

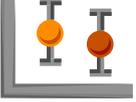
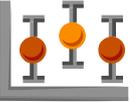
Comparer > 2 moyennes d'une seule VI

L'analyse de variance à un facteur

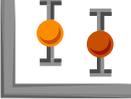
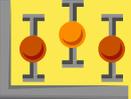
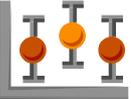
Lotje van der Linden

l.vanderlinden@cogsci.nl

Emploi du temps

Séance	Date	Thème	
1	04/02/2016	Introduction Les statistiques descriptives	
2	11/02/2016	Le test t : Comparer 2 moyennes	
3	25/02/2016	L'ANOVA simple : Comparer >2 moyennes d'une seule VI	
4	03/03/2016	L'ANOVA factorielle : Comparer >2 moyennes de plusieurs VI	
5	10/03/2016	Continuation ANOVA Preparer le fichier csv	
6	17/03/2016	La régression simple et corrélation 1 prédicteur	
7	24/03/2016	La régression multiple Plusieurs prédicteurs	
8	31/03/2016	(Les tests non-paramétriques) Révisions	
9	??	Examen sur table	

Emploi du temps

Séance	Date	Thème	
1	04/02/2016	Introduction Les statistiques descriptives	
2	11/02/2016	Le test t : Comparer 2 moyennes	
3	25/02/2016	L'ANOVA simple : Comparer >2 moyennes d'une seule VI	
4	03/03/2016	L'ANOVA factorielle : Comparer >2 moyennes de plusieurs VI	
5	10/03/2016	Continuation ANOVA Preparer le fichier csv	
6	17/03/2016	La régression simple et corrélation 1 prédicteur	
7	24/03/2016	La régression multiple Plusieurs prédicteurs	
8	31/03/2016	(Les tests non-paramétriques) Révisions	
9	??	Examen sur table	

Planning

- Aujourd'hui

Partie 1 :

- Théorie :
 - **Récap de TD2**
 - **Comparer >2 moyennes**
 - **Les tests post hoc**

Pause

Partie 2 :

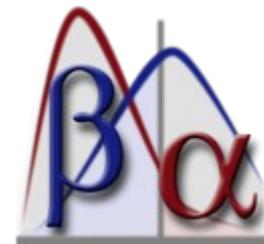
- Informatique :
 - **ANOVA sur échantillons appariés**
 - **ANOVA sur mesures répétées**
 - **Les tests post hoc**
- Exercices

TER

Le TD précédent

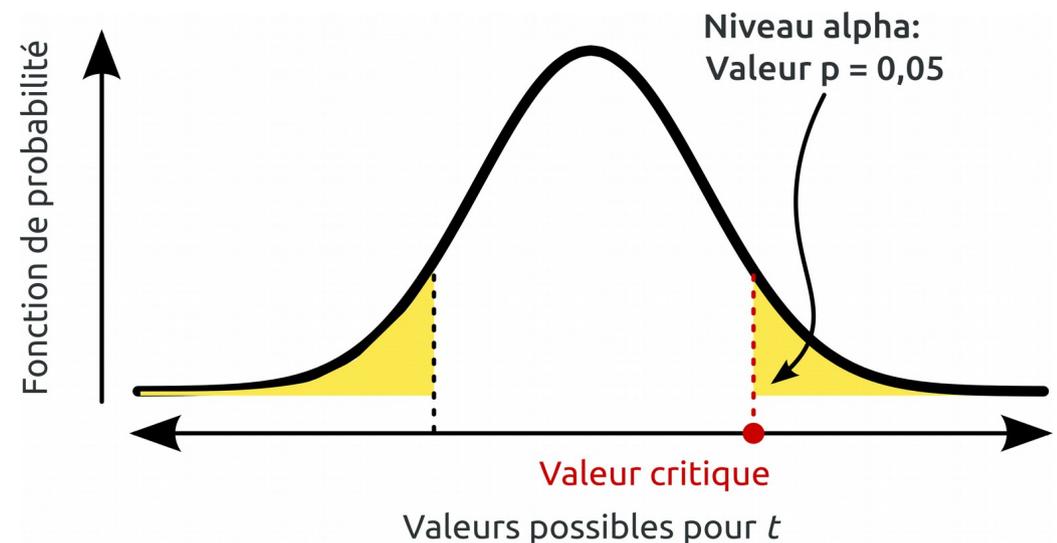
- Nombre de sujets par conditions ?
- Dépend
 - De la relation entre échantillons
 - De si l'effet attendu est fort
 - Du niveau alpha
 - Du nombre de répétitions par condition
 - ...
- Logiciel gratuit pour calculer le nombre de sujets en fonction de votre plan expérimental (Windows et Mac) :
- G*Power

<http://www.gpower.hhu.de/>



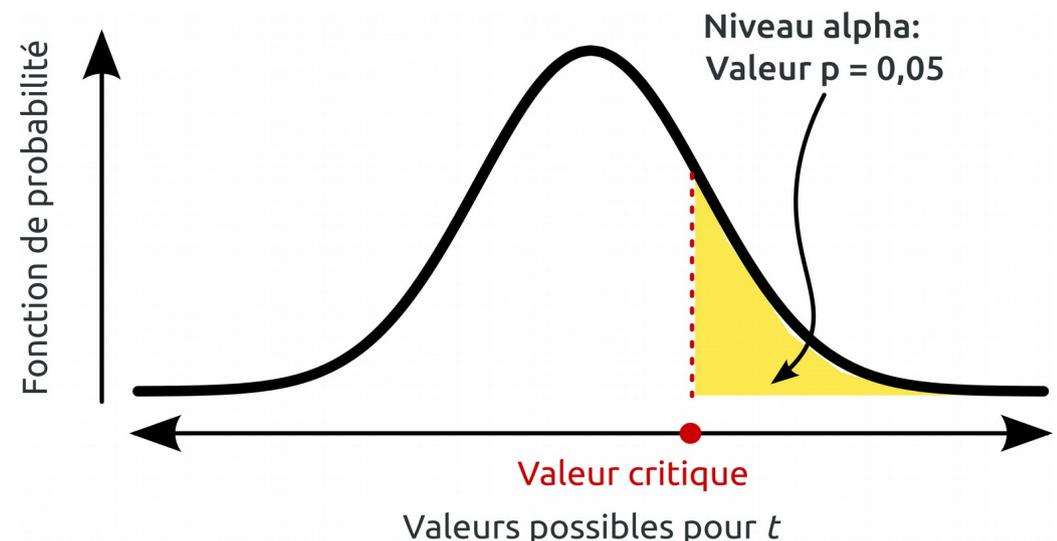
Le TD précédent

- Tests unilatéraux versus bilatéraux ?
- Par convention, on teste bilatéralement
 - $H_0: \mu_{\text{condition1}} = \mu_{\text{condition2}}$
 - $H_1: \mu_{\text{condition1}} \neq \mu_{\text{condition2}}$



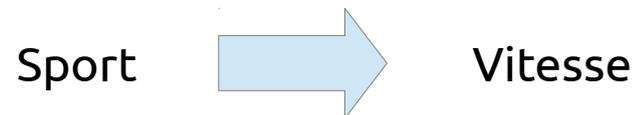
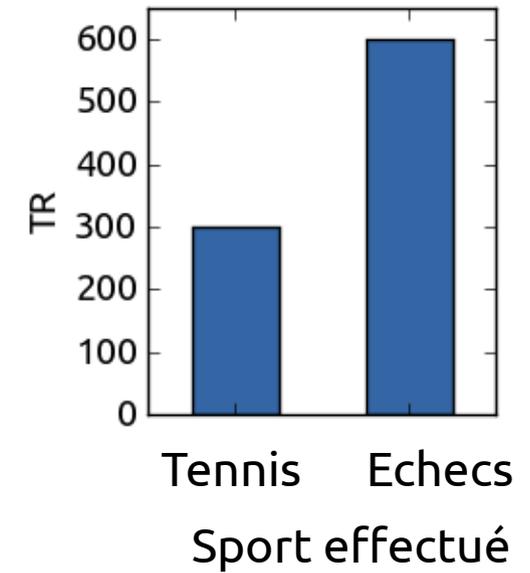
Le TD précédent

- Tests unilatéraux versus bilatéraux ?
- Par convention, on teste bilatéralement
 - $H_0: \mu_{\text{condition1}} = \mu_{\text{condition2}}$
 - $H_1: \mu_{\text{condition1}} \neq \mu_{\text{condition2}}$
- En théorie, si on a des a priori prédictions sur la direction de l'effet, on pourrait aussi tester unilatéralement
 - $H_1: \mu_{\text{condition1}} < \mu_{\text{condition2}}$
 - ou
 - $H_1: \mu_{\text{condition1}} > \mu_{\text{condition2}}$
- JAMAIS a posteriori
- Pendant ce cours, on suit la convention de tester bilatéralement
 - Par défaut avec Jasp



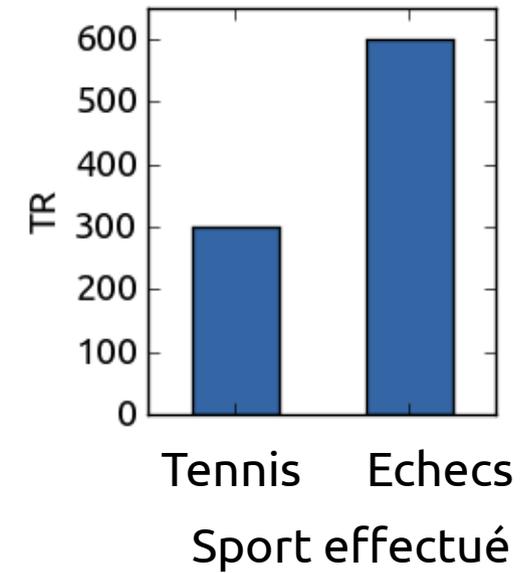
Le TD précédent

- Tirer des conclusions sur la causalité / variables confondues...
 - Différence en TR entre joueurs de tennis et joueurs d'échec
- Peut-on conclure que le sport effectué cause la vitesse ?
- Non !
 - Il existent d'explications alternatives ...



