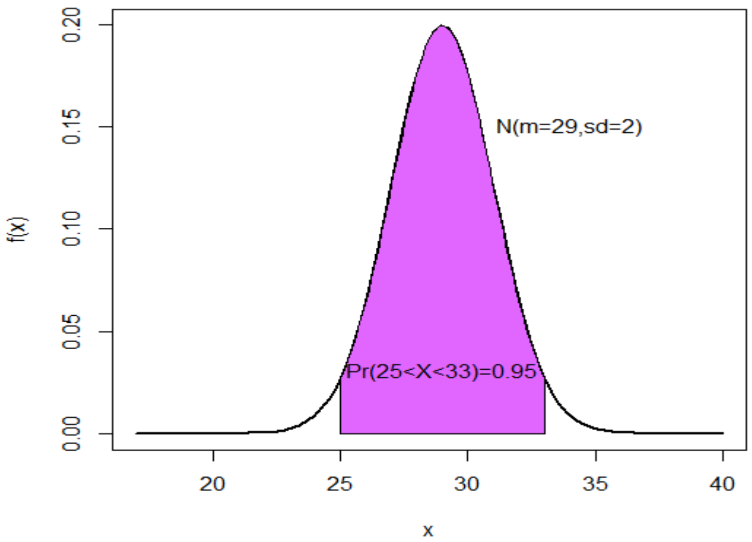


TESTS STATISTIQUES (1)

Plan du cours

01 Comparaison des deux moyennes: le test t de Student

02 Comparaison des deux variances: le test F de Fisher

03 Comparaison de >2 moyennes: le test ANOVA

04 Méthodes de vérification de la condition de normalité des données

Qu’est ce qu’un test statistique?

- une démarche de la statistique inférentielle consistant :
  - à tester une hypothèse considérée comme vraie a priori, appelée hypothèse nulle ($\mathbf{H_0}$);
  - être en faveur de l'hypothèse contraire appelée hypothèse alternative ($\mathbf{H_1}$) lorsque la vérification du H_0 se révèle négatif .

Utilité des tests statistiques

- Domaine médical dentaire: beaucoup des questions a répondre
  - Fumer la pipe
    - est un facteur de risque pour le cancer de lèvre?
  - Deux solutions du bain de bouche
    - sont différents pour prévenir l’apparition du tartre dentaire?
  - La verre ionomère et un résine composite photo polymérisant
    - sont différents du point de vue de la survie d’un obturation a deux années?

Comment répondre au questions médicales avec des tests statistiques

Pour répondre a chaque question de recherche medicale:

On doit réaliser des études:

- Préparer les études (protocole d'étude)
  - transformer les questions médicales dans hypothèses statistiques
  - identifier le type des caractéristiques /variables d'intérêt
  - choisir le type de test statistique approprie a la situation et aux données
- Réalisation effective de l'étude
  - collecter les données,
  - analyse des données en utilisant des tests statistiques.
    - choisir l'hypothèse qui est bonne
  - répondre a la question médicale

Les hypothèses statistiques

- La création des hypothèses:
  - les **questions médicales** ont deux réponses opposées
    - \- Les réponses correspond au deux **modèles** possibles de la réalité (**hypothèses)**
      - L' hypothèse **nulle**: H_0
        - **Il n'y a pas** de **différence statistiquement significative**
          - **Entre les paramètres (moyennes/frequences)** des deux ou plusieurs **sous populations**
        - **Il n'y a pas d'association statistiquement significative**
          - **entre 2 caractéristiques/variables** sur une population: Facteur de risque & maladie dentaire)
      - L' hypothèse **alternative**: H_1 (négation du H_0)
        - **Il y a une** différence statistiquement significative
          - Entre les paramètres des deux ou plusieurs sous populations
        - **Il y a d'a**ssociation statistiquement significative
          - entre 2 caractéristiques sur une population: Facteur de risque & maladie dentaire)

Types des tests statistiques par rapport a la formulation du H_1

- **Test statistique bilatérale (engl. Two-sided)**
  - L' hypothèse **nulle**: H_0 (voir le diapo anterieur): **A=B** (ou A, B = paramètres de deux populations si on utilise deux groupes)
  - L' hypothèse **alternative**: H_1 (négation du H_0): **A≠B**
    - **Il y a une** différence statistiquement significative
      - Entre les paramètres des deux ou plusieurs sous populations
    - **Il y a d'a**ssociation statistiquement significative
      - entre 2 caractéristiques sur une population: Facteur de risque & maladie dentaire)
- **Test unilatérale (engl. One-sided):**
  - L' hypothèse **nulle**: H_0 (voir le diapo anterieur) : **A=B**
  - L' hypothèse **alternative**: H_1 (négation du H_0):

A > B <u>ou</u> A < B

Types des tests statistiques

- **Selon la constitution des échantillons**

– Pour **échantillons indépendants**

- les observations sont indépendantes à l'intérieur des groupes et d'un groupe à l'autre
- Exemple: on compare des sujets qui on reçu un traitement hypocholestérolémiant et des sujets qui ont reçu un placebo

– Pour **échantillons appariés/** dépendants

- la situation des mesures répétées sur les mêmes sujets.
- Exemple: on mesure la fréquence cardiaque d'un patient avant et après la prise d'un bêta bloquant
- on compare des jumeaux identiques
- on compare des échantillons appariée (pour chaque sujet dans un group on trouve un sujet dans l'autre groupe avec caractéristiques similaires)
- On compare la partie gauche avec la partie droite (ex. un test dermatologique avec une traitement pour diminuer la perte de cheveux, ou la partie gauche et la partie droite de la bouche dans une étude sur les obturations)

Types de tests statistiques

- **Tests paramétriques**
  - Utilise des distributions de probabilités
  - Ils utilisent des conditions sur la distribution des données
    - Ex. la loi de distribution normale pour un test Z ou
      - La loi de distribution t pour un test Student, (puis F, Chi^2)
  - Les contraintes du modèle sont fortes
- **Tests non paramétriques**
  - N'utilise pas des distributions des probabilités
  - Toutefois certaines conditions d'application doivent être vérifiées
  - Les contraintes du modèle sont plus relaxées
  - Ex. Mann Whitney U, Wilcoxon

Les erreurs des tests statistiques

Situations possibles pour la chois d'un hypothèse:

- **Correctes:**
  - l'acceptation de l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie
  - le rejet de l'hypothèse nulle alors qu'elle est fausse.
- **Erreurs:**
  - le rejet de l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie: **erreur de première espèce (** alpha)
  - l'acceptation de l'hypothèse nulle alors qu'elle est fausse: **erreur de deuxième espèce (**beta)

		Situation réelle	
		Il y a une différence (H1)	**Il n y a pas de différence (H0)**
Notre décision a l'aide du test statistique	Existe différence (le rejet de H0→H1)	Puissance (1 – beta)	Erreur alfa (erreur I)
	La différence n'existe pas (on reste avec H0)	Erreur beta (erreur II)	1-alfa

Tests statistiques de type t de Student: Comparaison de 2 moyennes

1. **<u>Échantillons indépendants:</u>** les observations indépendantes d'un groupe à l'autre

   a. Comparaison de deux moyennes se fait par:

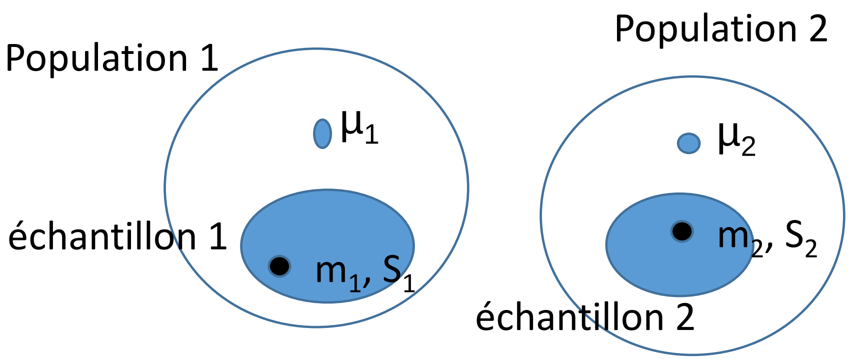
   - ✓ *Le Test t de Student pour échantillons indépendants en supposant variances inégales (voir le cours antérieur)*
   - ✓ *Le Test t de Student pour échantillons indépendants en supposant variances egales*

2. **<u>Échantillons dépendants ou appariés :</u>** mesures répétées de la même variable

   - ✓ *Le Test t de Student pour échantillons dépendants*

Test de Student (t): Comparaison de 2 moyennes (ou la moyenne de la variable X dans 2 populations)

- On dispose d'une variable qualitative dichotomique qui permet a définir deux groupes (ex. hommes vs. femmes).
- On mesure une variable quantitative (X=cholestérol)



Le test t de Student: pour échantillons indépendants

- Objectif
  - comparaison des moyennes des variables quantitatives continues (2 échant.)
- Conditions d'application:
  - observations indépendants dans chaque échantillon
  - deux échantillons indépendants
  - Une variable quantitative mesurée sur les 2 groupes (échantillons)
  - les données sont normalement distribuées dans les deux populations
  - les variances des populations sont inconnues
  - le nombre des observations < 30 ou >=30

L' hypothèse **nulle**: H_0

- **Il n'y a pas** de différence statistiquement significative entre les **moyennes** des deux sous-populations (la différence entre les deux moyennes est égale à zéro)

L' hypothèse **alternative**: H_1 du test de Student bilatéral

- **Il y a une** différence statistiquement significative entre les **moyennes** des deux sous-populations (la différence entre les deux moyennes n'est pas égale à zéro)

Le test t de Student pour échantillons <u>indépendants</u>

- **Etape 1.** pour le test non directionnel (test t de Student bilatéral)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \leftrightarrow \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

- **Etape 2. Statistique du test:**

Deux possibilités: variances <u>égales</u> ou <u>inégales</u>.

