
Statistiques

Annales Internat

université
PARIS-SACLAY

FACULTÉ DE
PHARMACIE

Exercice 1

ÉNONCÉ

L'activité diurétique d'un nouveau médicament et celle d'un produit X d'activité diurétique connue sont comparées chez la souris. 20 souris de même âge sont réparties en deux groupes de 10. Un groupe reçoit le nouveau médicament et l'autre groupe reçoit le produit X.

QUESTION N° 1

Parmi les 3 méthodes indiquées ci-dessous, quelle est la méthode la plus appropriée pour constituer les deux groupes ? Justifier votre réponse.

- *1ère méthode* : les 20 souris sont réparties par tirage au sort en 2 groupes de 10 souris.
- *2e méthode* : les 20 souris étant toutes placées dans une même cage, l'expérimentateur attrape les 10 premières souris qui se présentent à la sortie de la cage et les place dans une autre cage.
- *3e méthode* : toutes les souris sont pesées afin de constituer 2 groupes de poids le plus homogène possible. Ainsi un groupe est constitué des 10 souris de poids le plus faible ; l'autre groupe est constitué des 10 souris de poids le plus élevé.

QUESTION N° 2

Deux conceptions de protocole peuvent être envisagées. Le traitement connu peut être un placebo ou un traitement diurétique de référence. Discuter le choix de chacune de ces deux stratégies.

QUESTION N° 3

Une dose fixe de 20 mg du nouveau médicament ou du produit X est administrée à chaque animal. Les deux groupes de 10 souris sont placés dans des cages à métabolisme qui permettent une mesure facile du volume urinaire. Les résultats sont rapportés dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU I

	Diurèse (ml/24 h)	
	Moyenne	Écart-type estimé
Groupe recevant le nouveau médicament	21,7	3,2
Groupe recevant le produit X	18,4	3,1

La diurèse observée avec le nouveau médicament est-elle significativement supérieure à celle observée avec le produit X, au risque 5% ? Au risque 1% ?

QUESTION N° 4

Le tableau II rapporte la diurèse et le poids de chacune des 10 souris ayant reçu le nouveau médicament.

TABLEAU II

Souris n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diurèse (mL/24 h)	16,4	20,5	22,9	18,3	21,3	22,1	27,0	19,5	23,9	25,1
Poids (g)	16,8	18,5	19,4	20,2	20,9	21,6	22,3	23,1	24,1	25,7

4. 1. La diurèse et le poids sont-ils linéairement corrélés au seuil de 5 % ?

4.2. Le résultat obtenu à la question 4.1. remet-il en cause le protocole appliqué à la question 3 ?

Exercice 2

ÉNONCÉ

Un clinicien évalue l'intensité de la dépression sur l'échelle de Hamilton qui varie de 0 (non déprimé) à 56 (très déprimé) chez 200 patients souffrant d'un Épisode Dépressif Majeur (EDM).

QUESTION N° 1

On veut étudier l'effet du millepertuis dans le traitement de la dépression. Les patients sont répartis au hasard en 2 groupes de 100 sujets chacun. Le groupe 1 est traité par le millepertuis et le groupe 2 reçoit un placebo. Une réponse optimale (amélioration du score de Hamilton de 8 au moins) a été obtenue chez 32 sujets du groupe 1 et 24 sujets du groupe 2.

Peut-on conclure à l'efficacité du millepertuis ? (au risque de 5%)

QUESTION N° 2

On veut savoir si l'acupuncture améliore l'évolution de la dépression. Pour cela, 20 malades de même état dépressif (même score de Hamilton) sont répartis en 2 groupes de 10 par tirage au sort.

Le groupe I a des séances d'acupuncture associées à un traitement pharmacologique et le groupe II a le traitement pharmacologique seul. Les scores de Hamilton après 8 mois de traitement sont les suivants :

Groupe I	22	25	23	26	20	27	21	26	25	23
Groupe II	30	28	26	25	24	25	26	27	32	25

L'acupuncture associée est-elle utile pour le traitement de la dépression ? (risque = 0,01)

QUESTION N° 3

On désire tester l'existence d'une liaison linéaire entre le nombre de semaines d'EDM (score de Hamilton > 35) et l'âge du malade à l'entrée dans la dépression. Le coefficient de corrélation linéaire obtenu pour les 10 patients du groupe II est égal à 0,81.

