
Moyenne pondérée pour un gaz parfait mesuré dans 5 états

K11 =

25.00	mbar ²	0	0	0	0
0		4.00 K ²	0	0	0
0		0	25.00 mbar ²	0	0
0		0	0	9.00 ml ²	0
0		0	0	0	4.00 K ²

Comparaison état 1 - état 2

VD = 993.00
VI = 989.91

La différence de env. 3 ml est semblable à l'écart-type de la mesure directe (3 ml).

F = -0.99 ml/mbar 3.32 ml/K 0.50 ml/mbar 0.66 ml/ml -1.10 ml/K

varVI = 83.37 L'écart-type de env. 9 ml est nettement supérieur à 3 ml. La mesure indirecte est moins précise que la mesure directe.

pVD = 1.00 Ceci correspond à une variance de (3 ml)² pour la mesure directe.
pVI = 0.11 Le 2e poids est nettement plus faible.

V1moypon = 992.70

vVD = 0.30
vVI = -2.79

Les résidus sont plus petits que les écarts-types. Tout va (presque trop) bien.

Comparaison état 1 - état 3

VD = 993.00
VI = 1026.79

La différence de env. 34 ml est importante. Il faut craindre une faute.

F = -1.02 3.45 0.46 1.46 -2.28

varVI = 119.02 L'écart-type de la mesure indirecte vaut env. 11 ml.

pVD = 1.00
pVI = 0.08

A nouveau, le poids de la mesure indirecte est nettement plus faible. V3 est plus petit que les autres volumes, donc son écart-type relatif est plus grand. A cela s'ajoute la dilution induite par les mesures de pression et de température.

V1moypon = 995.38

vVD = -2.38
vVI = 31.42

Le 2e résidu excède largement l'écart-type. Une faute dans les mesures du 3e état est plus probable que dans le 1er, qui concorde avec le 2e. Cela demeure à confirmer avec les états suivants.

Comparaison état 1 - état 4

VD = 993.00
VI = 996.17

La différence de env. 3 ml est semblable à l'écart-type de la mesure directe (3 ml).

F =	-0.99	3.34	0.66	0.67	-1.50
varVI =	93.36				
pVD =	1.00				
pVI =	0.10				
V1moypon =	993.28				
vVD =	-0.28				
vVI =	2.89				

Les résidus sont plus petits que les écarts-types. Ceci confirme les soupçons concernant l'état 3.

Comparaison état 1 - état 5

VD =	993.00
VI =	990.61

La différence de env. 2 ml est très petite.

F =	-0.99	3.32	1.32	0.37	-1.64
varVI =	124.12				
pVD =	1.00				
pVI =	0.07				
V1moypon =	992.84				
vVD =	0.16				
vVI =	-2.23				

Les résidus sont petits.

Analyse et commentaires

Tout va mieux que prévu, sauf pour l'état 3, où une faute est certaine. Comme les 3 mesures P, V et T apparaissent conjointement dans toutes les comparaisons, on ne peut pas mieux localiser la faute.

Le choix des comparaisons n'est pas anodin. Si l'on avait calculé pour 1-2, 2-3, 3-4 et 4-5, la faute aurait affecté 2 comparaisons. Si l'on avait choisi 1-3, 2-3, 4-3, 5-3, la faute aurait affecté toutes les comparaisons.

Le poids des mesures indirectes est nettement plus faible que celui des mesures directes. Ceci est dû au petit écart-type (relatif) des mesures de volume, par rapport à ceux des mesures de pression et de température. Ces dernières entrent dans le calcul de la mesure indirecte du volume et diluent fortement sa précision. Pour cette raison, les mesures indirectes ne permettent pas d'améliorer la précision (= réduire l'écart-type) du volume estimé de façon significative. Néanmoins, les mesures indirectes permettent de détecter la faute, ce qui est essentiel.

Un retour au registre des mesures a permis de faire une correction: P3 = 2120 mbar (au lieu de 2210). Pour suivre l'effet de cette correction, on peut l'introduire dans cet exercice ou dans le suivant.

Malgré ses mérites, on sent que ce procédé n'est pas optimal.

- 1) On obtient plusieurs estimations de V1 (VD et quatre VI différents), dont il faudrait faire une moyenne pondérée. En toute rigueur, ceci n'est pas évident puisque les VI sont corrélés. En effet, P1 et T1 sont présents dans tous les calculs. Comme ils interviennent de la même manière, la corrélation des différents VI est positive. Si on la néglige, la variance de leur moyenne pondérée est trop optimiste.
- 2) Pour améliorer les estimations des autres observations (P1, T1, ..., T3), il faudrait répéter le processus en les permutant.
- 3) Une approche plus globale fera l'objet du prochain exercice.