Pour décider on doit appliquer un autre test (F – Fisher), pour comparer les variances (voir ce cours)

a) Cas des variances <u>inconnues</u> et <u>inégales</u>

$$t = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

n_1, n_2 = les tailles des échantillons

m_1, m_2 = moyennes des échantillons;

S_1^2, S_2^2 = les variances d' échantillonnage

Le test t de Student: pour échantillons indépendants

- **Etape 2.**

b) Cas des variances inconnues et égales:

$$\boxed{t = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}}$$

ou la variance d' échantillonnage commune est donnée par:

$$\boxed{S^2 = \frac{(n_1 - 1) \times S_1^2 + (n_2 - 1) \times S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

- **Etape 3.**

α= **0,05** (ou α = 0,01, α = 0,001);

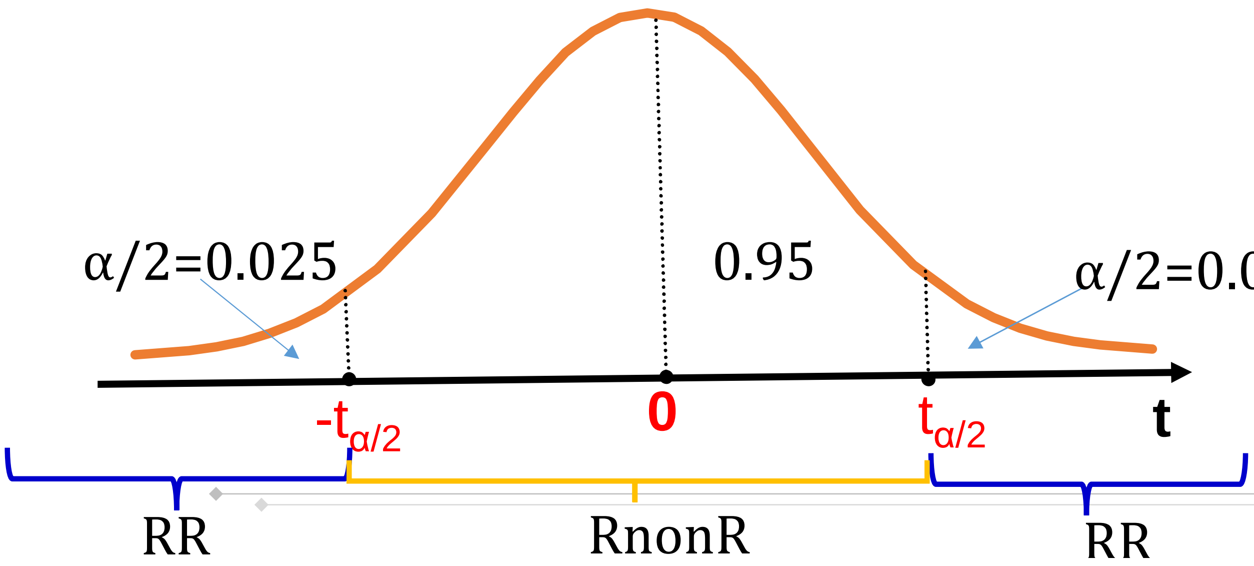
Le test de Student: échantillons indépendants

- **Etape 3.**

  α= **0,05** (ou α = 0,01, α = 0,001);

- **Etape 4. Région de rejet (RR)**

$$\mathbf{RR} = \left(-\infty; -t_{n_1+n_2-2,\,\frac{\alpha}{2}}\right] \cup \left[t_{n_1+n_2-2,\,\frac{\alpha}{2}}; \infty\right)$$

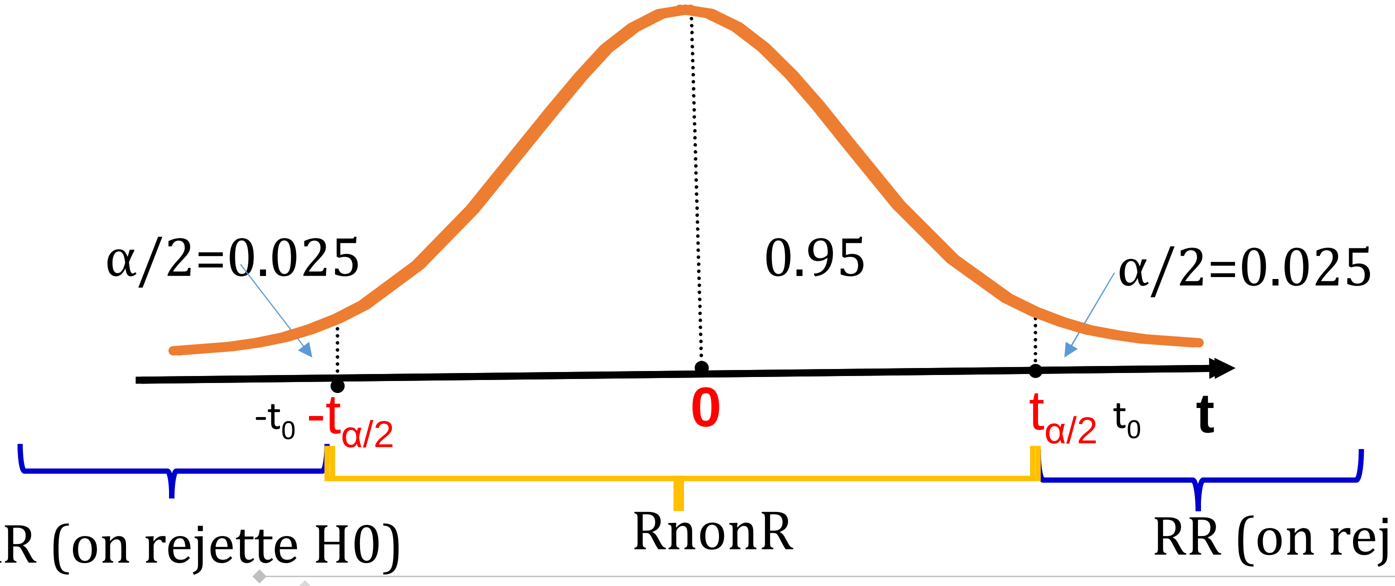


Le test t de Student pour échantillons indépendants

- **Etape 5.**
  - On calcule la valeur calculée de la statistique du test (notee par $t_{observé}$)
- **Etape 6.**

Si $t_{observé}=t_0 \in$ RR donc **on rejette H_0 alors nous sommes en faveur du H_1**

Si $t_{observé}=t_0 \notin$ RR (donc $t_{observé}=t_0 \in$RnonR) **H_0 NE peut être pas rejetée.**



Le test de Student: échantillons indépendants

- **Etape 6'.** Prend la décision avec p-value (p-valeur).

p-value =**niveau de signification estimé=** probabilité d'obtenir, quand H0 est supposée vrai, un résultat pour la statistique du test plus extrême que le résultat observé

Si p-value <α (= 0,05) → on rejette H_0 alors nous sommes en faveur du H_1

Si p-value ≥ α (= 0,05) → H_0 NE peut être pas rejetée.

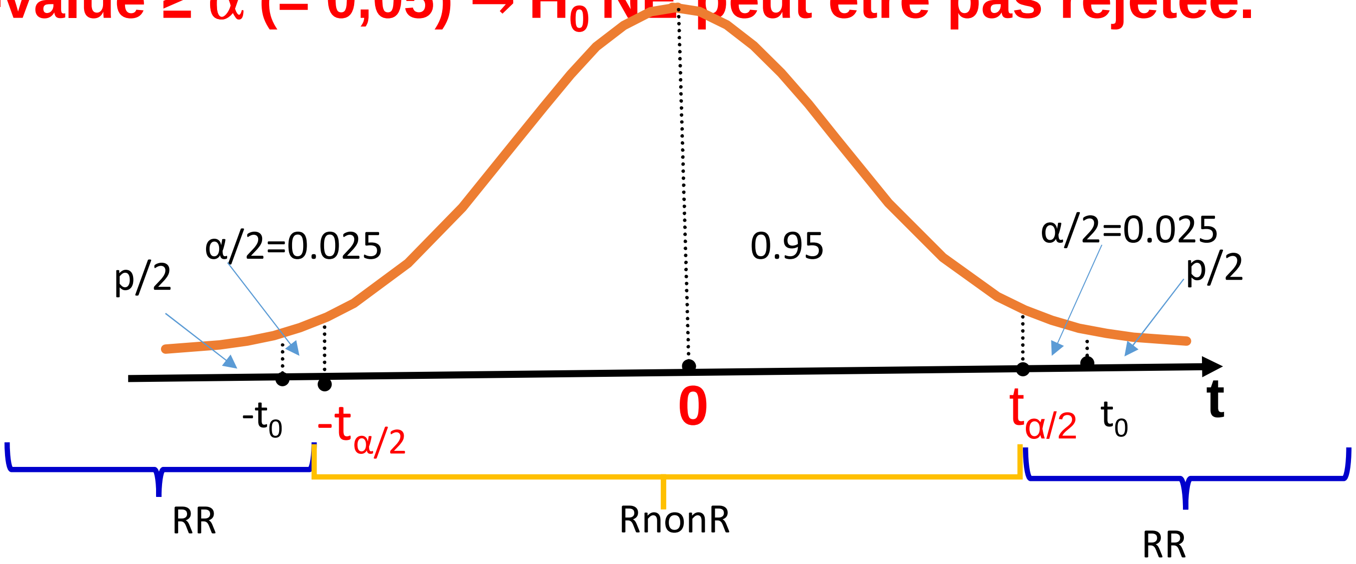
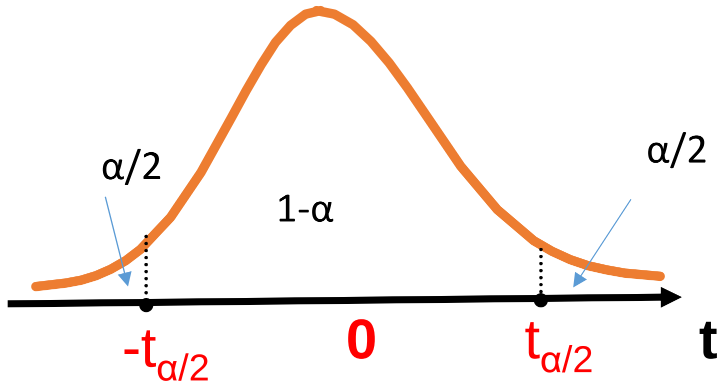


Table de la loi de Student

t	α=0,05
df=11	2,20

df	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.0005	1-Tail Alpha
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001	2-Tail Alpha
1	3.0777	6.3138	12.7062	31.8205	63.6567	636.6192	
2	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248	31.5991	
3	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409	12.9240	
4	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041	8.6103	
5	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	6.8688	
6	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	5.9588	
7	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995	5.4079	
8	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	5.0413	
9	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498	4.7809	
10	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693	4.5869	
11	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058	4.4370	
12	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545	4.3178	
13	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123	4.2208	
14	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768	4.1405	
15	1.3406	1.7531	2.1314	2.6025	2.9467	4.0728	
16	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208	4.0150	
17	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982	3.9651	
18	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784	3.9216	
19	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609	3.8834	

http://statcalculators.com/students-t-distribution-table/



Test bilatéral (2-tail):

α=0.05 et df=11->

Valeur critique $t_{\alpha/2,\, df} = |t_{0.025,\, df}| = 2{,}20$

Exemple: test t de Student
échantillons indépendants avec des variances inégales

- évaluation de l'hypersensibilité dentinaire âpres une période d'usage quotidien de 2 dentifrices pour dents sensibles (A et B) sur une population des adultes.
- sensibilité de la dentine mesurée par une échelles VAS (analogiques visuelles) ayant des scores compris entre 0-100: 0 = pas de douleur, 100 = douleur intense.
- deux échantillons: group A (32 patients qui utilisent la dentifrice A) et de group B (38 patients qui utilisent B)
- group A: m_1=22,54 et S_1=2,21 et group B: m_2=20,04 et S_2=4,21
- Les deux échantillons ont été avec <u>données normalement distribuées</u>.
- Un test F a montré que les <u>variances</u> des scores VAS sont <u>inégales.</u>

- **<u>Question de recherche</u>: Au risque de 5%, on peut affirmer qu'il y a une différence statistiquement significative entre les scores moyen de VAS chez les patients qui utilisent la dentifrice A et ceux qui utilisent la dentifrice B?**

Exemple: test t de Student
échantillons indépendants avec des variances **inégales**

- **Le choix du test:** obs. indep.; VAS score=variable quantitative continue; distribution normale; variances des populations inconnues et inégales; => le test t pour échantillons indépendants avec variances inégales

Etape 1.

- le test non directionnel : $\mathbf{H_0}$: $\mu_1 = \mu_2$ $\mathbf{H_1}$: $\mu_1 \neq \mu_2$

n_1, n_2 = les tailles des échantillons;
m_1, m_2= moyennes des échantillons;
S_1, S_2 - les déviations standard d' échantillonnage

Etape 2.

$$\boxed{\mathbf{t} = \frac{\mathbf{m}_1 - \mathbf{m}_2}{\sqrt{\frac{\mathbf{S}_1^2}{\mathbf{n}_1} + \frac{\mathbf{S}_2^2}{\mathbf{n}_2}}}}$$

Etape 3.

α= **5% (=0,05)**

La valeur critique du t = la valeur a partir de laquelle on peut rejeter H_0 avec le seuil de significativité α, ddl=n1+n2-2=68

Etape 4.

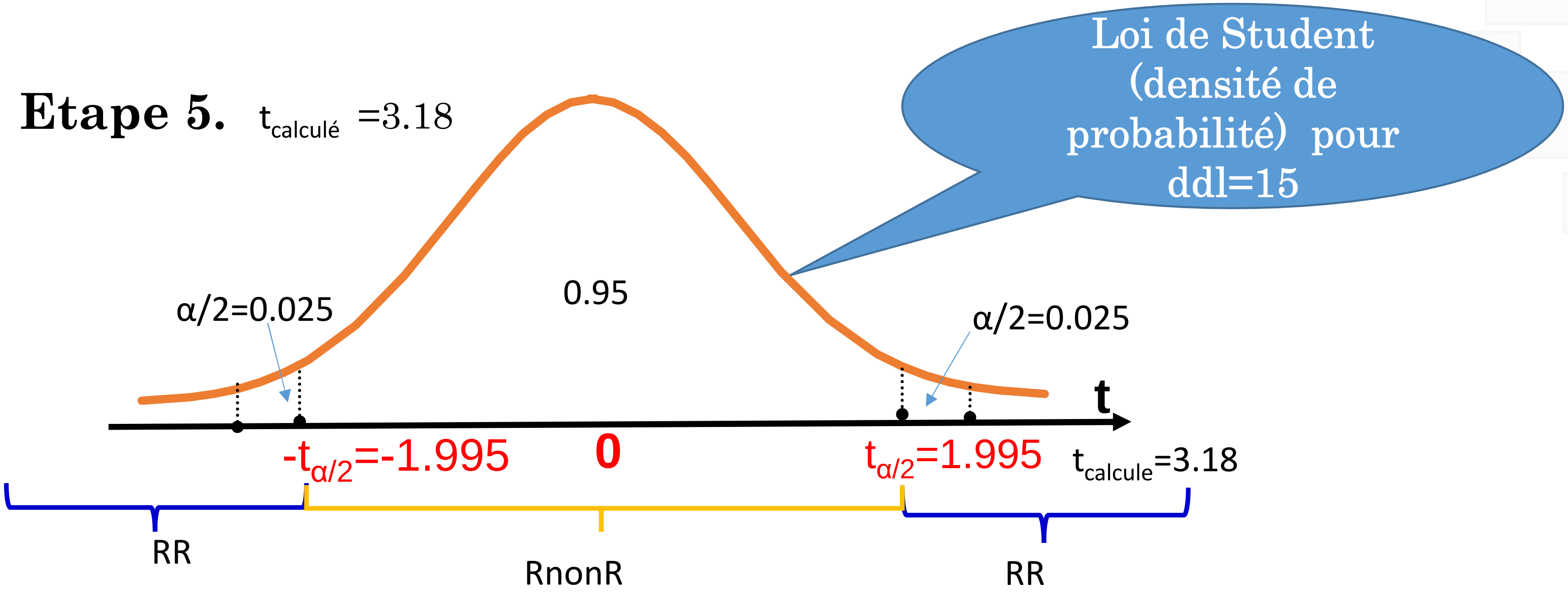
$$\boxed{RR = (-\infty; -1.995\,] \cup [\,1.995; \infty)}$$

Etape 5.

$$\boxed{t_c = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{22,54 - 20,04}{\sqrt{\frac{2,21^2}{32} + \frac{4,21^2}{38}}} = 3,18}$$

Exemple: test t de Student pour échantillons indépendants avec des variances inégales

- **Etape 5.** $t_{calculé}$ =3.18



- **Etape 6**

(décision statistique)

$t_{calculé}$ =3.18 ϵ RR, on rejette H_0 ⇨ H_1 donc il y a une différence statistiquement significative entre les scores moyens de VAS pour les deux sous-populations.

Exemple: test t de Student échantillons indépendants avec des variances égales

- Exemple: évaluation de l' 'hypersensibilité dentinaire âpres une certaine période d'usage quotidien de 2 dentifrices (A et B) sur une population des adultes.
- sensibilité de la dentine mesurée par une échelles VAS (analogiques visuelles) ayant des scores compris entre 0-100: 0 = pas de douleur, 100 = douleur intense.
- deux échantillons: group A (32 patients qui utilisent la dentifrice A) et de group B (38 patients qui utilisent B)
- group A: m_1=22,54 et S_1=2,21 et group B: m_2=21,04 et S_2=2,30
- Les deux échantillons ont été avec données normalement distribuées.
- Un test F a montré que les variances sont égales.

- **Question de recherche: Au risque de 5%, on peut affirmer qu'il y a une différence statistiquement significative entre le scores VAS chez les patients qui utilisent les dentifrices A et B?**

Exemple: test t de Student: échantillons indépendants avec des variances égales

- **Le choix du test:** obs. indep.; VAS score=variable quantitative continue; distribution normale; variances des populations inconnues et égales; => le test t pour échantillons indépendants avec variances égales

test bilatéral : $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

- **Etape 1**

n_1, n_2 = les tailles des échantillons;
m_1, m_2= moyennes des échantillons;
S^2 =la variation d' échantillonnage

- **Etape 2.**

α= **5% (=0.05)**

- **Etape 3.**

$$t = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$$

$$S^2 = \frac{(32-1)\times 2.21^2 + (38-1)\times 2.30^2}{68} = 5.10$$

- **Etape 4.**

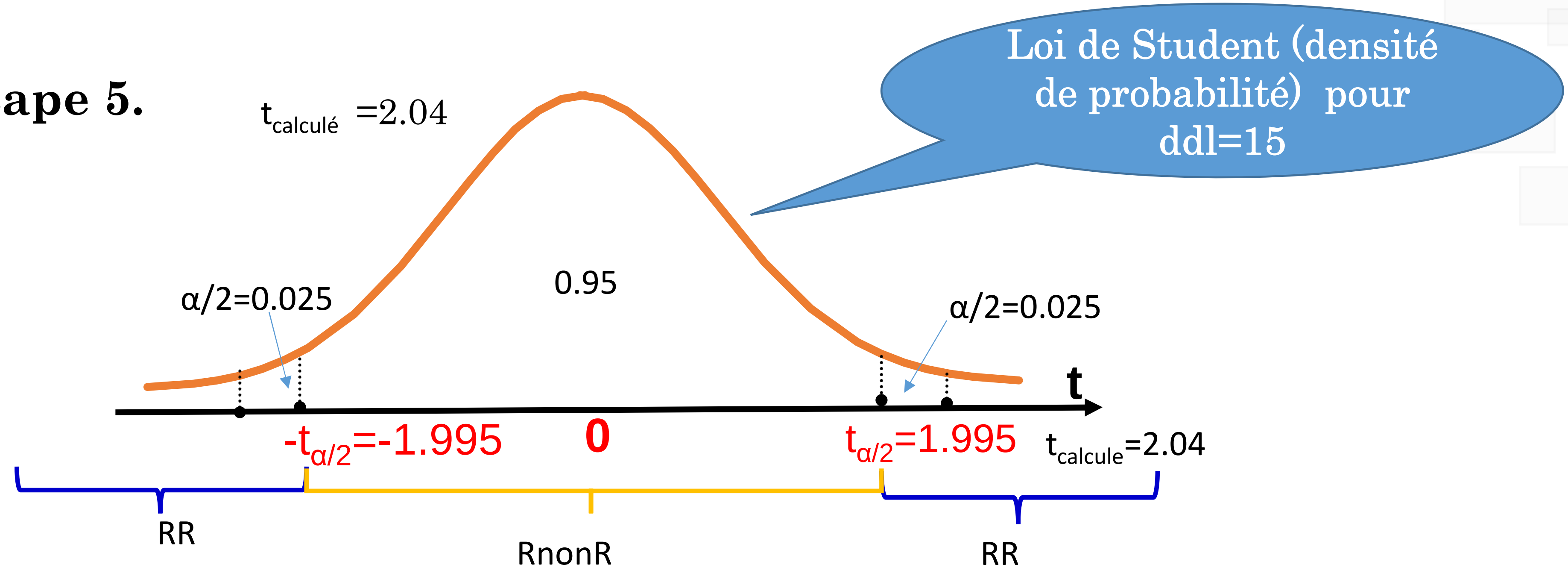
$$RR = (-\infty; -1.995\,] \cup [\,1.995; \infty)$$

- **Etape 5.**

$$t_c = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}} = \frac{22{,}54 - 21{,}04}{\sqrt{\frac{5.10^2}{32} + \frac{5.10^2}{38}}} = 2.04$$

Exemple: test t de Student pour échantillons indépendants avec des variances égales

- **Etape 5.**



- **Etape 6**

(décision statistique)

$t_{calculé}$ =2.04 ϵ RR, on rejette H_0 ⇨ H_1 donc il y a une différence statistiquement significative entre les scores moyens de VAS pour les deux sous-populations.

Le Test Student-t pour échantillons pairées

- Objectif: comparaison des moyennes d'une des variable quantitative continue des échantillons dépendants (appariées)
- Conditions d'application:
  - observations indépendants dans chaque échantillon
  - échantillons dépendants (appariées)
  - variable quantitative
  - les données sont normalement distribuées
  - les variances des observations sont inconnues
  - Le nombre des observations < 30 ou >=30

L' hypothèse **nulle**: H_0

- **Il n'y a pas** de différence statistiquement significative entre les moyennes des deux sous populations ou entre la moyenne de la variable mesurée dans deux occasions sur la population d'interet.

L' hypothèse **alternative**: H_1 pour le test non directionnel

- **Il y a pas** une différence statistiquement significative entre les moyennes des deux sous populations ou entre la moyenne de la variable mesurée dans deux occasions sur la population d'interet.

