Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date: .....

Mesure de la masse volumique de l'air

Objectifs	Classe
☐ Loi fondamentale de la statique des fluides. ☐ *Tester la loi fondamentale la statique des fluides.* ☐ Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente.	$1^{\text{ère}}$ Spé
	Durée
	2 h

Sur la paillasse

- Un smartphone,
- Application Phyphox ou équivalente.

Contexte du sujet

Nous avons déjà établi que dans l'eau, la relation entre pression et altitude est donnée par la loi fondamentale de la statique des fluides:

$$\boxed{\Delta P = -\rho \cdot g \cdot \Delta z} \tag{1}$$

où

- $\Delta P = P_B - P_A$ est la différence de pression entre les points A et B (en Pa);
- ρ est la masse volumique du fluide (en $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$);
- g est l'intensité du champ de pesanteur ($g = 9{,}81\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$) ;
- $\Delta z = z_B - z_A$ est la différence d'altitude entre les points A et B (en m).

Cette loi se vérifie-t-elle également dans l'air ?[1]

Pour tenter de répondre à ce problème, nous allons mesurer la pression et l'altitude en différents points entre la plage de Reñaca et le lycée.

Documents

Document 1: Mesure de pression avec un téléphone

Le module *Pression* de l'application *Phyphox* (onglet *Composantes*) fournit les valeurs mesurées par le capteur de pression du téléphone. L'incertitude de mesure doit être évaluée par l'utilisateur.

Document 2: Mesure d'altitude avec un téléphone

Le module *Localisation (GPS)* de l'application *Phyphox* (onglet *Composantes*) fournit les coordonnées GPS (et donc l'altitude) en communiquant avec une constellation de satellites.
Il fournit également l'incertitude sur la localisation (appelée *précision* dans l'application).
⚠Il faut activer le GPS.

[1] Travail basé sur `https://jcmt.notion.site/Relation-entre-pression-de-l-air-et-altitude-b055993d96cb4e3081ad05a193`

Document 3: Masse volumique de l'air

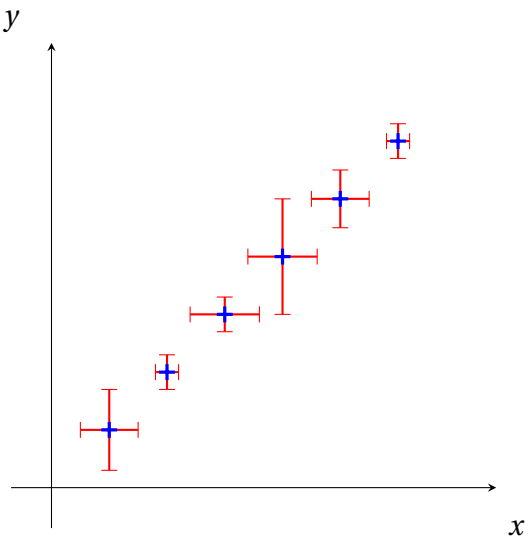
Dans les conditions de l'expérience, on considère que la masse volumique ρ de l'air a la même valeur quelle que soit l'altitude, et qu'elle ne dépend pas de l'humidité de l'air. En revanche, la température de l'air est à prendre en compte.

T (°C)	ρ (kg·m^{-3})
−10	1,341
−5	1,316
0	1,292
5	1,269
10	1,247
15	1,225
20	1,204
25	1,184
30	1,164

Table 1: Variation de la masse volumique ρ de l'air en fonction de la température T.

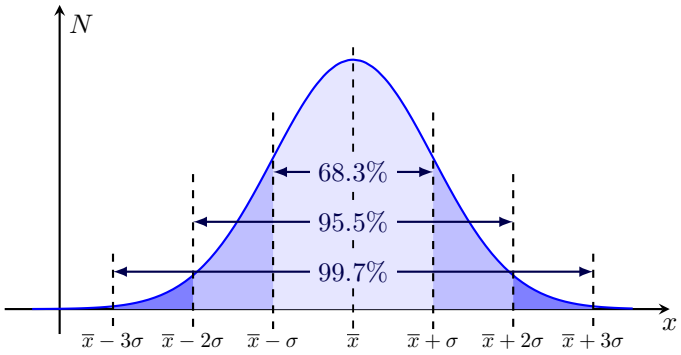
Document 4: Barres d'erreur sur un graphique

Les barres d'erreur sont une représentation graphique de la variabilité des données.
Pour les tracer, il faut connaître l'incertitude associée à chaque mesure.



Document 5: Estimation de l'incertitude-type

Lors d'une mesure d'une grandeur x , connaître la valeur « vraie » est rigoureusement impossible : toute mesure est entachée d'une erreur, et on appelle **incertitude** le paramètre qui caractérise la dispersion des valeurs autour d'une valeur moyenne $\overline{x}$ lors d'une mesure.
Dans les conditions de notre expérience, on pourra estimer la valeur de l'incertitude à l'aide du calcul de l'incertitude-type notée $\mathrm{u}(x)$. En effet, la distribution des valeurs suit une loi dite « normale » (voir figure ci-dessous):



L'incertitude-type se calcule alors en divisant l'écart-type s (qui représente la « largeur » de la courbe ci-dessus) par la racine carrée du nombre n de mesures réalisées.
Avec l'écart-type (sur un échantillon):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}} \tag{2}$$