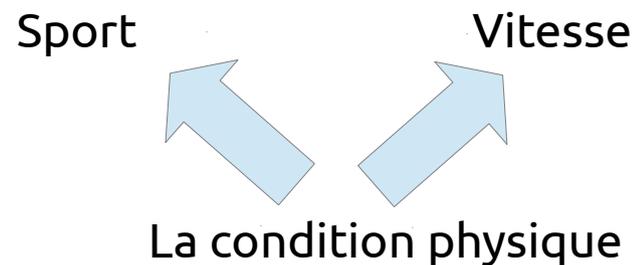
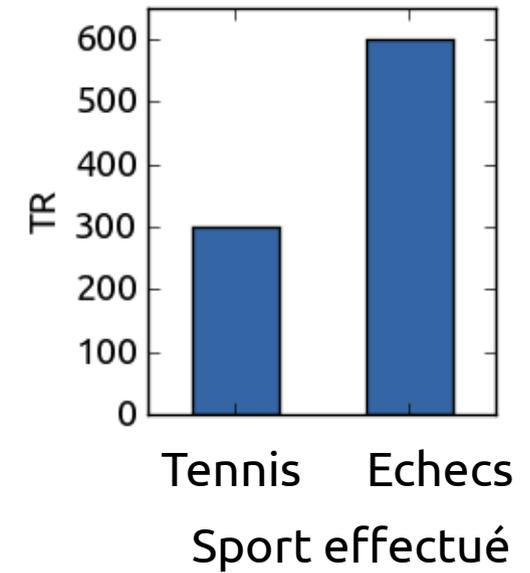
Le TD précédent

- Tirer des conclusions sur la causalité / variables confondues...
 - Différence en TR entre joueurs de tennis et joueurs d'échec
- Peut-on conclure que le sport effectué cause la vitesse ?
- Non !
 - Il existent d'explications alternatives ...



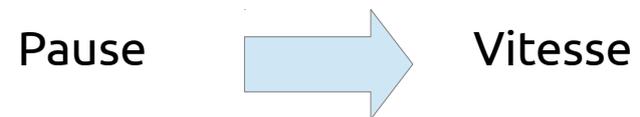
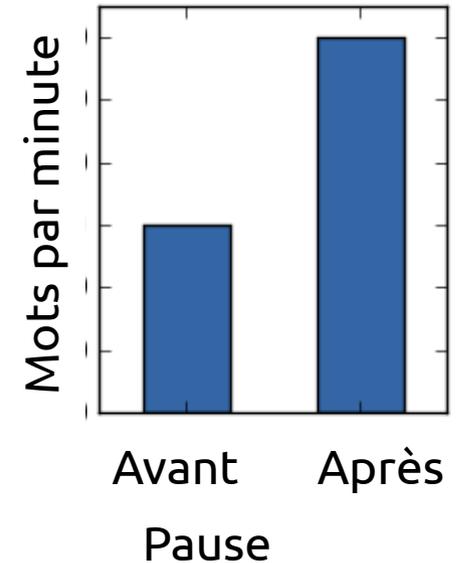
Le TD précédent

- Tirer des conclusions sur la causalité / variables confondues...
 - Différence en TR entre joueurs de tennis et joueurs d'échec
- Peut-on conclure que le sport effectué cause la vitesse ?
- Non !
 - Il existent d'explications alternatives ...
 - qui ne peuvent pas être rejetées ...
 - parce que le sport effectué = VI invoquée



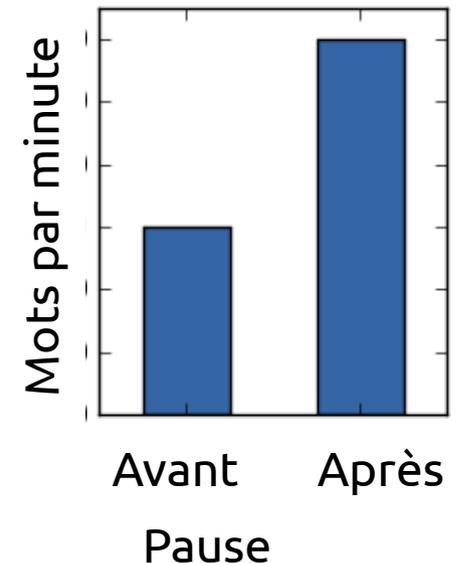
Le TD précédent

- Tirer des conclusions sur la causalité / variables confondues...
 - Différence en nombre de mots frappés par minute avant et après pause
 - VI provoquée
- Peut-on conclure que la pause cause l'augmentation de la vitesse
- Non !
 - L'ordre de passation des différentes modalités de la VI est constant
 - Plusieurs variables confondues peuvent jouer un rôle

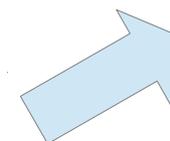


Le TD précédent

- Tirer des conclusions sur la causalité / variables confondues...
 - Différence en nombre de mots frappés par minute avant et après pause
 - VI provoquée
- Peut-on conclure que la pause cause l'augmentation de la vitesse
- Non !
 - L'ordre de passation des différentes modalités de la VI est constant
 - Plusieurs variables confondues peuvent jouer un rôle
- La différence qu'on observe peut être due à un simple effet d'apprentissage... Pause



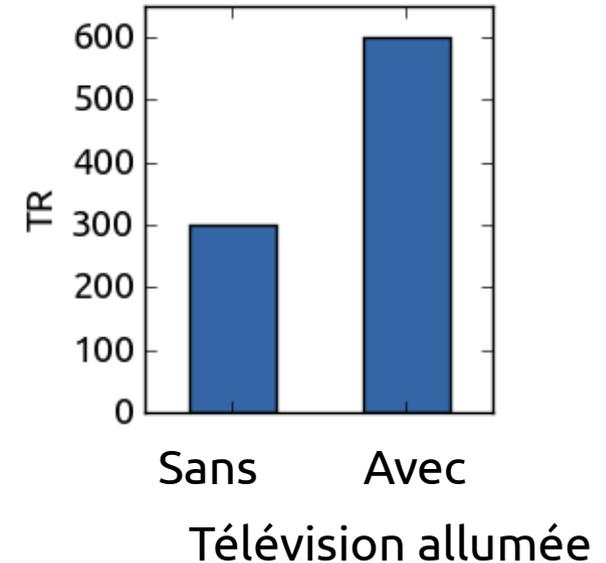
Répétition du même test
Apprentissage



Vitesse

Le TD précédent

- Tirer des conclusions, causalité, variables confondues...
 - Différence en TR avec et sans télévision
 - L'ordre de passation des différentes modalités de la VI a été contre balancé :
 - La moitié des sujets fait d'abord la condition Sans et puis la condition Avec
 - L'autre moitié participe dans l'ordre inverse
- Peut-on conclure que la pause cause l'augmentation de la vitesse ?
- Oui (avec un risque de se tromper de 5%)
 - VI = provoquée
 - Les effets liés à l'ordre de passation (effet de répétition, effet d'apprentissage, effet du moment du jour effet de fatigue, etc.) ne peuvent plus influencer les résultats



Informations pratiques

- JASP s'est basé sur R



L'ANOVA

La terminologie

- Le jargon de l'analyse de variance
 - Analyse de variance = Analysis Of Variance = ANOVA

VI	Facteur	<i>Factor</i>
Modalité	Niveau	<i>Level</i>
Échantillons indépendants	Échantillons indépendants	<i>Independent samples</i>
Échantillons appariés	Mesures répétées	<i>Repeated measures</i>