Le Test Student-t: données pairées

- **Etape 1.**

pour le test non directionnel

$H_0 : \bar{d} = 0$ **la différence=0**

$H_1 : \bar{d} \neq 0$

Etape 2.

Statistique du test

$$\boxed{t = \frac{\bar{d}}{\frac{S}{\sqrt{n}}}}$$

- n = taille de l'échantillons
- $\bar{d}$ = moyenne des différences;
- S^2 = la variance d' échantillonnage des différences

- **Etape 3.**

  α= **0,05**

  (ou α = 0,01, α = 0,001);

- **Etape 4. d.d.l = n - 1**

$$\boxed{RR = \left(-\infty; -t_{n-1,\frac{\alpha}{2}}\right] \cup \left[t_{n-1,\frac{\alpha}{2}}; \infty\right)}$$

- **Etape 5.**

la valeur calculée de la statistique du test

- **Etape 6.**

Si $t_{calculé} \in$ RR donc on rejette H0⇨ H_1

(dans le cas contraire, on ne peut pas rejeter H_0)

Exemple: Test Student-t pour données pairées

- Objectif: l'utilisation de la dentifrice A pour 3 mois modifie la sensibilite dentichez les personnes adultes?
- Sur un échantillon de 10 adultes;
- On mesure le sensibilité de la dentine par une échelles VAS (analogiques visuelles) de deux fois par individu (avant l'utilisation de la dentifrice A et après 3 mois de l'utilisation)
- On suppose que les scores de VAS suivent une loi normale dans la population dont sont issus ces 10 patients
- On a obtenu les résultats suivants:

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Avant	73	67	83	52	74	86	68	70	65	66
Apres	65	61	46	33	59	62	71	61	65	70

Question de recherche:

formulation simplifiée: Est qu' il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes de VAS après 3 mois d'utilisation de la dentifrice A?

Formulation plus précise: Est que la moyenne des différences entre les valeurs de VAS avant et après l'utilisation de la dentifrice A est statistiquement significative différente de 0?

Exemple: Test Student-t pour données pairées

- **Le choix du test:** 10 obs. indep.; le VAS=variable quantitative continue; distribution normale; on compare des données avant et après l'utilisation de la dentifrice=> le test t pour échantillons dépendants ou pairées

- **Etape 1.** test bilatéral

$\boldsymbol{H_0}$: $\bar{d} = 0$

$\boldsymbol{H_1}$: $\bar{d} \neq 0$

- **Etape 2. Statistique du test**

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

- n = taille de l'échantillons
- $\bar{d}$ = moyenne des différences;
- S^2= la variance d' échantillonnage des différences

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Avant	73	67	83	52	74	86	68	70	65	66
Apres	65	61	46	33	59	62	71	61	65	70
Differences	**8**	**6**	**37**	**19**	**15**	**24**	**-3**	**9**	**0**	**-4**

Le test Student-t: données pairées

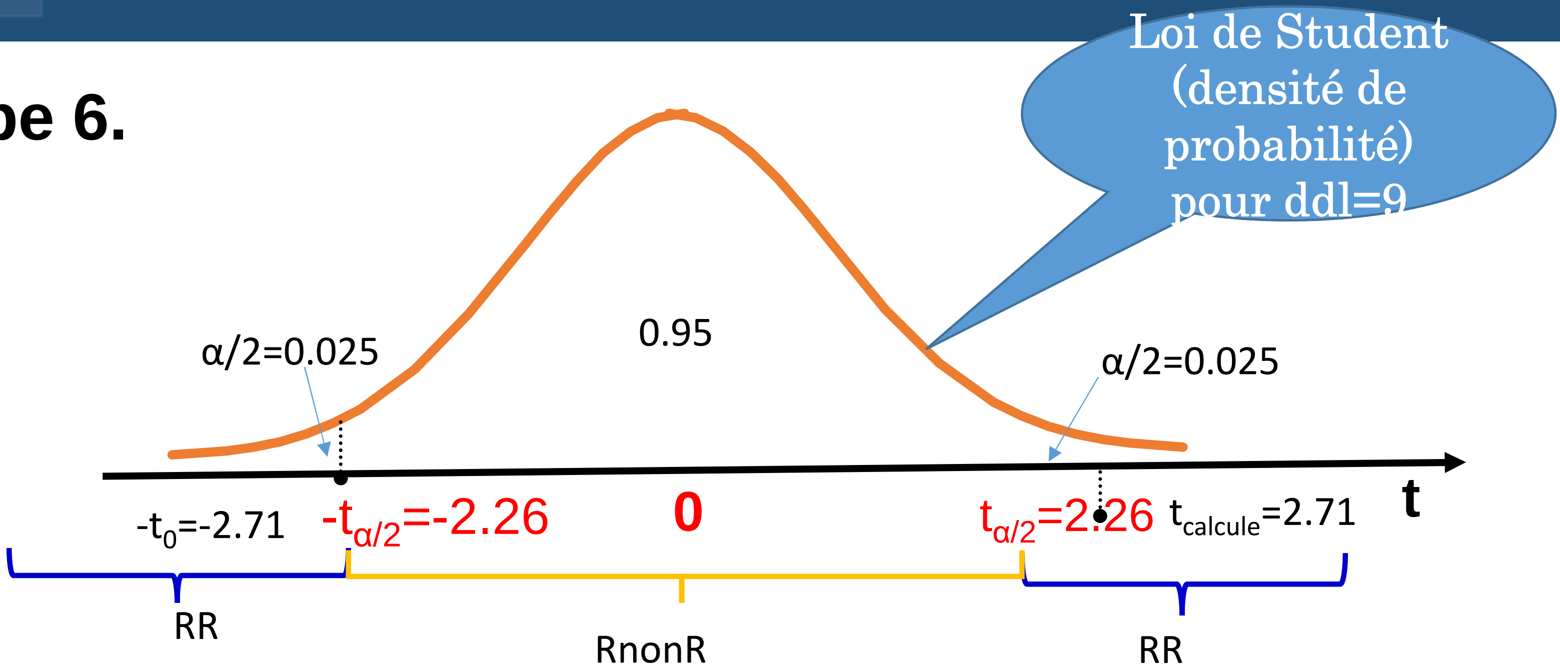
- **Etape 3: α= 0,05**
- **Etape 4:**

$$RR = \left(-\infty, -t_{9;\,0,025}\right] \cup \left[t_{9;\,0,025}, +\infty\right)$$
$$RR = \left(-\infty, -2,262\right] \cup \left[2,262, +\infty\right)$$

- **Etape 5.**

$$t_{\text{observé}} = \frac{11,1}{\frac{12,93}{\sqrt{10}}} = 2,71$$

- **Etape 6.**



Décision du test: $t_{calcule} \in$ RR donc on rejette H_0 ⇨ H_1 donc la moyenne des scores VAS avant de l'utilisation

de la dentifrice A est statistiquement différente de la moyennes des scores VAS après l'utilisation de la dentifrice sur la population des adultes.

Tests non paramétriques

- Si la variable étudiée n'a pas une distribution normale (gaussienne), on peut utiliser:
    - le test non paramétrique de Mann-Whitney U
        - (échantillons indépendants);
    - le test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillons dépendants / appariées
        - (échantillons dépendants = pairés)

- Principe:
    - on ordonne les valeurs,
    - puis on remplace les valeurs par leurs rangs.
- les tests font la comparaison des rangs entre les 2 échantillons.

Le Test F de Fisher pour échantillons indépendants

- Objectif: comparaison des **variances** des variables quantitative continue dans 2 échantillons indépendants.
- Conditions d' application:

- les observations sont indépendants
- 2 échantillons indépendants
- variable quantitative
- les données sont normalement distribuées
    - (dans les deux populations).

L' hypothèse **nulle**: H_0

- **Il n'y a pas** de différence entre les variances des deux sous populations

L' hypothèse **alternative**: H_1 pour le test non directionnel

- **Il y a une** différence entre les variances des deux sous populations

Il y a aussi autres tests pour comparer les variances, plus robustes que le test F: le test Bartlet, ou le test Levene

Les étapes du test F

- **Etape 1.**

pour le test non directionnel

$$\begin{cases} \mathbf{H_0} : & \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \\ \mathbf{H_1} : & \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \end{cases}$$

Etape 2.

Statistique du test:

$$\mathbf{F} = \begin{cases} \dfrac{\mathbf{S}_2^2}{\mathbf{S}_1^2}, \textbf{pour } \mathbf{S}_2^2 > \mathbf{S}_1^2 \\ \dfrac{\mathbf{S}_1^2}{\mathbf{S}_2^2}, \textbf{pour } \mathbf{S}_1^2 > \mathbf{S}_2^2 \end{cases}$$

- S_1^2, S_2^2 = les variances d' échantillonage
- suit la loi de Fisher avec
- $(n_2\text{-}1, n_1\text{-}1)$, ou $(n_1\text{-}1, n_2\text{-}1)$
- degrés de liberté

- **Etape 3.**

  α= **0,05**

  (ou α = 0,01, α = 0,001);
- **Etape 4.** $v_1 = n_1 - 1$, $v_2 = n_2 - 1$ d.d.l

$$RR = \left[F_{\nu_1, \nu_2, \alpha} ; \infty \right)$$

- Ou est trouve dans la table du distribution Fisher $(n_2 - 1, n_1 - 1)$, ou
- $(n_1 - 1, n_2 - 1)$ degrés de liberté (d.d.l)

(voir cours Variables aléatoires)

- **Etape 5.**

  Calculer la valeur de la statistique du test
- **Etape 6.**

  Si $F_c \in RR$ on rejette H_0 ⇨ H_1

(dans le cas contraire, on NE rejette pas H_0)

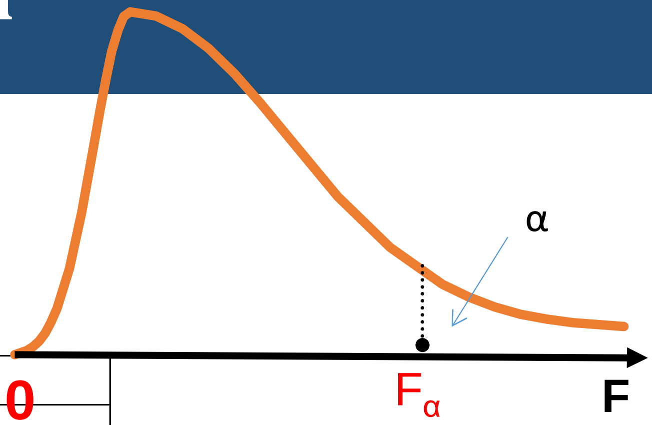
Les étapes du test F

- **Etape 6'.** Prend la décision avec p-value (p-valeur).
  p-value =**niveau de signification observé/estimé**

  - **Si p-value < α (= 0,05), on rejette H_0 alors nous sommes en faveur du H_1**
  - **Si p-value ≥ α (= 0,05) alors H_0 NE peut être pas rejetée.**

La Loi de Fisher

F	α=0,05
$df_{numerateur=}v_1=4$; $df_{denominaterur}=v2=5$;	9,36



F Distribution critical values for P=0.05

Denominator	Numerator DF												
DF	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**7**	**10**	**15**	**20**	**30**	**60**	**120**	**500**	**1000**
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	236.77	241.88	245.95	248.01	250.10	252.20	253.25	254.06	254.19
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.353	19.396	19.429	19.446	19.462	19.479	19.487	19.494	19.495
3	10.128	9.5522	9.2766	9.1172	9.0135	8.8867	8.7855	8.7028	8.6602	8.6165	8.5720	8.5493	8.5320	8.5292
4	7.7086	6.9443	6.5915	6.3882	6.2560	6.0942	5.9644	5.8579	5.8026	5.7458	5.6877	5.6580	5.6352	5.6317
5	6.6078	5.7862	5.4095	5.1922	5.0504	4.8759	4.7351	4.6187	4.5582	4.4958	4.4314	4.3985	4.3731	4.3691
7	5.5914	4.7375	4.3469	4.1202	3.9715	3.7871	3.6366	3.5108	3.4445	3.3758	3.3043	3.2675	3.2388	3.2344
10	4.9645	4.1028	3.7082	3.4780	3.3259	3.1354	2.9782	2.8450	2.7741	2.6996	2.6210	2.5801	2.5482	2.5430
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7066	2.5437	2.4035	2.3275	2.2467	2.1601	2.1141	2.0776	2.0718
20	4.3512	3.4928	3.0983	2.8660	2.7109	2.5140	2.3479	2.2032	2.1241	2.0391	1.9463	1.8962	1.8563	1.8498
30	4.1709	3.3159	2.9223	2.6896	2.5336	2.3343	2.1646	2.0149	1.9317	1.8408	1.7396	1.6835	1.6376	1.6300
60	4.0012	3.1505	2.7581	2.5252	2.3683	2.1666	1.9927	1.8365	1.7480	1.6492	1.5343	1.4672	1.4093	1.3994
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4473	2.2898	2.0868	1.9104	1.7505	1.6587	1.5544	1.4289	1.3519	1.2804	1.2674
500	3.8601	3.0137	2.6227	2.3898	2.2320	2.0278	1.8496	1.6864	1.5917	1.4820	1.3455	1.2552	1.1586	1.1378
1000	3.8508	3.0047	2.6137	2.3808	2.2230	2.0187	1.8402	1.6765	1.5811	1.4705	1.3318	1.2385	1.1342	1.1096

https://www.medcalc.org/manual/f-table.php

Exemple: test de Fisher (test F) pour deux échantillons indépendants

- évaluation de l'hypersensibilité dentinaire âpres une période d'usage quotidien de 2 dentifrices pour dents sensibles (A et B) sur une population des adultes.
- sensibilité de la dentine mesurée par une échelles VAS (analogiques visuelles) ayant des scores compris entre 0-100: 0 = pas de douleur, 100 = douleur intense.
- deux échantillons: group A (31 patients qui utilisent la dentifrice A) et de group B (21 patients qui utilisent B)
- group A: m_1=22,54 et S_1=2,21 et group B: m_2=20,04 et S_2=4,21
- Les deux échantillons ont été avec <u>données normalement distribuées</u>.
- **<u>Question de recherche</u>: Au risque de 5%, on peut affirmer qu'il y a une différence statistiquement significative entre les variances des scores de VAS chez les patients qui utilisent la dentifrice A et ceux qui utilisent la dentifrice B?**
- **Vérification des conditions d' application du test F:**
  - les <u>observations</u> sont <u>indépendants</u>
  - <u>2 échantillons indépendants</u>
  - variable <u>quantitative;</u> les données sont <u>normalement distribuées</u>

Exemple: test F

- $n_1 = 31$; $n_2 = 21$
- $m_1 = 22{,}54$; $m_2 = 20{,}04$
- $S_1 = 2{,}21$; $S_2 = 4{,}21$
- **Etape 1.**

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

H_1 : $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Etape 2.

Statistique du test:

$$F = \begin{cases} \dfrac{S_2^2}{S_1^2}, \text{pour } S_2^2 > S_1^2 \\ \dfrac{S_1^2}{S_2^2}, \text{pour } S_1^2 > S_2^2 \end{cases}$$

- S_1^2, S_2^2 = les variances d' échantillonnage
- suit la loi de Fisher avec (n_2 - 1, n_1 - 1) , ou (n_1 - 1, n_2- 1) d.d.l

- **Etape 3.**

  α = **0,05**

  (ou α = 0,01, α = 0,001);
- **Etape 4.** $\nu_1 = n_1 - 1$, $\nu_2 = n_2 - 1$ d.d.l

$$RR = [F_{\nu_1,\nu_2,\alpha};\infty) = [1.93;\infty)$$

- La quantile F est trouvé dans le tableau du distribution Fisher (n_2 - 1, n_1 - 1) , ou (n_1 - 1, n_2 - 1) degrés de liberté

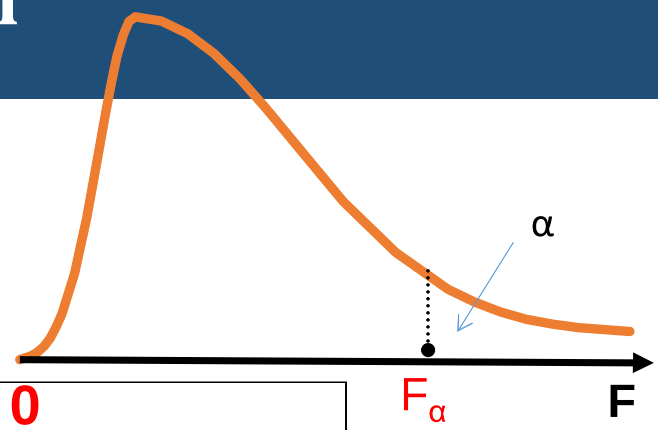
- **Etape 5.**

  $F_{calculé}$ = 17.72/ 4.88 = 3.63
- **Etape 6.**

  $F_{calculé} \in RR$ on rejette H_0 , donc on les variances des scores de VAS dans les deux sous populations sont significativement différentes.

La Loi de Fisher

F	α=0,05
$df_{numerateur=}v_1=20;$ $df_{denominaterur}=v2=30;$	1.93



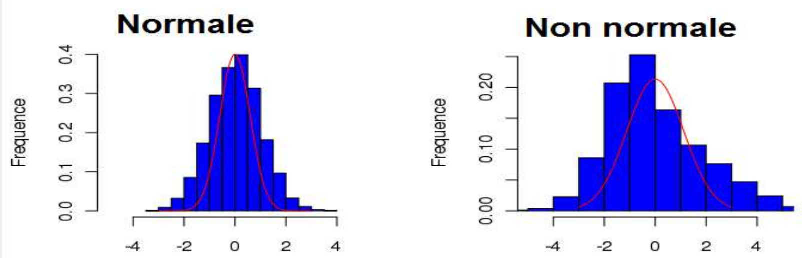
	Numerator DF													
DF	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**7**	**10**	**15**	**20**	**30**	**60**	**120**	**500**	**1000**
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	236.77	241.88	245.95	248.01	250.10	252.20	253.25	254.06	254.19
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.353	19.396	19.429	19.446	19.462	19.479	19.487	19.494	19.495
3	10.128	9.5522	9.2766	9.1172	9.0135	8.8867	8.7855	8.7028	8.6602	8.6165	8.5720	8.5493	8.5320	8.5292
4	7.7086	6.9443	6.5915	6.3882	6.2560	6.0942	5.9644	5.8579	5.8026	5.7458	5.6877	5.6580	5.6352	5.6317
5	6.6078	5.7862	5.4095	5.1922	5.0504	4.8759	4.7351	4.6187	4.5582	4.4958	4.4314	4.3985	4.3731	4.3691
7	5.5914	4.7375	4.3469	4.1202	3.9715	3.7871	3.6366	3.5108	3.4445	3.3758	3.3043	3.2675	3.2388	3.2344
10	4.9645	4.1028	3.7082	3.4780	3.3259	3.1354	2.9782	2.8450	2.7741	2.6996	2.6210	2.5801	2.5482	2.5430
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7066	2.5437	2.4035	2.3275	2.2467	2.1601	2.1141	2.0776	2.0718
20	4.3512	3.4928	3.0983	2.8660	2.7109	2.5140	2.3479	2.2032	2.1241	2.0391	1.9463	1.8962	1.8563	1.8498
30	4.1709	3.3159	2.9223	2.6896	2.5336	2.3343	2.1646	2.0149	1.9317	1.8408	1.7396	1.6835	1.6376	1.6300
60	4.0012	3.1505	2.7581	2.5252	2.3683	2.1666	1.9927	1.8365	1.7480	1.6492	1.5343	1.4672	1.4093	1.3994
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4473	2.2898	2.0868	1.9104	1.7505	1.6587	1.5544	1.4289	1.3519	1.2804	1.2674
500	3.8601	3.0137	2.6227	2.3898	2.2320	2.0278	1.8496	1.6864	1.5917	1.4820	1.3455	1.2552	1.1586	1.1378
1000	3.8508	3.0047	2.6137	2.3808	2.2230	2.0187	1.8402	1.6765	1.5811	1.4705	1.3318	1.2385	1.1342	1.1096

https://www.medcalc.org/manual/f-table.php

Vérification de la condition de normalité des données

Utilité:

- Importante pour appliquer des test paramétriques, avec condition de normalite:
  - Test Student-t
  - Test ANOVA



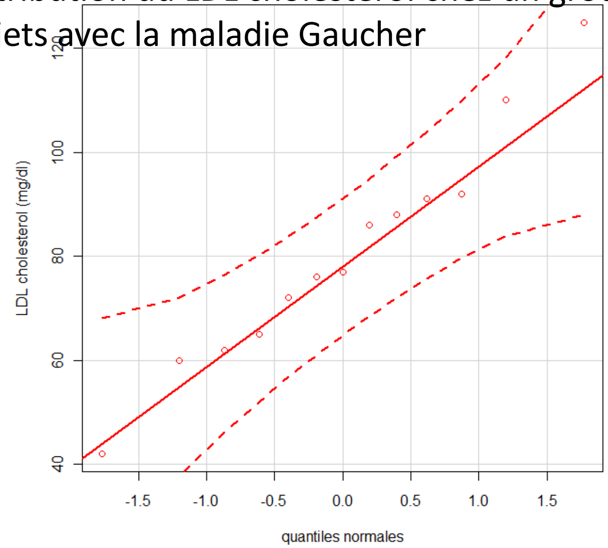
Modalités de vérification (ici, <u>conditions de normalité</u>:

- **des graphiques (les meilleures) modalités**
  - Histogramme (symétrique, comme un chapeau)
  - Boite a moustaches (symétrique autour de la médiane)
  - Le graphique des quantiles (voir diapositive suivant)
- **des statistiques descriptives (pas très fiables)**
  - Si la moyenne est ~= médiane
  - Si le coefficient de l'aplatissement ~=0 / apartient a [-1, 1] (kurtosis)
  - Si le coefficient de symétrie ~=0 / apartient a [-1, 1] (skewness)
- **des tests de normalité: (ne sont pas recommandées)**
  - Test de Kolmogorov-Smirnov
  - Test de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$ – non normale, $p \geq 0,05$ normale)