Le nombre de semaines d'EDM dépend-il de l'âge ? (risque = 0,01).

QUESTION N° 4

On se demande si la durée d'EDM est différente pour les hommes et pour les femmes. Le tableau suivant donne la répartition des 200 patients, hommes ou femmes, en 4 classes de durée croissante d'EDM (C1 à C4) :

	C1	C2	C3	C4
Hommes	30	14	8	8
Femmes	40	41	32	27

La durée de la maladie dépend-elle du sexe du patient ? (risque = 0,05)

Exercice 3

ÉNONCÉ

Le volume expiratoire maximum par seconde (VEMS en Litres) est mesuré chez 200 sujets adultes résidents de 2 villes V1 et V2 ; la ville V1 est connue pour sa pollution atmosphérique élevée.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

	VEMS < 3	3 ≤ VEMS ≤ 4	VEMS > 4
V1	36	46	18
V2	20	54	26

QUESTION N° 1

La répartition des VEMS des habitants diffère-t-elle selon le lieu géographique au risque $\alpha = 0,05$?

QUESTION N° 2

On s'intéresse à la variation du VEMS en fonction de l'âge dans la ville V2 : pour cela on mesure le VEMS de 10 sujets adultes. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Age	62	46	74	53	28	67	34	41	48	22
VEMS	3,3	3,3	2,6	3,5	3,6	2,8	3,5	3,6	3,2	4,1

On envisage une relation linéaire entre le VEMS et l'âge.

- Calculer le coefficient de corrélation entre les 2 variables.
- Le VEMS est-il lié à l'âge au risque $\alpha = 0,01$?

QUESTION N° 3

Lors d'un examen fonctionnel respiratoire, le VEMS est mesuré sur 10 sujets sportifs (groupe A1) et sur 10 sujets non sportifs (groupe A2). Les valeurs mesurées sur les 2 séries sont les suivantes :

A1	3,9	4,4	4,2	3,8	4,0	3,8	4,1	4,2	3,5	3,8
A2	3,2	3,6	4,1	3,0	3,1	3,6	3,0	3,6	3,2	3,3

- Montrer que les variances des 2 séries ne sont pas significativement différentes au risque $\alpha = 0,05$.
- L'augmentation apparente du VEMS chez les sujets sportifs est-elle significative au risque $\alpha = 0,01$?

Exercice 4

ÉNONCÉ

Dans le but de doser le cuivre dans une spécialité pharmaceutique, on évalue les critères de qualité d'une méthode d'analyse du cuivre par spectrophotométrie d'absorption atomique.

QUESTION N° 1

Lors de l'étude de la répétabilité de la méthode, on mesure 12 fois l'absorbance d'une même solution :

0,524	0,520	0,516	0,532	0,533	0,528
0,514	0,527	0,536	0,512	0,517	0,535

- Calculer la moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation de l'absorbance.
- Déterminer l'intervalle de confiance à 95 % de la moyenne de l'absorbance.

QUESTION N° 2

Pour vérifier la linéarité de la méthode, on prépare 6 solutions étalons dont les concentrations sont régulièrement espacées entre 0 et 1 mg/ml :

Concentration	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Absorbance	0,036	0,254	0,422	0,627	0,785	0,980

- Déterminer l'équation de la droite de régression qui décrit la courbe d'étalonnage.
- On admet que la fonction d'étalonnage peut être considérée comme linéaire si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,998. La méthode est-elle linéaire ?

QUESTION N° 3

Afin de déterminer la limite de détection de la méthode, 10 mesures d'absorbance sont faites, dans les mêmes conditions que précédemment, pour le blanc analytique :

0,056	0,039	0,064	0,052	0,042
0,038	0,069	0,041	0,059	0,047

- Calculer la moyenne et l'écart-type de l'absorbance pour le blanc.
- Calculer la valeur limite de l'absorbance qui est significativement supérieure à celle du blanc (au risque $\alpha = 0,05$).
- A quelle concentration cette valeur limite correspond-elle ?