Analyse de la variance à un facteur

=

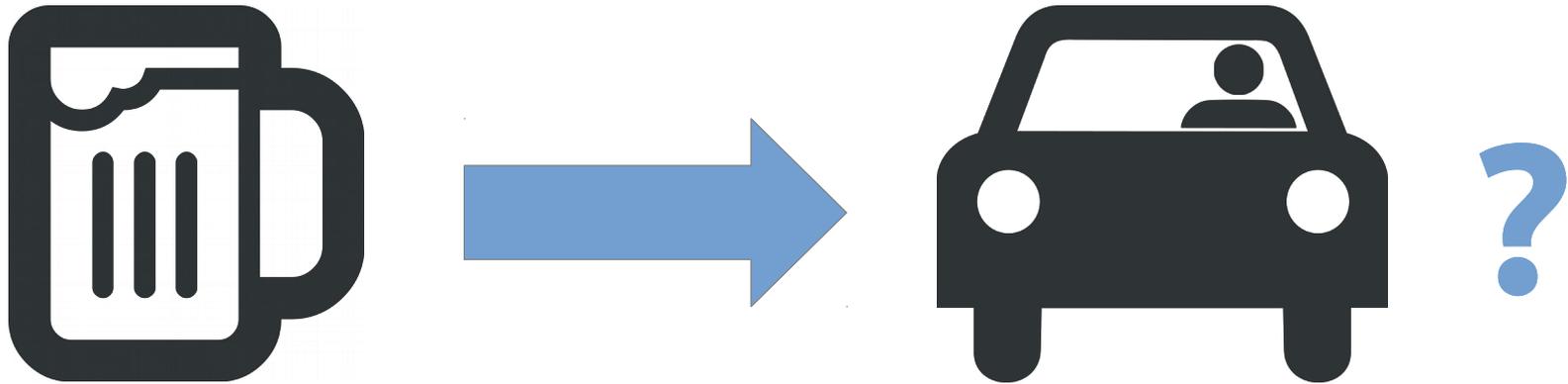
L'analyse simple de variance (Howell, 2015)

=

One-way ANOVA

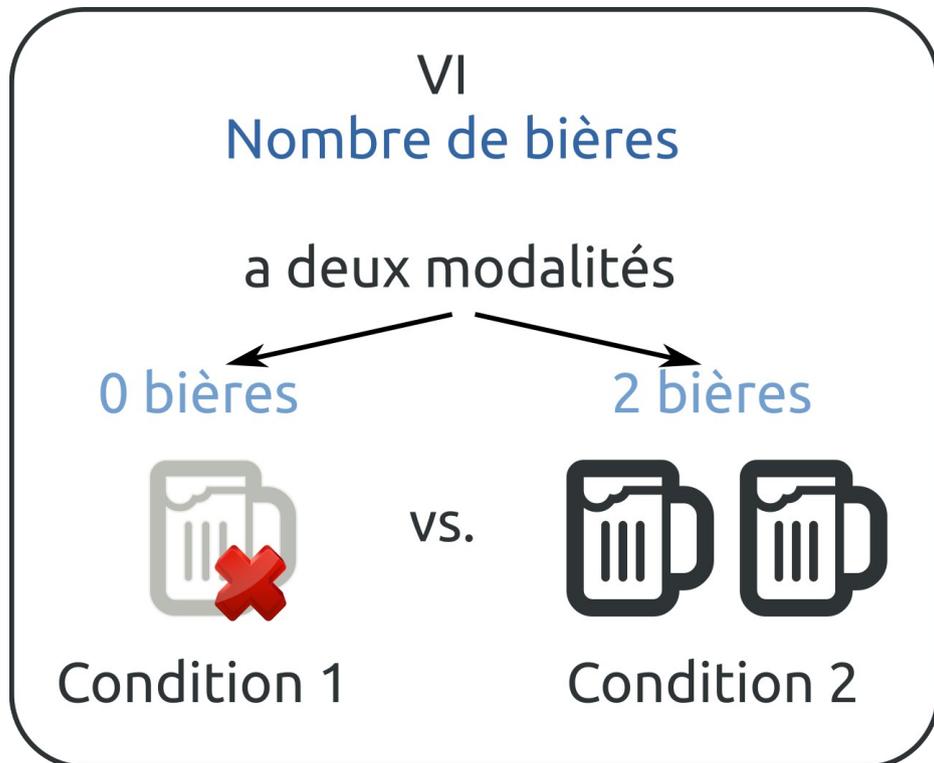
ANOVA

- L'alcool, influence-t-il la conduit de voiture ?



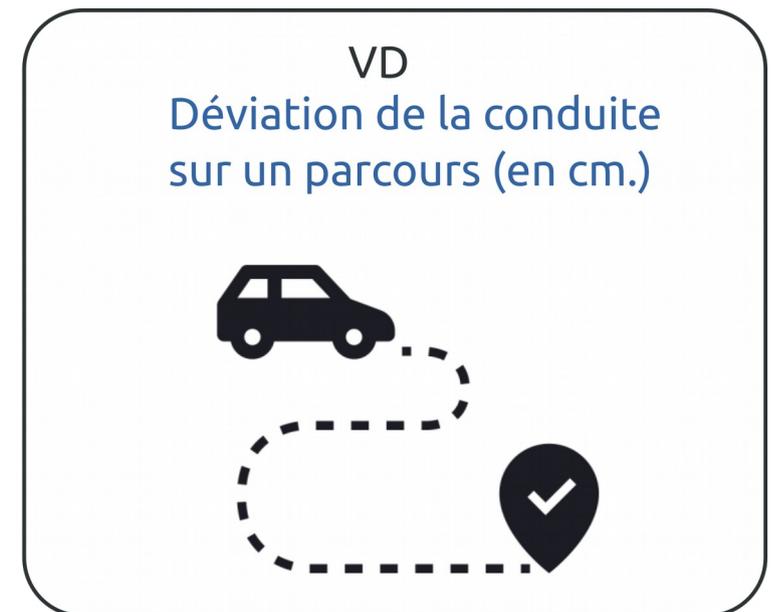
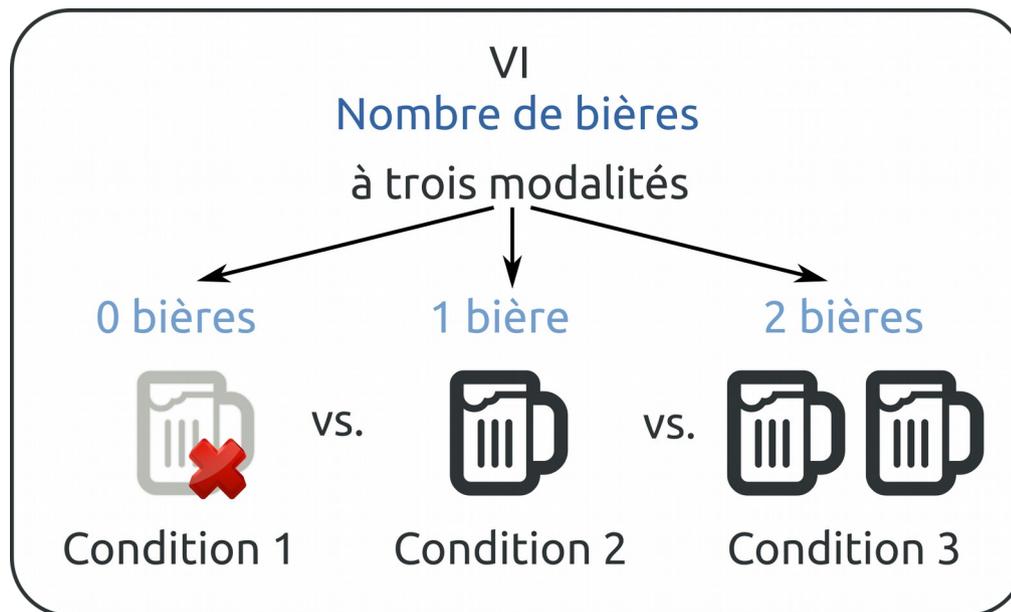
ANOVA

- Plan expérimental à une VI avec deux modalités



ANOVA

- Plan expérimentale à une VI avec **trois** modalités



ANOVA

- La relation entre échantillons :
 - Echantillons indépendants
 - Echantillons appariés (= plan à mesures répétées)

ANOVA

- Plan expérimental aux groupes indépendants

La manipulation de la VI
3 échantillons indépendants

n = 12
divisé en trois groupes
(de façon aléatoire)

groupe 1
(n = 4)

0 bières



groupe 2
(n = 4)

1 bière



groupe 3
(n = 4)