Et l'incertitude-type:

$$\boxed{\mathrm{u}(x) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \tag{3}$$

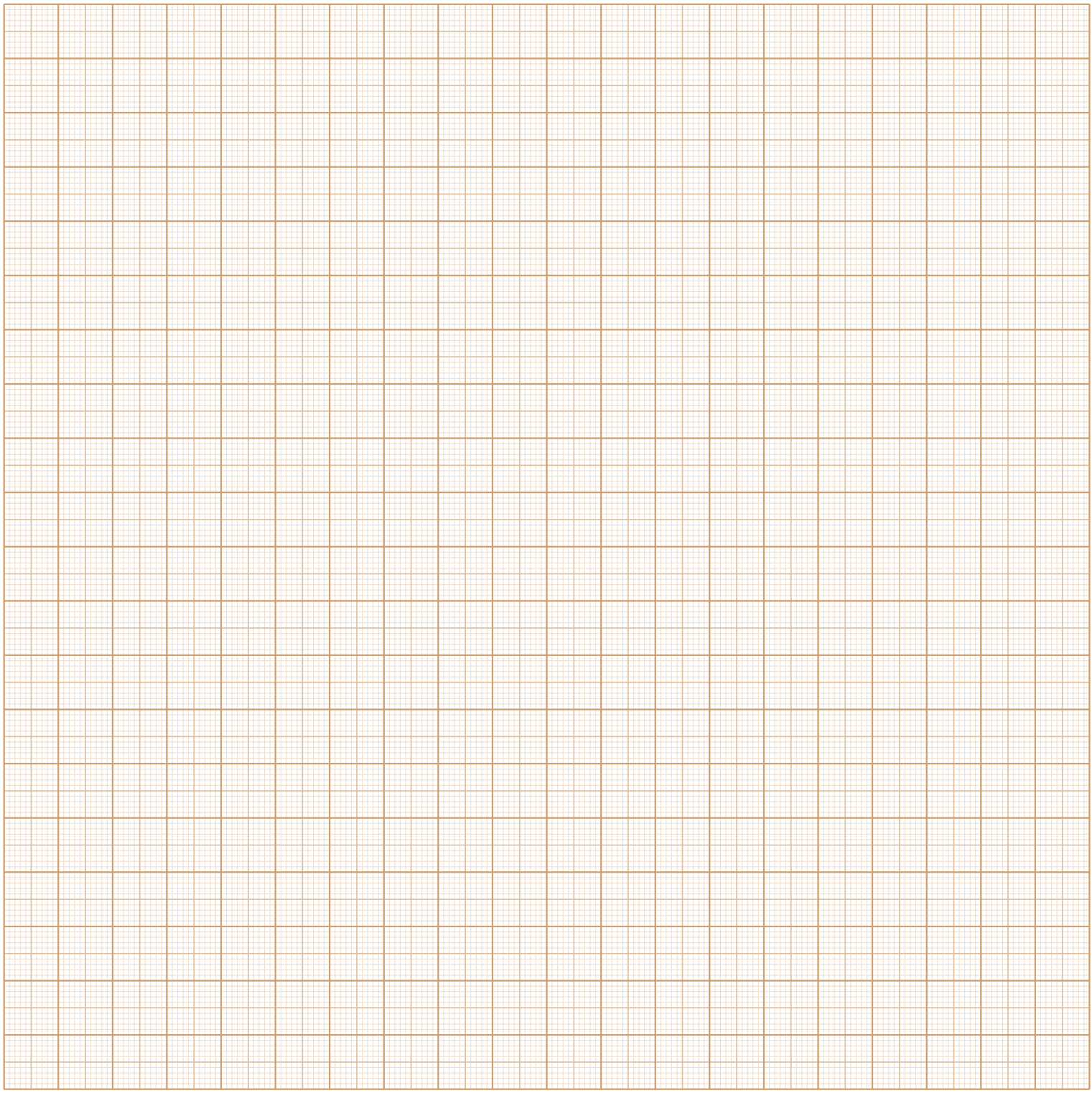
On peut considérer qu'un résultat de mesure est **compatible** avec une valeur de référence lorsque l'**écart entre les deux est inférieur ou égal à deux fois l'incertitude-type**.

Mesures

1. Mettre en œuvre le protocole nécessaire pour réaliser une dizaine de mesures et remplir le tableau suivant:

Altitude z_B (en m)	Incertitude sur l'altitude z_B (en m)	Pression P_B (en Pa)	Incertitude sur la pression P_B (en Pa)

2. Représenter graphiquement les mesures en traçant ΔP en fonction de Δz. (On prendra le point le plus bas comme référence pour l'altitude (notée z_A) et pour la pression (notée P_A)).



3. Ajouter sur la représentation graphique les barres d'erreur pour chaque point expérimental.

Validation

La loi fondamentale de la statique des fluides indique que la variation de pression ΔP est proportionnelle à la variation d'altitude Δz, c'est-à-dire que la représentation graphique de ΔP en fonction de Δz est une droite qui passe par l'origine du repère.

4. Déterminer le coefficient directeur de la droite obtenue et en déduire une valeur de la masse volumique ρ de l'air.

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

5. À l'aide des résultats de tous les groupes, exprimer le résultat de la mesure de la masse volumique ρ de l'air, et conclure sur sa compatibilité avec la valeur de référence.

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
ρ mesuré (en $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$)								

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .