capteur qui peut s'avérer imprécise sur une règle graduée. Ainsi, chaque opérateur, bien qu'opérant dans les mêmes conditions, procède différemment pour ses mesures et est donc susceptible d'obtenir des résultats légèrement différents des autres.</li> <li><b>Chaque opérateur a frappé le diapason à l'aide du marteau avec une force différente.</b> La réponse n'est pas recevable car l'intensité sonore n'est pas un paramètre déterminant dans le cadre de cette étude.</li> <li><b>Chaque opérateur a calculé la moyenne de ses mesures.</b> La réponse n'explique pas pourquoi les valeurs des mesures sont différentes. Un calcul mathématique n'est pas à l'origine d'incertitudes.</li> </ol>

### Complément

- Quelle que soit la mesure envisagée, tout appareil doit être étalonné au préalable.
- La mesure d'une tension à l'aide d'un voltmètre donne une valeur unique, une indication. Mais si on prend d'autres voltmètres de la même marque, on obtient d'autres indications. La variabilité de la mesure existe, mais elle est ici masquée si l'on n'envisage qu'un instrument unique. (Source : *Mesures et incertitudes au lycée – Groupe IREM « Mesures et incertitudes » - Université de Paris - Julien Browaeys*)



Figure 1 – Plusieurs voltmètres de la même référence branchés en parallèle sur une source de tension. Ils n'affichent pas la même valeur, mettant en évidence la variabilité cachée de la mesure d'une tension à l'aide d'un voltmètre unique.

(Source : équipe technique de l'UFR de Physique de l'Université de Paris)

Question	Connaissance ou Capacités évaluées	Correction et/ou Analyse des distracteurs selon les propositions de réponse
4	<p>Déterminer l'incertitude associée à une mesure simple réalisée avec un instrument de mesure à partir des indications figurant dans sa notice d'utilisation (éventuellement simplifiée).</p> <p>Écrire avec un nombre adapté de chiffres significatifs le résultat d'une mesure.</p>	<p>1. <b>0,010 mol·L<sup>-1</sup></b></p> <p>2. <b>0,0100 mol·L<sup>-1</sup></b> En effet, un intervalle raisonnable de valeurs possibles pour la concentration est, d'après le tableau : [0,00998 ; 0,01002] mol·L<sup>-1</sup>. En effet, la valeur numérique à deux chiffres significatifs 0,010 correspond à n'importe quelle valeur dans l'intervalle [0,0095 ; 0,0105[, la valeur 0,0100 à [0,00995 ; 0,1005[ et la valeur 0,01000 à l'intervalle [0,009995 ; 0,010005[. Par conséquent la représentation à trois chiffres significatifs correspond au plus petit intervalle qui recouvre l'intervalle raisonnable des valeurs possibles pour la concentration.</p> <p>3. <b>0,01000 mol·L<sup>-1</sup></b></p>

**Complément :**

En fait la donnée de trois chiffres significatifs est moins précise que le résultat de la mesure. Si on veut rendre justice à la précision de la mesure, il faut expliciter l'incertitude : on écrira que la concentration finale de la solution est 0,0100 mol·L<sup>-1</sup> avec une incertitude de  $2 \times 10^{-5}$  mol·L<sup>-1</sup>

Question	Connaissance ou Capacités évaluées	Correction et/ou Analyse des distracteurs selon les propositions de réponse
5.1	Savoir que la moyenne d'une série de mesures indépendantes est le meilleur estimateur de la valeur de la grandeur étudiée.	1. <b>La meilleure estimation de la fréquence est 436 Hz, car c'est celle qu'ont obtenue le plus d'élèves.</b> <b>Faux</b> : La moyenne d'une série de mesures indépendantes est le meilleur estimateur de la valeur de la grandeur étudiée.
5.2	Savoir que la dispersion d'une série de mesures indépendantes peut être approximativement évaluée en calculant l'écart-type de la distribution des mesures.	2. <b>L'incertitude d'une mesure effectuée par un élève est de 25 Hz (valeur maximale – valeur minimale).</b> <b>Faux</b> : L'incertitude sur le résultat d'une mesure peut être estimée par l'écart type des valeurs obtenues dans une série de mesure, ce n'est pas la largeur de l'intervalle des valeurs trouvées.
5.3	Savoir que la mesure d'une grandeur physique présente toujours une incertitude due à l'instrument de mesure, à son utilisation et à la variabilité de facteurs non contrôlés.	3. <b>Un seul élève a trouvé la bonne valeur.</b> <b>Faux</b> : il n'y a pas de « bonne » valeur. La fréquence du diapason étudié n'est pas nécessairement égale à la valeur nominale.
5.4	Écrire avec un nombre adapté de chiffres significatifs le résultat d'une mesure.	4. <b>On peut écrire que la fréquence du diapason est 440,89 Hz avec une incertitude de 4,813 Hz.</b> <b>Faux</b> : Le nombre de chiffres significatifs est trop élevé au regard de l'incertitude
5.5		5. <b>On peut écrire que la fréquence du diapason est 441 Hz avec une incertitude de 4,8 Hz.</b> <b>Vrai</b> : Le nombre de chiffres significatifs est correct.
5.6	Déterminer l'incertitude associée à une mesure simple réalisée avec un instrument de mesure à partir des indications figurant dans sa notice d'utilisation (éventuellement simplifiée).	6. <b>Le diapason n'est pas conforme, puisque les mesures de la classe conduisent à une fréquence de 441 Hz : il faut le rendre au fournisseur et se faire rembourser.</b> <b>Faux</b> : Le constructeur indique que l'écart entre la fréquence réelle et la fréquence nominale ne doit pas être beaucoup plus grand que 0,5 Hz il est raisonnable de penser que dans la plupart des cas la fréquence de ce diapason se trouvera dans l'intervalle [439,5 ; 440,5] Hz. La mesure effectuée par la classe indique que l'intervalle de valeurs raisonnablement possibles pour la valeur vraie du diapason étudié est environ [436 ; 446] Hz (valeurs comprises entre la moyenne et plus ou moins un écart type). La valeur nominale est dans cet intervalle. Donc, avec la précision de mesure utilisée, le diapason est conforme. Il faudrait faire une mesure plus précise (avec une incertitude de l'ordre de ou inférieure à celle qui est indiquée par le constructeur) pour mettre en évidence une non-conformité.