2 bières



La mesure de la VD



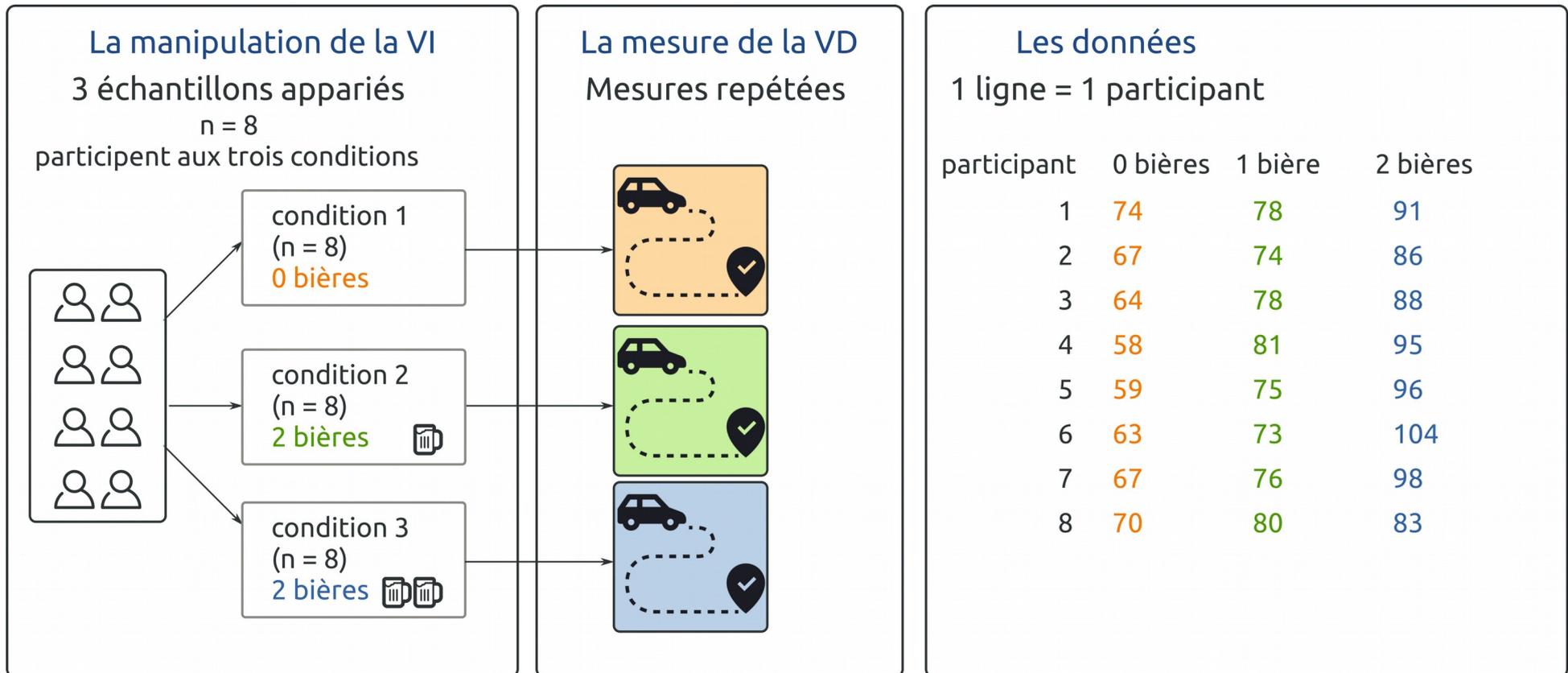
Les données

1 ligne = 1 participant

participant	groupe	score
1	0 bières	54
2	0 bières	67
3	0 bières	64
4	0 bières	58
5	1 bière	73
6	1 bière	75
7	1 bière	78
8	1 bière	77
9	2 bières	91
10	2 bières	98
11	2 bières	88
12	2 bières	96

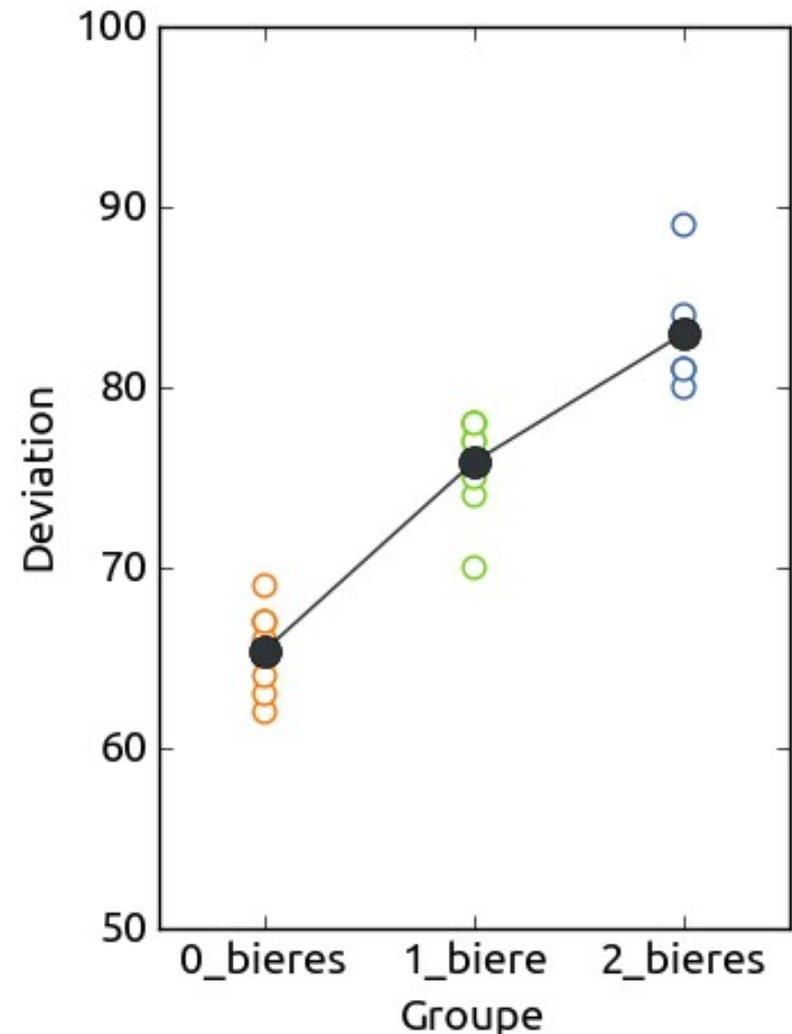
ANOVA

- Plan expérimental à mesures répétées



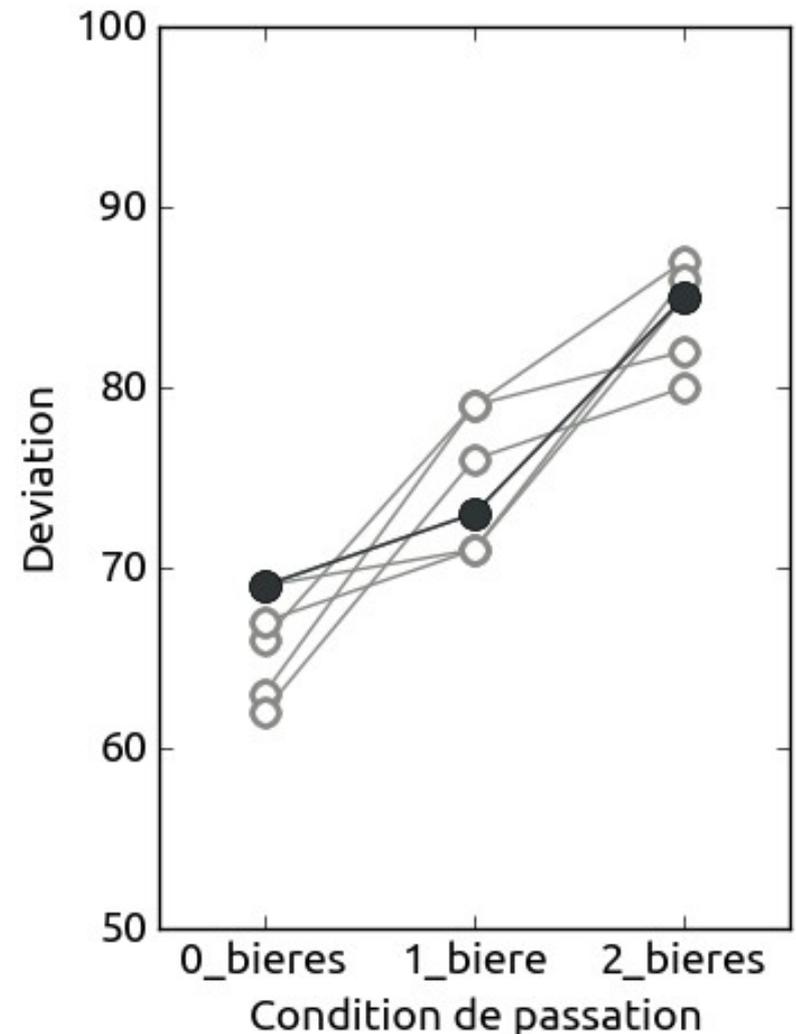
ANOVA

- Groupes indépendants
 - Les participants diffèrent entre conditions.
 - Par conséquent, les m (les cerles noirs) peuvent être liées
 - Mais non les observations individuelles (les cercles non remplis)



ANOVA

- Plan à mesures répétées
 - Pour chaque participant nous avons une observation dans les trois conditions.
 - Par conséquent, on a le droit de lier à la fois les m
 - Et les observations individuelles (cercles non-remplis).