QUESTION N° 4

On réalise le dosage du cuivre dans un comprimé en utilisant deux spectrophotomètres

d'absorption atomique (S 1 et S2) ; les résultats des mesures d'absorbance sont les suivants :

Spectrophotomètre	Nombre d'essais	Moyenne	Écart-type estimé
S1	5	0,152	0,00735
S2	5	0,163	0,00864

Existe-t-il une différence significative entre les résultats fournis par les deux appareils au risque 5 % ?

Exercice 5

ÉNONCÉ

Pour tous les tests, on choisira un risque α égal à 5 %.

Pour juger de l'efficacité d'une drogue D dans la prévention d'une maladie, un essai thérapeutique randomisé a comparé deux groupes de chacun 100 patients, l'un (T) traité par la drogue et l'autre (P) par un placebo.

QUESTION N° 1

On relève l'âge des patients (en années) dans les deux groupes :

Groupe	Moyenne	Écart-type
T	68,2	10,4
P	66,8	8,2

Peut-on suspecter à la vue de ces données, la qualité du tirage au sort ?

QUESTION N° 2

11 patients du groupe T contre 23 du groupe P sont atteints de la maladie.

- Quelles sont les fréquences de maladie dans les deux groupes ?
- La drogue est-elle efficace dans la prévention de la maladie ?

QUESTION N° 3

Les 100 patients du groupe P ont été classés en 3 groupes A, B et C selon leur risque cardiovasculaire. La répartition des effectifs est donnée dans le tableau suivant :

Groupe	A	B	C
Malade	4	6	13
Non malade	26	24	27

La maladie est-elle liée au risque cardiovasculaire ?

QUESTION N° 4

Au cours de l'étude de l'activité de la drogue D, on obtient les résultats suivants :

X = log dose	0	1	2	3
Y	0,29	0,52	0,61	0,79

(dose : unité arbitraire, y : fraction d'un effet maximum)

- Déterminer les paramètres p et y_0 de la relation effet-dose $y = px + y_0$
- Existe-t-il un effet dose ? On donne l'écart-type de p : $s_p = 0,018$.

Exercice 6

ÉNONCÉ

Dans le cadre d'une enquête sur la pollution de l'eau potable, on effectue différents contrôles de qualité. (Pour tous les tests choisir un risque égal à 5 %)

QUESTION N° 1

L'eau potable doit avoir une concentration en ions ammonium inférieure à 0,5 mg.L⁻¹. À la suite d'une purification par un procédé chimique (traitement 1), un dosage des ions ammonium sur 50 prélèvements a donné pour moyenne $m_1 = 0,459$ mg. L⁻¹ et pour écart-type $s_1 = 0,108$ mg. L⁻¹

Le résultat obtenu après traitement est-il inférieur à la norme ?

QUESTION N° 2

À la suite d'un procédé biologique (traitement 2), un dosage des ions ammonium sur 50 prélèvements a donné pour moyenne $m_2 = 0,418$ mg.L⁻¹ et pour écart-type $s_2 = 0,122$ mg.L⁻¹. Les traitements 1 et 2 ont-ils des effets différents ?

QUESTION N° 3

On effectue 200 prélèvements dans trois zones différentes et on dénombre le nombre de prélèvements pollués par des bactéries coliformes. La présence de ces bactéries étant indicatrice de contamination pouvant causer des maladies intestinales.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Présence de bactéries	4	18	10
Absence de bactéries	36	52	80

Les 3 zones diffèrent-elles quant à la proportion de prélèvements pollués par les bactéries ?

QUESTION N° 4

On mesure la concentration (mg. L⁻¹) en chlorures et en sulfates de 10 échantillons d'eau du robinet. Les résultats des analyses sont donnés ci-dessous :

Échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chlorures	102	128	53	48	122	85	64	72	168	26
Sulfates	52	69	128	86	163	136	65	156	203	61

Calculer le coefficient de corrélation linéaire entre les deux paramètres physicochimiques. Sont-ils linéairement corrélés ?

Exercice 7

ÉNONCÉ

Un essai thérapeutique visant à étudier l'efficacité d'une injection intrathécale (de 0,2 mg) de morphine sur la douleur post-opératoire a été réalisé. 40 patients subissant le même type de chirurgie ont été inclus dans cet essai. Ils ont été répartis par tirage au sort en deux groupes de 20 patients.