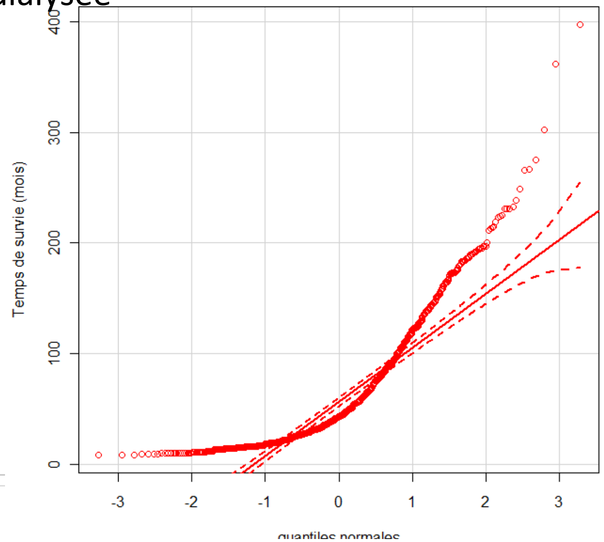
Vérification de la condition de normalité des données

- **Graphique des quantiles – permet de comparer deux distributions**
  - On peut comparer la distributions de la série des données observées (les points) avec un distribution théorétique normale (la ligne)
  - Si les points sont sur la ligne – distribution approximative normale
  - Si les points s'éloigne de la ligne – distribution non normale
- La meilleur façon d'évaluer la normalité des données

La distribution du LDL cholestérol chez un group des sujets avec la maladie Gaucher



Le temps de survie pour un group des sujets dialysée



Comparaison des données normale/non normale distribuées

- **Normale**

moyenne ~= médiane

(=-0,03 =0,015)

c. asymétrie = 0,11

apartient a [-1, 1], ~= 0

c. aplatissement = -0,09

apartient a [-1, 1] ~= 0

Shapiro-Wilk test

p= 0,99 > 0,05

- **Non normale**

moyenne <> médiane

(=1.57 =0,98)

c. asymétrie = 5,59

> 1, <> 0

c. aplatissement = 40,63

> 1, <> 0

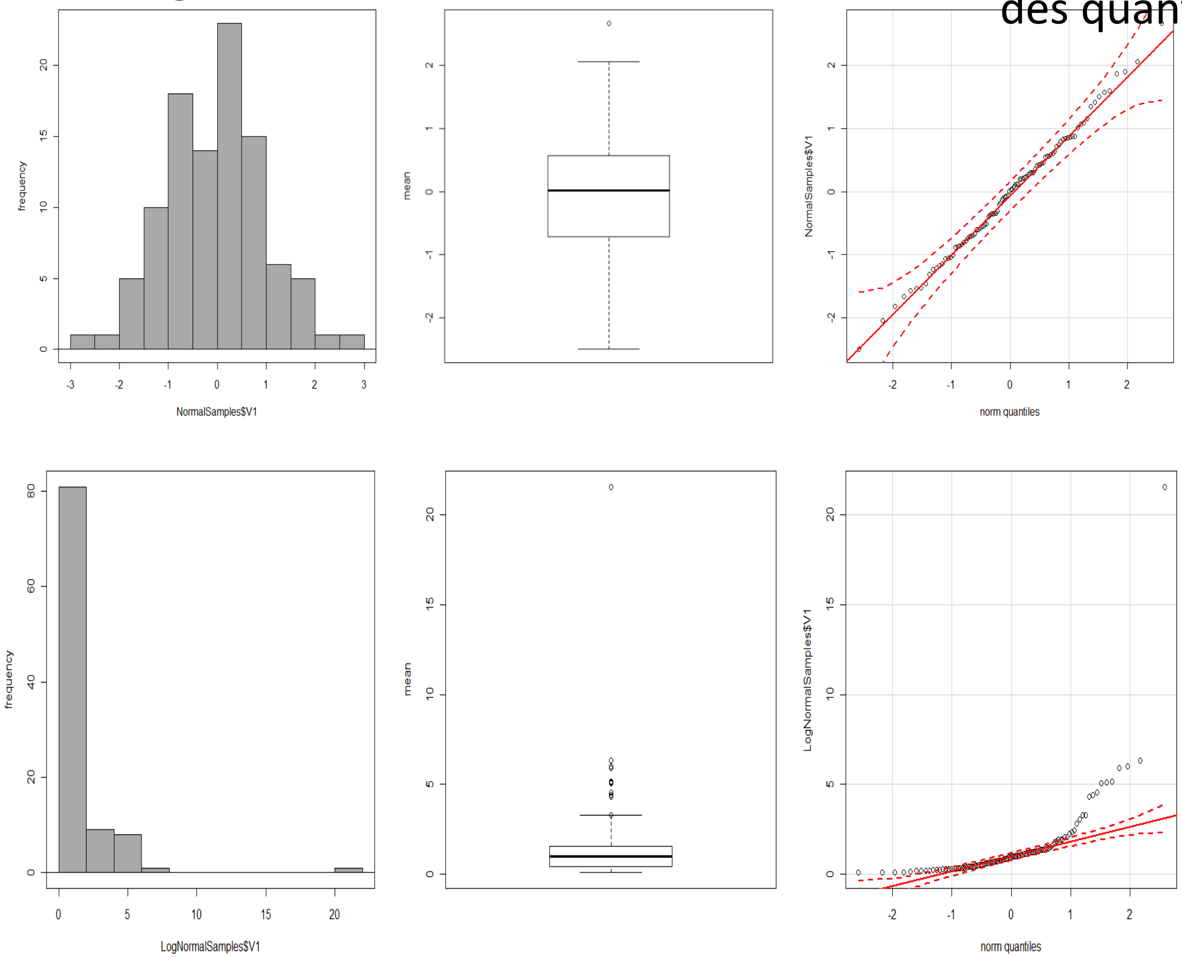
Shapiro-Wilk test

p=~0 < 0,05

Histogramme

Boite a moustaches

Le graphique des quantiles



Le test ANOVA

On considère p échantillons indépendants avec les moyennes $m_1,\dots,m_p$

Ex. Données:

- On veut comparer la douleur après
  3 interventions (p=3) (placebo, dose analgésique réduite, dose importante)
  La douleur est considéré = 0 – sans douleur, = 10 – douleur très forte

1. Hypothèses:

- H_0: les moyennes $m_1,\dots,m_p$
  - ne sont pas significativement différents
- H_1: les moyennes $m_1,\dots,m_p$
  - sont significativement différents

2. Le **paramètre statistique** F du test suive la loi de Fisher (voir cours variable aléatoires)

Ex. structure fichier Excel

Group	Douleur
dose importante	1
dose importante	3
dose importante	0
dose importante	2
dose importante	1
dose réduite	3
dose reduite	4
dose réduite	2
dose reduite	5
dose réduite	4
placebo	7
placebo	8
placebo	6
placebo	9
placebo	8

Le test ANOVA

3. Le niveau de signifiance α = 0,05

4. Les valeurs critiques et **la région du rejet**:

- On trouve dans la tabelle du distribution du Fisher la valeur critique F (voir le cours variables aleatoires), pour un α = 0,05, avec
  - v_1 (nombre échantillons – 1) degrés de liberté = 3 – 1 = 2,
  - v_2 (nombre observations - nombre échantillons) = (15 - 3) = 12 d.d.l. => **RR=[3,88, +∞)**

5. Calculer la valeur de la statistique du test: F_0

6. la **décision statistique** en **fonction de la région du rejet** :

Si $F_{observé}$ appartienne a RR= $\left[F_{v_1,v_2,\alpha}, +\infty\right)$ => on rejette H_0 .

la **décision statistique** en **fonction de la valeur du p** :

- Si p-value < α (=0,05) on rejet H_0 => en faveur du H_1
- Si p-value $\geq \alpha$ (=0,05) => on ne peut pas rejeter H_0

Le test ANOVA

Les conditions pour appliquer le test:

- La <u>normalité des données</u>
  - On la vérifie avec
    - Voir les diapositif suivants
- <u>L'égalité des variances</u>
  - On la vérifie avec des tests d'égalité de variance:
    - Le **test Bartlet** ou **Levene**
      - Permet vérifier 2 ou plus groups
      - (similaire comme but a le test F pour comparer 2 variances)
      - Ex. Pour l'exemple avec les analgésiques, le test Levene obtenu dans le programme statistique R:

        Levene test for homogeneity of variance
        p-value = 1

        P>0,05 => on ne peut pas dire qu'il y a une différence statistiquement signifiante entre les variances des groupes => on peut utiliser le test ANOVA

Le test ANOVA

Si la condition d’égalité de variance **n’est pas satisfaite** on utilise

- Le test ANOVA de Welch
- ou Brown Forsyth pour variances inégales

Si les conditions de normalité **ne sont pas satisfaites** on utilise l’équivalent non paramétrique du test ANOVA: le test Kruskal-Wallis (voir cours tests nonparametriques)

Le test ANOVA: tests a posteori pour comparer chaque 2 moyennes des échantillons entre eux

- Le test ANOVA nous aide de décider s'il y a une différence **entre toutes les moyennes** des groups qu'on compare.