ANOVA

- La relation entre échantillons :
 - Echantillons indépendants
 - Echantillons appariés (= plan à mesures répétées)

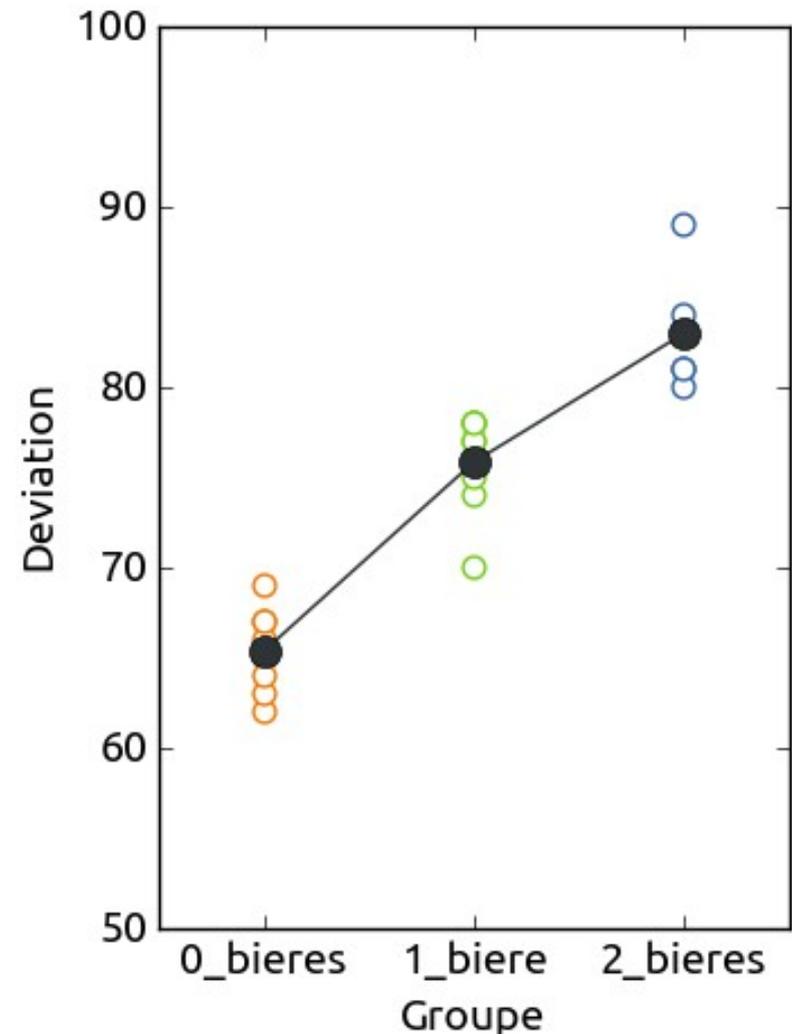
Le type d'ANOVA qu'on choisit dépend de la relation entre échantillons

ANOVA

- La relation entre échantillons :
 - Echantillons indépendants

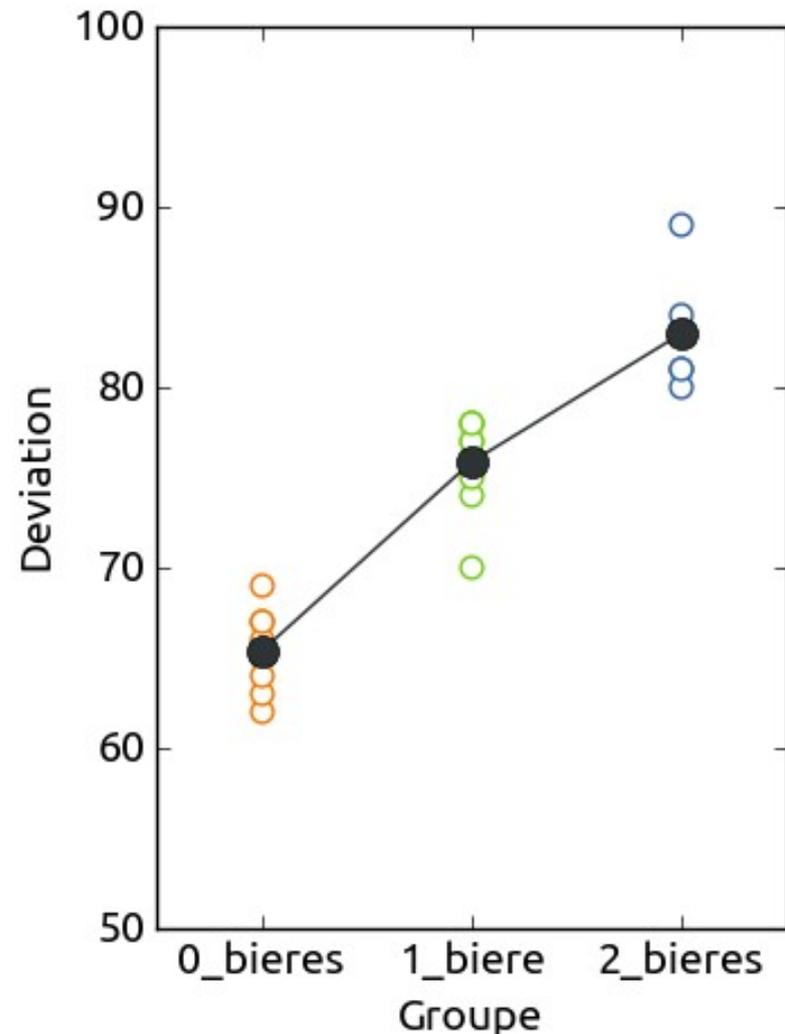
ANOVA groupes indépendants

- A l'œil, on observe des différences entre les trois groupes :
 $0_bières < 1_bière < 2_bières$
- On voudrait savoir si ces différences sont :
 - Dûes au hasard
 - Dûes à la manipulation de la VI
- Besoin d'un test statistique inférentiel
- qui nous informe si l'effet du *Nombre de Bières* est significatif ou pas



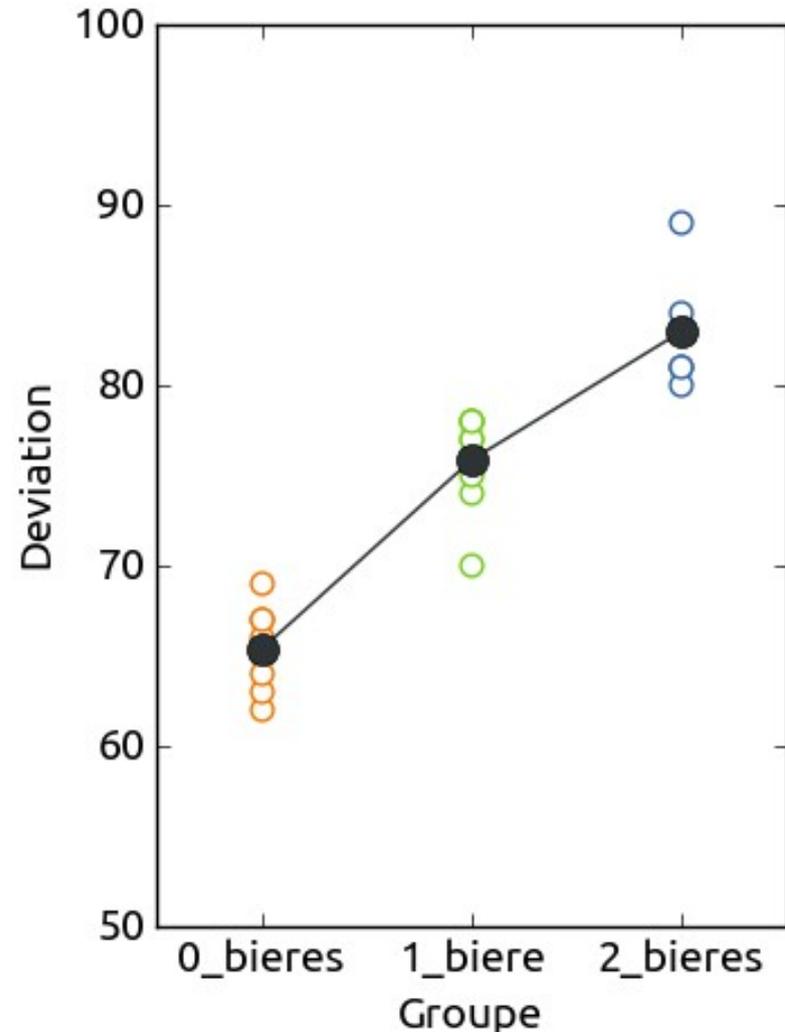
ANOVA groupes indépendants

- L'hypothèse nulle et l'hypothèse alternative
 - $H_0: \mu_{0_bières} = \mu_{1_bière} = \mu_{2_bières}$
(tous les μ sont égales)
 - H_A : tous les μ ne sont pas égales
- Les statistiques inférentielles :
- Si H_0 est vraie, quelle est la probabilité (p) d'observer ces différences (ou des différences encore plus extrêmes) ?