Tous les patients disposaient en post-opératoire d'une pompe à morphine leur permettant de s'auto-administrer de la morphine pour combattre la douleur. Pour lutter contre la douleur, les patients du groupe 1 recevaient de la morphine en post-opératoire uniquement. Les patients du groupe 2 recevaient de la morphine avant l'intervention chirurgicale par injection intrathécale et en post-opératoire.

QUESTION N° 1

Le critère de jugement principal retenu est la dose totale de morphine administrée par le patient. Les moyennes et écarts-types de la dose de morphine estimés à partir de chaque groupe de 20 patients figurent dans le tableau 1.

TABLEAU 1

Dose (mg)	Moyenne	Écart-Type
Groupe 1	20,0	10,0
Groupe 2	15,0	6,5

- Quel est l'intervalle de confiance à 95 % de la dose moyenne de morphine administrée dans chaque groupe ?
- Montrer que les variances estimées dans les deux groupes de patients ne diffèrent pas significativement au risque de 5%.

QUESTION N°2

Le critère de jugement secondaire prend en compte l'intensité de la douleur mesurée 12 heures après l'intervention. Les résultats de cette évaluation figurent dans le tableau 2.

TABLEAU 2

Intensité de la douleur	Faible	Modérée	Intense	Insupportable
Groupe 1	3	5	9	3
Groupe 2	7	9	4	0

La répartition de l'intensité de la douleur est-elle différente dans les 2 groupes de patients au risque $\alpha = 0,05\%$?

QUESTION N°3

La corrélation entre la dose de morphine administrée et la durée de l'intervention chirurgicale est étudiée chez les 20 patients du groupe 1. Pour chaque patient on dispose de la durée de l'intervention mesurée en heure (x) et de la dose administrée en milligramme (y).

On donne :

Durée moyenne d'intervention : $m_x = 4,0$ h

Dose moyenne $m_y = 20,0$ mg

Écart-type de la durée d'intervention : $s_x = 1,3$ h

Écart-type de la dose : $s_y = 10,0$ mg

$\sum xy = 1571,0$

Existe-t-il chez ces patients une corrélation significative au seuil 5% entre la durée d'intervention et la dose de morphine administrée ?

Exercice 8

ÉNONCÉ

Pour tous les tests, choisir un risque égal à 5 %.

QUESTION N° 1

Afin de tester une substance toxique A, on fait une injection sous-cutanée à 100 souris. On observe l'apparition d'une réaction locale chez 82 souris

- Déterminer l'intervalle de confiance à 95% du pourcentage de souris qui présentent une réaction.
- On admet que l'injection est toxique dans 70% des cas. Le résultat de l'expérience est-il compatible avec cette hypothèse ? Justifier votre réponse.

QUESTION N° 2

On veut étudier la relation effet-dose de la substance A. Après injection de la substance à la dose x (mg), on mesure la réaction (effet y) selon une échelle arbitraire. Les résultats de l'expérience sont les suivants :

x	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
y	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6

- Déterminer l'équation $y = px + y_0$ de la courbe effet-dose.
- Montrer que pour une dose nulle l'effet n'est pas significativement différent de zéro. On donne l'écart-type de l'ordonnée à l'origine $s_{y_0} = 0,049$. (On rappelle que la variable y_0/s_{y_0} suit une loi de Student à $n-2$ ddl).

QUESTION N° 3

L'injection de la substance A provoque une élévation de la température. Pour contrôler ce phénomène, on mesure simultanément l'élévation de la température z (°C) au cours des 2 heures qui suivent l'injection et l'effet y sur 20 souris auxquelles la même dose a été administrée. Les résultats obtenus sont les suivants :

$$\sum z = 27,4 \quad \sum y = 15,6 \quad \sum z^2 = 48,81 \quad \sum y^2 = 16,16 \quad \sum zy = 27,65$$

Calculer le coefficient de corrélation linéaire entre z et y .