- Si on rejette H_0, (si $p<0,05$ – la différence globale est présente)
  - pour voir s'il y a une différence entre les moyennes des chaque deux échantillons
    - Ex. 1 et 2,
      - 2 et 3,
      - 1 et 3
  - on doit utiliser des tests Post Hoc (après avoir utilisé ANOVA)

- Ex. Comparer la dose analgésique importante et réduite
  - Solution:
    - utiliser le test Student t pour échantillons indépendants, avec la correction **Bonferroni**
      - (il y a aussi autres types de corrections/post-hoc tests: **Tukey**, **Scheffe**, …)

Révision des tests utilisés

Tests statistiques pour comparer les variances entre deux échantillons						
Type variable	Nb sujets	Nature des données	Statistique comparée	Test utilise	Paramètre du test	Région du rejet
Quantitative	Données normale distribuées		variances	Test F de Fisher, $v_1 = n_1$ d.d.l. $v_2 = n_2$ d.d.l.	$F = \begin{cases} \frac{S_2^2}{S_1^2}, pour.S_2^2 \rangle S_1^2 \\ \frac{S_1^2}{S_2^2}, pour.S_1^2 \rangle S_2^2 \end{cases}$	$\left[F_{v_1,v_2,\alpha}, +\infty\right)$

(ou n_1, n_2 - nombre des sujets; m_1, m_2 – moyennes; s_1, s_2 – déviations standard descriptive de l'échantillon; S_1, S_2 – déviation standard d'échantillonage; $S = \sqrt{\frac{n}{n-1}}s$; $s = \sqrt{\frac{n-1}{n}}S$; d.d.l. – dégrées de liberté)

Révision des tests utilisés

Tests pour variables quantitatives - comparer la moyenne des deux échantillons

Type variable	Nb sujets	Nature des données	Statistique comparée	Test utilise	Paramètre du test	Région du rejet – test bidirection
Deux échantillons indépendants						
Quantitative	n_1, n_2 ≥ ou < 30	Normale distribuées, Variances dans la population **inconnues** inégales	Différence des moyennes	Test t (Student) $n_1 + n_2 - 2$ d.d.l.	$t = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$	(-∞, -v.c.] U [v.c., +∞)
	n_1, n_2 ≥ ou < 30	Normale distribuées, Variances dans la population **inconnues** égales	Différence des moyennes	Test t (Student) $n_1 + n_2 - 2$ d.d.l.	$t = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$ $S^2 = \frac{(n_1 - 1)\times S_1^2 + (n_2 - 1)\times S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	(-∞, -v.c.] U [v.c., +∞)
Deux échantillons dépendants (pairées)						
Quantitative	$n_1 = n_2$ ≥ ou < 30	Normale distribuées,	Moyenne des différences	Test t (Student) n - 1 d.d.l.	$t = \frac{\bar{d}}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$	(-∞, -v.c.] U [v.c., +∞)

(ou n, n_1, n_2 - nombre des sujets; m, m_1, m_2 – moyennes; s, s_1, s_2 – déviations standard descriptive de l'échantillon; S, S_1, S_2 – déviation standard d'échantillonage; $S = \sqrt{\frac{n}{n-1}}\,s$; $s = \sqrt{\frac{n-1}{n}}\,S$; σ , σ_1, σ_2 - déviation standard dans la population; pour α=0,05, Z_α=1,96; d.d.l. – dégrées de liberté; v.c. – valeur critique)

Récapitulatif des tests utilisés

Tests statistiques pour plus des deux échantillons (groups) indépendants						
Type variable	Nb sujets	Nature des données	Statistique comparée	Test utilise	Paramètre du test	Région du rejet
Quantitative		Normale distribuées, Variance des échantillons égalés	moyenne	Test ANOVA v1 = nb. groups – 1 v2 = nb. obs. – nb groups	$F = \frac{MCG}{MCE}$	$\left[F_{v_1,v_2,\alpha}, +\infty\right)$
		Normale distribuées, Variance des échantillons inégalés	moyenne	ANOVA de Welch ou Brown Forsyth		
		Non normale distribuées	médiane	test Kruskal Wallis	-	-

L et C – nombres des lignes et des colonnes dans le tableau de contingence, f^o – fréquence observée, f^t – fréquence théorétique; d.d.l. – dégrées de liberté;

MCEG = [n1 * (m1-mt)^2 + n2 * (m2-mt)^2 + n3 * (m3-mt)^2 + …] / (p-1)
MCDG = [(n1-1) * DS1^2+ (n2-1) * DS2^2+ (n3-1) * DS3^2 + …] / (n-p)
n=nombre total d'observations, n1,n2, n3 – le nombre d'observations par group, p – nombre des groups
mt – la moyenne des toutes les observations, m1, m2, m3… les moyennes par groups, DS_1, DS_2, DS_3, … déviations standard d' échantillonnage des groups

Equivalences entre tests paramétriques et non paramétriques

Données	Nombre échantillons	Tests paramétriques	Tests non parametriques
quantitatives	2 indépendants	Student (t) pour échantillons indépendants	Mann Whitney U (Wilcoxon somme des rangs)
	2 appariées (dépendants)	Student (t) pour échantillons appariées	Wilcoxon rangs signées (pour échantillons appariées)
	> 2 indépendants	ANOVA (pour variances égales) ou ANOVA de Welch ou Brown Forsyth (pour variances inégales)	Kruskal Wallis

Exemples d'articles scientifiques avec tests statistiques
Test t pour des échantillons dépendants/ pairées

Changes in Personality and Learning Styles for First Year Medical Students

Nicole J. Borges & Dean X. Parmelee

Medical Science Educator Volume 21 : No. 3. IAMSE http://www.iamse.org/artman/publish/article_611.shtml

Abstract

Sixty-five **students** (62 response rate**) completed** the *Neuroticism, Extraversion, Openness to Experience Personality Inventory-Revised and Grasha-Reichmann Student Learning Styles Scale* **at the beginning and end of their first year of medical school.** Paired t-tests showed significant differences for 2 of 5 personality scales and 5 of 6 learning styles scales.

Personality and Learning Styles Scales	Pretest		Posttest			
	Mean	SD	Mean	SD	*t*	*p*
Neuroticism	85.32	20.70	88.91	23.95	-1.647	.104
Extraversion	122.92	19.15	118.12	18.50	3.415	.001*
Openness to Experience	121.25	18.99	121.31	19.11	-.052	.958
Agreeableness	125.29	19.85	126.02	19.19	-.675	.502
Conscientiousness	132.65	15.66	126.40	19.06	4.091	<.001*
Dependent	35.54	4.06	37.12	4.93	-3.110	.003*
Collaborative	37.60	5.72	35.38	5.61	3.652	.001*
Participant	38.25	4.15	36.18	4.32	3.674	<.001*
Avoidant	24.29	5.20	27.52	5.32	-5.511	<.001*
Independent	35.25	3.90	35.00	4.68	.506	.615
Competitive	27.03	5.91	24.98	6.24	2.926	.004*

Table 1 Results of Paired t-tests for Pre and Post Comparison of Personality and Learning Styles
*Significant at $p < .005$ level

Exemples d'articles scientifiques avec tests statistiques Test t pour des échantillons dépendants/ pairées

Interprétation du tableau dans l' étude

On observe que: ils comparent différentes types des scores de personnalité (e.g. extraversion …) (dans la première colonne), avec le test: paired t-test (dans le titre), pour voir des différences avant et après le première année (Pre and post comparaison – dans le titre du tableau; pour chaque variable quantitative – score de personnalité, on observe la moyenne - mean, déviation standard – SD – au début (pre) and a la fin de l'annee (post), et le résultat du test t (P)

Énoncez les hypothèses nulle et alternative, pour le **test** qui vérifie s'il y a une **différence** statistiquement significative entre les étudiants depuis le **début** de l'année et à la **fin** de l'année en ce qui concerne niveau **moyenne du style collaboratif d'apprentissage**

H0 (**hypothèse nulle**): **il n'y a pas** une différence statistiquement significative entre les étudiants depuis le début de l'année et à la fin de l'année en ce qui concerne niveau niveau **moyenne du style collaboratif d'apprentissage**

H1 (**hypothèse alternative** - test bilatéral): **il y a** une différence statistiquement significative entre les étudiants depuis le début de l'année et à la fin de l'année en ce qui concerne niveau **moyenne du style collaboratif d'apprentissage**

Écrivez le nom du test utilisé pour la comparaison:

test t de Student pour échantillons dépendants/appariées (voir paired t-test dans le tableau).

Exemples d’articles scientifiques avec tests statistiques Test t pour des échantillons dépendants/ pairées

Interprétation du tableau dans l’ étude

Ecrivez la valeur du P du test t (voir la colonne P)

p=0.001

Interpréter du point de vue statistique le résultat du test statistique t, et argumentez votre réponse

Il y a une différence statistiquement significative entre les étudiants depuis le début de l’année et à la fin de l’année en ce qui concerne niveau niveau **moyenne du style collaboratif d’apprentissage**

parce que p=0.001 < le niveau de signification de 0.05. (on rejette l’hypothèse nulle)

Ecrivez les valeurs de moyens et l'écart-type pour chaque groupe (voir M – moyenne, SD – écart type/déviation standard)

avant (pretest – dans le tableau): moyenne = 37.60, écart type = 5.72

après (posttest– dans le tableau) : moyenne = 35.38, écart type = 5.61

Ecrivez quel groupe a la moyenne du style collaboratif plus grande

Le groupe avant (voir 37.60 > 35.38)

Exemples d’articles scientifiques avec tests statistiques
Test ANOVA et post hoc tests

Clinics (Sao Paulo). Mar 2014; 69(3): 198–202. doi: 10.6061/clinics/2014(03)10

Depression in hemodialysis patients: the role of dialysis shift

Flavio Teles,[I,*] Vega Figueiredo Dourado de Azevedo,[I] Claudio Torres de Miranda,[II] Milma Pires de Melo Miranda,[II] Maria do Carmo Teixeira,[I] and Rosilene M. Elias[III]

OBJECTIVE: Depression is the most important neuropsychiatric complication in chronic kidney disease because it reduces quality of life and increases mortality. Evidence demonstrating the association between dialysis shift and depression is lacking; thus, obt

3 echantillons **ANOVA**

is study.

METHOD: This cross-sectional study included patients

ry. Excessive daytime sleepiness was evaluated using the Epworth S

RESULTS: A total of 96 patients were enrolled (55 male

49% of the patients, respectively. When comparing variables amo

s, excessive daytime sleepiness, hemoglobin, phosphorus levels, o

although patients in rural areas did not have a higher prevalenc

orning shift (*p*=0.008). Independent risk factors for depression we

ng the morning shift (*p*=0.0009). The hospitalization risk of de

	Morning shift N=39	Afternoon shift N=37	Evening shift N=20	*p*-value
Age, years	47±14	48±15	50±5.3	0.71
Dialysis vintage, years	5.3±3.1	4.8±3.8	5.5±4.8	0.75
Unemployed, n (%)	35 (89.7)	34 (91.9)	16 (80)	0.38
Hemoglobin, g/dl	9.7±1.8	10.3±1.6	10.1±1.1	0.59

CONCLUSION:

e results highlight the ne

role.