ANOVA groupes indépendants

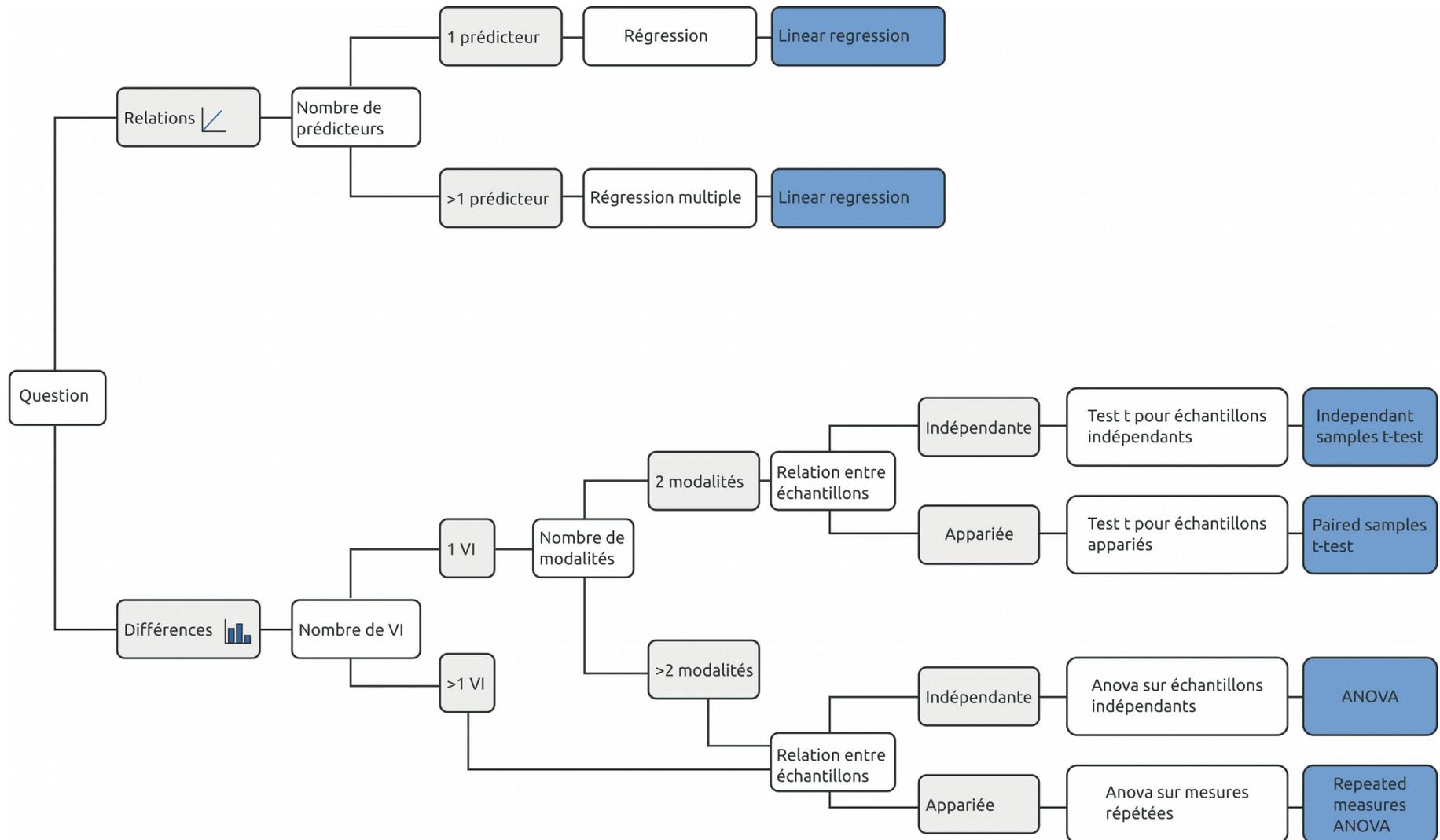
- L'hypothèse nulle et l'hypothèse alternative
 - $H_0: \mu_{0_bières} = \mu_{1_bière} = \mu_{2_bières}$
(tous les μ sont égales)
 - H_A : tous les μ ne sont pas égales
- Les statistiques inférentielles :
- Si H_0 est vraie, quelle est la probabilité (p) d'observer ces différences (ou des différences encore plus extrêmes) ?
 - Si $p < 0,05$: significatif
 - Si $p > 0,05$: pas significatif



ANOVA groupes indépendants

- Les étapes :
 1. Choisir le test approprié

Arbre de décision



ANOVA groupes indépendants

- Les étapes :
 1. Choisir le test approprié
 - ANOVA $\rightarrow F$

ANOVA groupes indépendants

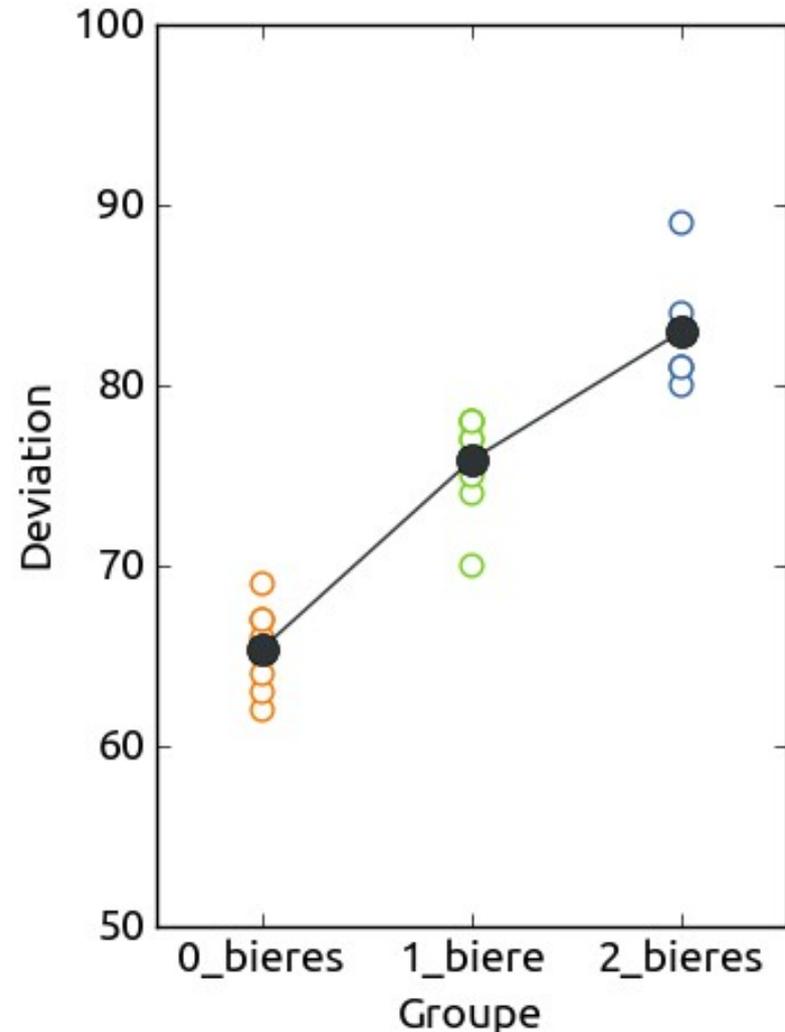
- Pourquoi pas plusieurs test t de Student ?

Test t numéro 1 : $m_{0 \text{ bières}}$ vs $m_{1 \text{ bière}}$

Test t numéro 2 : $m_{1 \text{ bière}}$ vs $m_{2 \text{ bières}}$

Test t numéro 3 : $m_{0 \text{ bières}}$ vs $m_{2 \text{ bières}}$

- Théorétiquement possible
- Mais problèmes pratiques :
 - Très laborieux, surtout si le nombre de modalités est élevé
 - Augmentation des risques statistiques
 - Il nous faut un ajustement de l'erreur → ANOVA



ANOVA groupes indépendants

- Les étapes :
 1. Choisir le test approprié
 2. Déterminer la valeur F et la valeur p associée

ANOVA groupes indépendants

- Les étapes :
 1. Choisir le test approprié
 2. Déterminer la valeur F et la valeur p associée
 3. Interpréter les résultats comme significatifs ou pas significatifs
 - Si $p < \text{niveau alpha}$: on rejette H_0
 - Le nombre de bières influence très probablement la conduite de voiture
 - Si $p > \text{niveau alpha}$: on ne peut pas rejeter H_0
 - Pas d'évidence que le nombre de bières influence la conduite

APA

- Rendre compte des résultats obtenus :
 - Figure
 - Titres axes
 - Titre général
 - Barres d'erreurs