QUESTION N° 4

Un expérimentateur veut comparer l'effet d'une substance B dont l'injection ne provoque pas d'élévation de la température, à celui de la substance A. Pour cela, il dispose de 20 souris et fait une injection avec A sur 10 souris et avec B sur les 10 autres souris. Les résultats sont les suivants :

A	1,1	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1	1,3	1,4	1,0	1,2
B	0,9	1,1	0,8	1,2	1,0	1,1	1,2	1,0	0,8	0,9

La substance B est-elle moins toxique que la substance A ? Justifier votre réponse (Les conditions d'application du test seront supposées vérifiées.)

Exercice 9

ÉNONCÉ

Une machine à comprimer a été réglée pour produire des comprimés dont la masse nominale (figurant sur le conditionnement) est 200 milligrammes.

Dans le bac de sortie des comprimés fabriqués par la machine, il est prélevé au hasard un échantillon de 120 comprimés ; chaque comprimé est pesé à 0,1 milligramme près.

Le tableau des résultats obtenus, regroupé en classes de masse, est le suivant :

N° Classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Masses (mg)	<194	194 à 196	196 à 198	198 à 200	200 à 202	202 à 204	204 à 206	206 à 208	≥208
Nbre de comprimés	0	5	11	36	42	25	0	1	0

QUESTION N° 1

La pesée d'un comprimé a donné comme résultat 198,0 mg ; ce comprimé a-t-il été compté dans la classe n°3 ou dans la classe n°4 du tableau ? Justifier votre réponse.

QUESTION N° 2

Calculer les estimations de la moyenne et de l'écart-type de la distribution des masses des comprimés du bac.

QUESTION N° 3

La masse moyenne observée diffère-t-elle significativement au risque $\alpha = 0,05$ de la valeur nominale 200,0 mg ? Justifier votre réponse.

QUESTION N° 4

Supposons que la masse des comprimés du bac soit distribuée suivant une loi normale de moyenne théorique $\mu_c = 200,0$ mg et d'écart type $\sigma_0 = 2,0$ mg.

Le tableau suivant donne la répartition des effectifs théoriques calculés pour un ensemble de 120 comprimés à partir de cette hypothèse de normalité :

N° Classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Masses (mg)	<194	194 à 196	196 à 198	198 à 200	200 à 202	202 à 204	204 à 206	206 à 208	≥208
Nbre de comprimés	0,16	2,57	16,31	40,96	40,96	16,31	2,57	0,16	0,00

Peut-on considérer que les résultats observés sont compatibles avec cette hypothèse de normalité de la distribution des masses ? Justifier votre réponse. On utilisera le test du χ^2 en précisant les hypothèses du test et ses conditions d'application ; on choisira comme risque $\alpha = 0,05$.

QUESTION N° 5

Une spécification, imposée par le Pharmacien Responsable du Laboratoire et visant à limiter l'hétérogénéité de la masse des comprimés dans la production, exige que l'écart-type de la distribution des masses des comprimés dans le bac, soit inférieur $\sigma = 2,5$ mg.

L'écart-type calculé dans la question 2, estimation de σ , est-il significativement inférieur à cette limite théorique, au risque $\alpha = 0,05$? Justifier votre réponse.

On précise que le nombre de degrés de liberté associé à une variance théorique est infini.

ÉLÉMENTS DE RÉPONSE DES EXERCICES 5 À 9

Exercice 5

Q1. Comparaison de 2 moyennes expérimentales en séries indépendantes, grands échantillons. $t_{\text{exp}} = 1,06$ (« à comparer à » est noté #) # $t(\text{Student}, 98 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\%) = 1,96$. La qualité du tirage au sort n'est pas suspecte.

Q2. a) $p_T = 0,11$; $p_P = 0,23$; b) Comparaison de 2 pourcentages expérimentaux. $Z_{\text{exp}} = 2,26$ # $Z(\text{Normale centrée réduite}, \text{unilatéral}, 5\%) = 1,645$. La drogue est efficace.

Q3. Test de χ^2 d'indépendance. $\chi^2_{\text{exp}} = 3,77$ # $\chi^2(2 \text{ ddl}, 5\%) = 5,991$. La maladie n'est pas liée au risque cardio-vasculaire.

Q4. a) $y = 0,159x + 0,314$; b) Test de la pente. $t_{\text{exp}} = 8,83$ # $t(\text{Student}, 2 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\%) = 4,3$. Il existe un effet dose.