Statistical analysis

The data are expressed as the mean±standard deviation (SD). For the statistical analysis and data description, patients were stratified according to dialysis shift (morning, afternoon, and evening). **Numerical variables** were submitted to the Kolmogorov-Smirnov test and **compared using ANOVA with a Bonferroni post-test.**

Exemples d'articles scientifiques avec tests statistiques Test ANOVA et post hoc tests

Interprétation du tableau dans l' étude

- On observe que: ils comparent différentes variables (variables quantitatives: âge, des années de dialyse, le niveau du hémoglobine - sur les lignes: « age », « dialisis vintate (years) », « hemoglobin »); pour trois moments de dialyse: le matin, l'après-midi, et le soir(sur les colonnes: « Morning», «Afternoon», « Evening »), on a les nombre des sujets par group, puis la moyenne et la deviation standard (apres le signe ±), et le résultat du test ANOVA – la valeur du P (P value)
- **Énoncez les hypothèses nulle et alternative**, pour le test qui vérifie s'il y a une différence statistiquement significative entre les trois moments de dialyse en ce qui concerne l'âge (voir dans le tableau la lignes pour « age »)
- **H0 (hypothèse nulle):** il n'y a pas une différence statistiquement significative entre les trois moments de dialyse en ce qui concerne l'âge
- **H1 (hypothèse alternative** - test bilatéral): il y a une différence statistiquement significative entre les trois moments de dialyse en ce qui concerne l'âge
- **Écrivez le nom du test** utilisé pour la comparaison:

Le test ANOVA

Exemples d'articles scientifiques avec tests statistiques Test ANOVA et post hoc tests

Interprétation du tableau dans l' étude

Ecrivez la valeur du P du test (voir la colonne P)

- p=0.71

Interpréter du point de vue statistique le résultat du test statistique , et argumentez votre réponse

- On ne peut pas dire qu'il y a une différence statistiquement significative entre les trois moments de dialyse en ce qui concerne l'âge.
- parce que p=0.71 est plus grand que le niveau de signification de 0.05 (on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle)

Interpréter du point de vue clinique les résultats:

- **Ecrivez les moyennes d'âge pour chaque groupe**

le matin: 47, l'après-midi: 48, et le soir: 50

- **Ecrivez quel groupe a l' âge moyenne le plus grande**

le soir (voir 50 > 47 ou 48) – mais les résultats ne sont pas sure – ne sont pas statistiquement significative

Exemples des questions

Scenario: Regardez la table suivante (contenant des résultats partiels) depuis une article scientifique médical. Il décrit les caractéristiques de l'embolie pulmonaire chez les patients atteints de COVID-19. Répondez aux questions posé sur les diapositives suivantes:

	All ($n=689$)	No PE ($n=637$)	PE ($n=52$)	p value
Age (years)	67.3 ± 13.2	67.6 ± 13.4	63.8 ± 10.6	0.04
Male gender	487 (69.4)	437 (68.6)	41 (78.8)	0.12
BMI (kg/m^2)	27.2 ± 5.3	27 ± 5.2	29.6 ± 6.3	0.003
Ever smoker	159 (27)	151 (27.7)	8 (18.6)	0.20
Hypertension	398 (56.9)	364 (57.6)	25 (48.1)	0.18
Dyslipidaemia	188 (27.5)	175 (27.7)	13 (25.0)	0.74
Diabetes	157 (23)	144 (22.8)	13 (25.0)	0.72
Heart failure	92 (13.5)	90 (14.2)	2 (3.8)	0.04
Atrial fibrillation	105 (15.4)	102 (16.1)	3 (5.8)	0.05
Coronary artery disease	143 (20.9)	137 (21.7)	6 (11.5)	0.08
COPD	67 (9.8)	64 (10.1)	3 (5.8)	0.31
Chronic kidney disease	127 (18.6)	123 (19.5)	4 (7.7)	0.04
ACEi/ARB therapy	133 (20.6)	123 (20.6)	10 (20.0)	0.91
Oral anticoagulant therapy	90 (14.1)	79 (13.5)	11 (21.6)	0.11
Direct oral anticoagulant	47 (7.4)	40 (6.8)	7 (13.7)	0.07
Vitamin K antagonist	48 (7.5)	43 (7.3)	5 (9.8)	0.52
Statin therapy	176 (27.2)	165 (27.7)	11 (21.6)	0.35
Fever (≥ 37.5 °C)	440 (64.1)	408 (64.3)	32 (62.7)	0.83
Respiratory rate ≥ 22/min	279 (52.0)	253 (50.8)	26 (66.7)	0.06
SBP (mmHg)	129.6 ± 21.5	129.7 ± 21.4	129.2 ± 22.4	0.89
Heart rate (bpm)	86.6 ± 18.1	86.3 ± 18.2	90.7 ± 15.9	0.09
Oxygen saturation (%)	90.5 ± 7.6	90.8 ± 7.2	86.6 ± 10.1	< 0.001
LV ejection fraction (%)	52.5 ± 11.3	52.1 ± 11.7	55.3 ± 8.4	0.12

Data are shown as count (%), mean ± SD or median (interquartile range)

BMI body mass index, *COPD* chronic obstructive pulmonary disease, *ACEi* angiotensin-converting enzyme inhibitor, *ARB* angiotensin receptor blocker, *SBP* systolic blood pressure, *LV* left ventricular

Source:
Ameri P, Inciardi RM, Di Pasquale M, Agostoni P, Bellasi A, Camporotondo R, Canale C, Carubelli V, Carugo S, Catagnano F, Danzi G, Dalla Vecchia L, Giovinazzo S, Gnecchi M, Guazzi M, Iorio A, La Rovere MT, Leonardi S, Maccagni G, Mapelli M, Margonato D, Merlo M, Monzo L, Mortara A, Nuzzi V, Piepoli M, Porto I, Pozzi A, Provenzale G, Sarullo F, Sinagra G, Tedino C, Tomasoni D, Volterrani M, Zaccone G, Lombardi CM, Senni M, Metra M. Pulmonary embolism in patients with COVID-19: characteristics and outcomes in the Cardio-COVID Italy multicenter study. Clin Res Cardiol. 2020 Nov 3:1–9. doi: 10.1007/s00392-020-01766-y.

Lien vers l'article:
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33141251/

Exemples des questions

E1. Lesquelles des affirmations suivantes sont correctes?

A. La variable *Saturation en oxygène (%)* est une variable quantitative

B. La variable *Saturation en oxygène (%)* est une variable qualitative

C. La variable *Fréquence respiratoire ≥ 22/min* est une variable quantitative

D. La variable *Fibrillation atriale* est une variable qualitative

E. La variable *Fréquence respiratoire ≥ 22/min* est une variable qualitative

R1. A, D,E

Exemples des questions

E2. Les auteurs ont choisi de montrer:

A. la moyenne et l' erreur-type pour la variable *Fréquence cardiaque (bpm)* parce qu'elle suit la distribution gaussienne

B. la moyenne et l' écart-type pour la variable *Fréquence cardiaque (bpm)* parce qu'elle suit la distribution gaussienne

C. la médiane (intervalle interquartile, IQR) pour la variable *Fréquence cardiaque (bpm)* parce qu'elle ne suit pas la distribution gaussienne

D. Les fréquences absolue et relative pour la variable *Fréquence respiratoire ≥ 22/min*

E. Nombre de cas et les pourcentages pour la variable *Fréquence respiratoire ≥ 22/min*

R2. B, D, E

Exemples des questions

E3. Les valeurs de saturation en oxygene (%) ont été comparées entre les deux groupes de sujets au moyen du:

A. Test t de Student pour échantillons independantes

B. Test t de Student pour échantillons dépendantes

C. ANOVA a un facteur

D. test de Z pour échantillons independantes

E. ANOVA à mesures répétés

R3. A

Exemples des questions

E4. La formulation des hypothèses statistiques concernant la comparaisons des valeurs pour la Saturation d'oxygène (SO_2, %) :

A. **H0:** Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de SO_2 chez les patients atteints de COVID-19 qui ont développé l'embolie pulmonaire et les ceux qui n'ont pas d'embolie pulmonaire

B. **H0:** Il n'y a pas de différence significative entre les médianes de SO_2 chez les patients atteints de COVID-19 qui ont développé l'embolie pulmonaire et les ceux qui n'ont pas d'embolie pulmonaire

C. **H1:** Il a une différence significative entre les distributions de SO_2 chez les patients atteints de COVID-19 qui ont développé l'embolie pulmonaire et les ceux qui n'ont pas d'embolie pulmonaire

D. **H1:** Il a une différence significative entre les fréquences de SO_2 chez les patients atteints de COVID-19 qui ont développé l'embolie pulmonaire et les ceux qui n'ont pas d'embolie pulmonaire

E. **H1:** Il y a une différence significative entre les moyennes de SO_2 chez les patients atteints de COVID-19 qui ont développé l'embolie pulmonaire et les ceux qui n'ont pas d'embolie pulmonaire

R4. A, E

Exemples des questions

E5. Interprétation de la p-valeur concernant la comparaisons des valeurs de SO_2**:**

A. parce que $p<0,05$ on rejette H0 donc nous sommes en faveur de H1

B. parce que $p<0,05$ on rejette H1 donc nous sommes en faveur de H0

C. parce que $p\geq0,05$ on ne rejette pas H0 donc on accepte H0

D. Il y a une différence significative entre les moyennes de SO_2 chez les patients atteints de COVID-19 qui ont développé l'embolie pulmonaire et les ceux qui n'ont pas d'embolie pulmonaire

E. la différence observée entre les moyennes de SO_2 n'est pas significative et elle est due aux fluctuations d'échantillonnage

R4. A, D

Exemples des questions

E6. Interprétation des résultats concernant la comparaisons des <u>variances</u> de SO_2 (on considère α=0,05, valeur critique de la quantile=0,69)

A. la région du rejet (RR) du test est [-∞; - 0,69] U [0,69; + ∞]

B. la région du rejet du test (RR) est [0,69; + ∞]

C. la région du non-rejet du test (RnonR) est (0; +0,69)

D. la statistique du test utilisé est égale a 1,968

E. Il n'y a pas de différence significative entre les variances de SO_2 sur les deux populations car la statistique appartienne au RR

R6. B, C, D

Solution

	NoPE	PE
taille de l' echantillon	n_1=637	n_2=52
ecart-type (S)	7.2	10.1
variances (S^2)	51.84	102.01

$$\mathbf{F} = \begin{cases} \dfrac{\mathbf{S}_2^2}{\mathbf{S}_1^2}, \textbf{pour } \mathbf{S}_2^2 > \mathbf{S}_1^2 \\ \dfrac{\mathbf{S}_1^2}{\mathbf{S}_2^2}, \textbf{pour } \mathbf{S}_1^2 > \mathbf{S}_2^2 \end{cases}$$

- suit la loi de Fisher avec (51, 636) d.d.l

$$RR = [F_{51,636}; \infty) = [0{,}69; \infty)$$

Exemples des questions

E7. Interprétation des résultats concernant la comparaisons des <u>moyennes</u> de SO_2 (on considère α=0,05, valeur critique de la quantile=1,963)

A. la région du rejet (RR) du test est [-∞; - 1,963] U [1,963; + ∞]

B. la région du rejet (RR) du test est [1,963; + ∞]

C. la région du non-rejet du test (RnonR) est (-1,963; +1,963)

D. la statistique du test utilisé est égale a 2,938

E. Il y a une différence significative entre les moyennes de SO_2 sur les deux populations car la statistique appartienne au RR

R7. A, C,D, E

Solution

	NoPE	PE
taille de l' echantillon	n_1=637	n_2=52
moyennes	90.8	86.6
ecart-type (S)	7.2	10.1
variances (S²)	51.84	102.01

$$t = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{90,8 - 86,6}{\sqrt{\frac{51,84}{637} + \frac{102,01}{52}}}$$

$t_{\alpha/2}$=1,963

RR=[-∞; - 1,963] U [1,963; + ∞]

$t_{observé}$=t_o=2,938

> The combination of some data and an aching desire for an answer does not ensure that a reasonable answer can be extracted from a given body of data.
>
> — *John Tukey, Exploratory Data Analysis*

Les Graphiques (avec des simulations numériques) du cours ont été réalisés par Mihaela Iancu avec:
R software envinronment for statistical computing and graphics

Merci de votre attention!