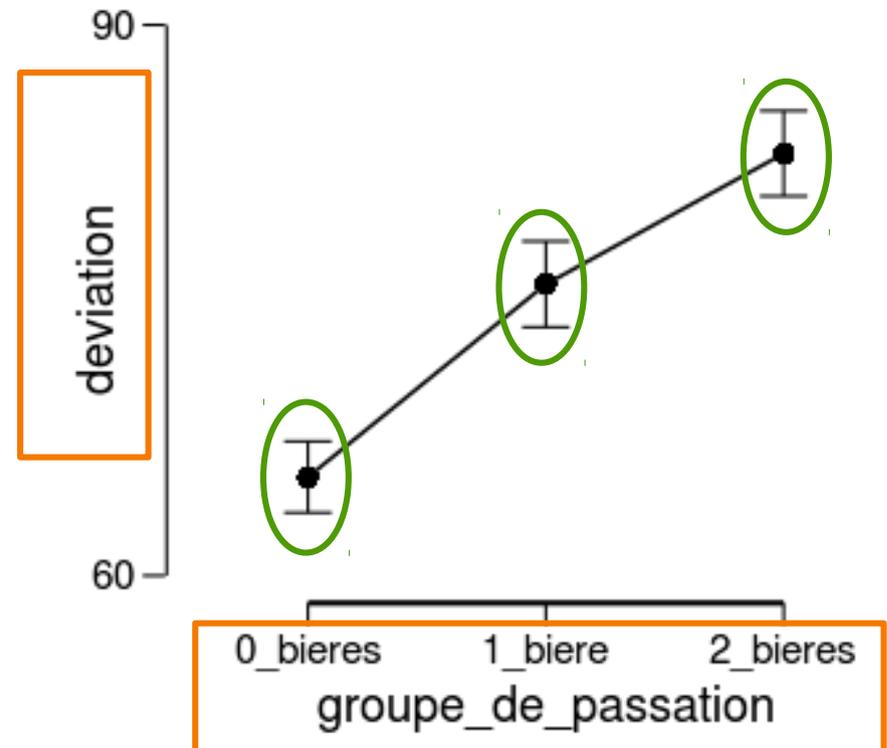


Figure 1: Déviation du parcours de conduit en fonction du nombre de bières (0, 1 ou 2). **Les barres d'erreur indiquent les intervalles de confiance à 95%.**

APA

- Rendre compte des résultats obtenus :
 - Les traitements statistiques effectués
 - L'effet testé.
 - Significatif ou pas

Une analyse de variance aux groupes indépendants met en évidence que l'effet de l'alcool est significatif

ANOVA - deviation

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
groupe_de_passation	1257.8	2	628.875	89.99	< .001
Residual	146.8	21	6.988		

Note. Type III Sum of Squares

APA

- Rendre compte des résultats obtenus :
 - Les traitements statistiques effectués
 - L'effet testé.
 - Significatif ou pas
 - Les résultats des analyses :
 - La variable utilisée par le test statistique (t , F , z , ...)
 - Degrés de liberté du test
 - La valeur du test (ici : F)
 - La valeur p

Une analyse de variance aux groupes indépendants met en évidence que l'effet de l'alcool est significatif $F(2,21) = 89,99$; $p < 0,001$.

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
groupe_de_passation	1257.8	2	628.875	89.99	< .001
Residual	146.8	21	6.988		

Note. Type III Sum of Squares

APA

- Rendre compte des résultats obtenus :
 - Les traitements statistiques effectués
 - L'effet testé.
 - Significatif ou pas
 - Les résultats des analyses :
 - La variable utilisée par le test statistique (t , F , z , ...)
 - Degrés de liberté du test
 - La valeur du test (ici : F)
 - La valeur p

Une analyse de variance aux groupes indépendants met en évidence que l'effet de l'alcool est significatif $F(2,21) = 89,99$; $p < 0,001$.

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
groupe_de_passation	1257.8	2	628.875	89.99	< .001
Residual	146.8	21	6.988		

Note. Type III Sum of Squares

APA

- Rendre compte des résultats obtenus :
 - Les traitements statistiques effectués
 - L'effet testé.
 - Significatif ou pas
 - Les résultats des analyses :
 - La variable utilisée par le test statistique (t , F , z , ...)
 - Degrés de liberté du test
 - La valeur du test (ici : F)
 - La valeur p

Une analyse de variance aux groupes indépendants met en évidence que l'effet de l'alcool est significatif $F(2,21) = 89,99$; $p < 0,001$.



	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
group	1257.8	2	628.875	89.99	< .001
Res	146.8	21	6.988		

Note. Type III Sum of Squares

- Rendre compte des résultats obtenus :
 - Les traitements statistiques effectués
 - L'effet testé.
 - Significatif ou pas
 - Les résultats des analyses :
 - La variable utilisée par le test statistique (t , F , z , ...)
 - Degrés de liberté du test
 - La valeur du test (ici : F)
 - La valeur p
 - La direction de l'effet

APA

- Pour le test t
- Si l'effet est significatif
- Alors on peut directement décrire la direction de l'effet

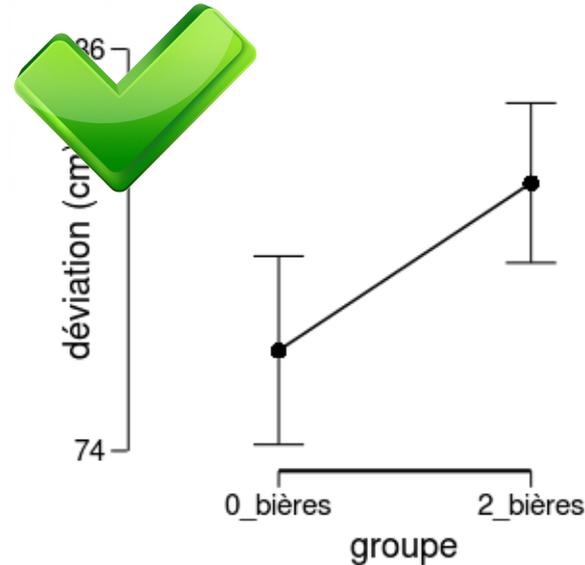
Independent Samples T-Test

	t	df	p
déviaton (cm)	-2.891	30.00	0.007

Note. Student's T-Test.

Group Descriptives

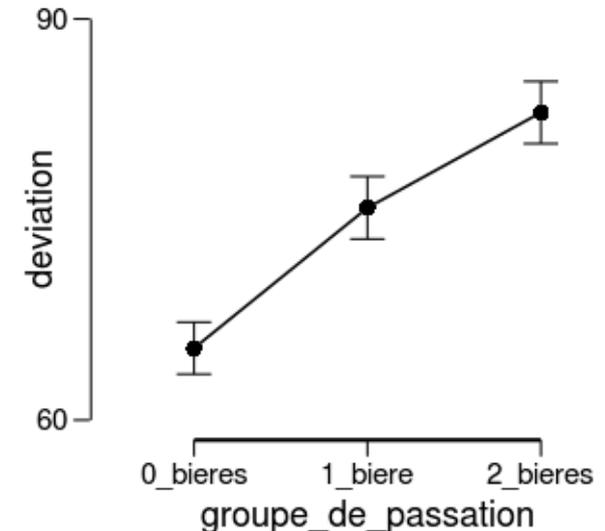
	Group	N	Mean	SD	SE
dév	0_bières	16	77.00	5.279	1.320
	2_bières	16	82.00	4.472	1.118



Un test t aux échantillons indépendants met en évidence que l'effet du nombre de bières est significatif ($t(30) = -2,891$; $p = 0,007$). Les participants qui ont bu deux bières montrent plus de déviation ($m = 77$; $s = 5,279$) que les participants qui n'ont pas bu de l'alcool ($m = 82$; $s = 4,472$).

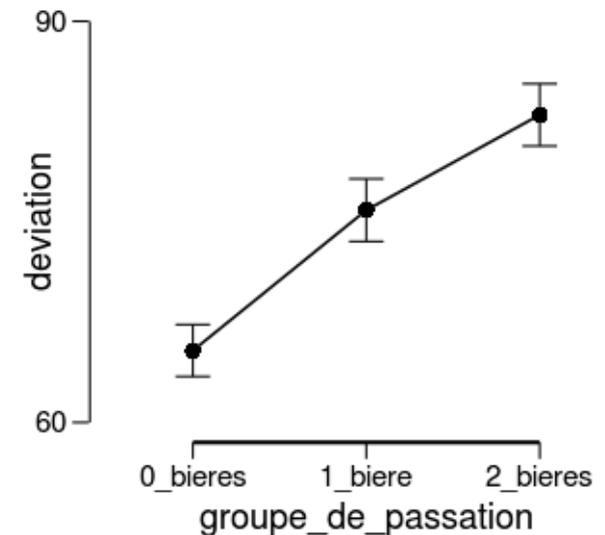
Les tests post-hoc

- Pour l'ANOVA
- Si l'effet est significatif
- Alors on sait que toutes les moyennes ne sont pas égales
- On voudrait ensuite savoir quelles moyennes diffèrent entre elles
- Plusieurs scénarios possibles :
 - 0 bières et 1 bière ?
 - 1 bière et 2 bières ?
 - 0 bières et 2 bières ?
 - Toutes les moyennes diffèrent entre elles



Les tests post-hoc

- Quelles moyennes diffèrent entre elles ?
- Plusieurs scénarios possibles :
 - 0 bières et 1 bière ?
 - 1 bière et 2 bières ?
 - 0 bières et 2 bières ?
 - Toutes les moyennes diffèrent entre elles
- Comment répondre à cette question ?
- Tests post hoc →
- Des tests t avec ajustement de l'erreur statistique