Exercice 6

Q1. Comparaison d'une moyenne expérimentale avec une moyenne théorique. $t_{\text{exp}} = 2,684$ # $t(\text{Student}, 49 \text{ ddl}, \text{unilatéral}, 5\%) = 1,645$. Le résultat après traitement est inférieur à la norme.

Q2. Comparaison de 2 moyennes expérimentales en séries indépendantes, grands échantillons. $t_{\text{exp}} = 1,78$ # $t(\text{Student}, 98 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\%) = 1,96$. Les traitements ne sont pas différents.

Q3. Test de χ^2 d'indépendance. $\chi^2_{\text{exp}} = 7,59$ # $\chi^2(2 \text{ ddl}, 5\%) = 5,991$. Les 3 zones diffèrent quant à la proportion de prélèvements pollués par les bactéries.

Q4. Test de corrélation de Pearson. $r = 0,513$. $t_{\text{exp}} = 1,69$ # $t(\text{Student}, 8 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\%) = 2,306$. Les 2 paramètres ne sont pas linéairement corrélés.

Exercice 7

Q1. a) $IdC_1 = [15,3 ; 24,7]$, $IdC_2 = [12,0 ; 18,0]$; b) Comparaison de 2 variances expérimentales. $F_{\text{exp}} = 2,37$ # $F(\text{Fisher} ; 19 \text{ ddl} / 19 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\% [\text{à lire sur la table } 2,5\%]) = 2,617$ (19/15 ddl) ou 2,509 (19/20 ddl). Les 2 variances ne sont pas différentes.

Q2. Test de χ^2 d'indépendance. $\chi^2_{\text{exp}} = 6,74$ # $\chi^2(2 \text{ ddl} [\text{après regroupement Intense avec Insupportable}], 5\%) = 5,991$. La répartition de la douleur est différente dans les 2 groupes.

Q3. Test de corrélation de Pearson. $r = 0,111$. $t_{\text{exp}} = 0,476$ # $t(\text{Student}, 18 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\%) = 2,101$. Pas de corrélation entre durée de l'intervention et dose de morphine administrée.

Exercice 8

Q1. $IdC = [0,74 ; 0,89]$; 0,70 n'appartient pas à l'IdC : le résultat de l'expérience n'est pas compatible avec l'hypothèse que l'injection est toxique dans 70% des cas.

Q2. $y = 0,52x + 0,06$; Test de l'ordonnée à l'origine. $t_{\text{exp}} = 1,22$ # $t(\text{Student}, 3 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\%) = 3,182$. Pour une dose nulle, l'effet n'est pas différent de zéro.

Q3. $r = 0,934$

Q4. Comparaison de 2 moyennes expérimentales en séries indépendantes, petits échantillons. $t_{\text{exp}} = 2,86$ # $t(\text{Student}, 18 \text{ ddl}, \text{unilatéral}, 5\%) = 1,734$. La substance B est moins toxique que la substance A.

Exercice 9

Q1. Dans la classe 4 – pour ne pas compter 2 fois aucun comprimé.

Q2. $m = 200,3 \text{ mg}$; $s = 2,2 \text{ mg}$

Q3. Comparaison d'une moyenne expérimentale avec une moyenne théorique, grands échantillons. $t_{\text{exp}} = 1,25$ # $t(\text{Student}, 119 \text{ ddl}, \text{bilatéral}, 5\%) = 1,96$. La masse moyenne observée ne diffère pas de la masse nominale de 200,0 mg.

Q4. Test de χ^2 [d'ajustement à une loi : hors programme]. $\chi^2_{\text{exp}} = 3,66$ # $\chi^2(3 \text{ ddl} [\text{après regroupement des classes}], 5\%) = 7,815$. Les résultats sont compatibles avec l'hypothèse de normalité de la distribution des masses.

Q5. Comparaison d'une variance expérimentale avec une variance théorique. $F_{\text{exp}} = 1,31 \neq F(\text{Fisher} ; \infty \text{ ddl} / 120 \text{ ddl}, \text{unilatéral}, 5\% [\text{à lire sur la table } 5\%]) = 1,25$. Oui, l'écart-type observé est inférieur à la limite théorique.