Post Hoc Comparisons - groupe_de_passation ▼

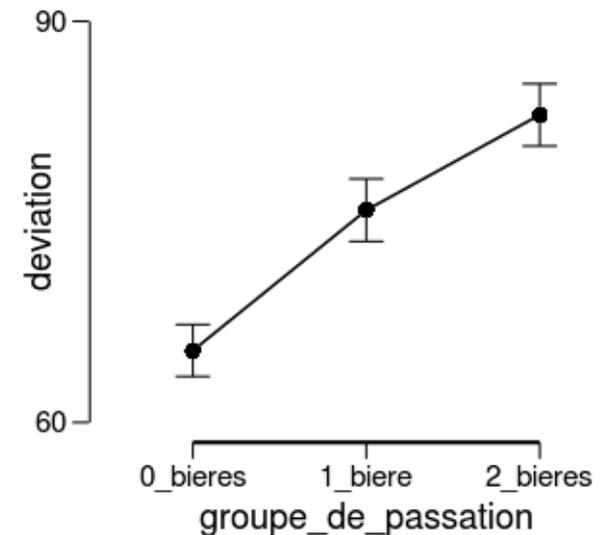
		Mean Difference	SE	t	ptukey	pscheffe	pbonf	pholm
0_bieres	1_biere	-10.500	1.322	-7.944	< .001	< .001	< .001	< .001
	2_bieres	-17.625	1.322	-13.335	< .001	< .001	< .001	< .001
1_biere	2_bieres	-7.125	1.322	-5.391	< .001	< .001	< .001	< .001

Correction

- Tukey
- Scheffe
- Bonferroni
- Holm

Les tests post-hoc

- Quelles moyennes diffèrent entre elles ?
- Plusieurs scénarios possibles :
 - 0 bières et 1 bière ?
 - 1 bière et 2 bières ?
 - 0 bières et 2 bières ?
 - Toutes les moyennes diffèrent entre elles
- Comment répondre à cette question ?
- Tests post hoc →
- Des tests t avec ajustement de l'erreur statistique



Post Hoc Comparisons - groupe_de_passation ▼

		Mean Difference	SE	t	ptukey	pscheffe	pbonf	pholm
0_bieres	1_biere	-10.500	1.322	-7.944	< .001	< .001	< .001	< .001
	2_bieres	-17.625	1.322	-13.335	< .001	< .001	< .001	< .001
1_biere	2_bieres	-7.125	1.322	-5.391	< .001	< .001	< .001	< .001

Les tests post-hoc - APA

- Dans la figure

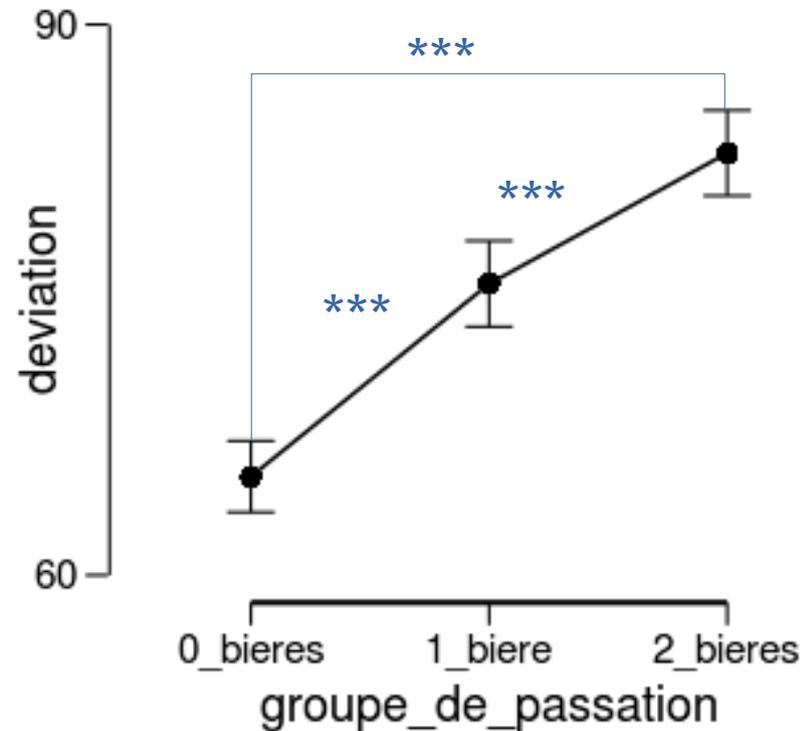


Figure 1: Déviation du parcours de conduit en fonction du nombre de bières (0, 1 ou 2). Les barres d'erreur indiquent les intervalles de confiance à 95%.

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Les tests post-hoc - APA

- Dans le texte : ajouter une description des tests de post hoc effectués

Une analyse de variance aux groupes indépendants met en évidence que l'effet de l'alcool est significatif $F(2,10) = 40,62; p < 0,001$.

Des tests post-hoc de Tukey montrent que toutes les moyennes diffèrent entre elles (**toutes les valeurs $p < 0,01$**). La figure 1 montre que plus le nombre de bières augmentent, plus la déviation du parcours augmente aussi.

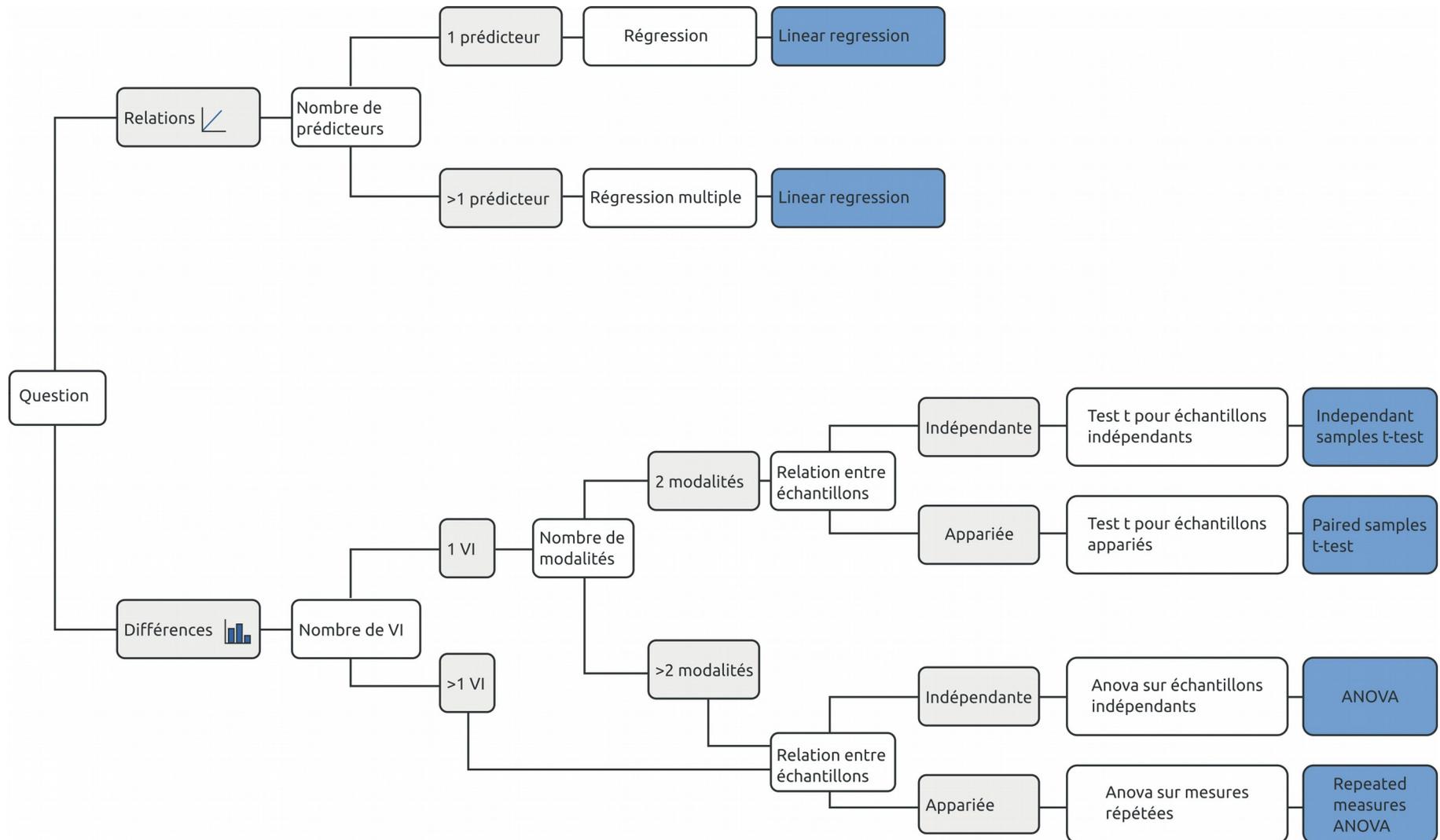
Post Hoc Comparisons - groupe_de_passation ▼

		Mean Difference	SE	t	ptukey	pscheffe	pbonf	pholm
0_bieres	1_biere	-10.500	1.322	-7.944	< .001	< .001	< .001	< .001
	2_bieres	-17.625	1.322	-13.335	< .001	< .001	< .001	< .001
1_biere	2_bieres	-7.125	1.322	-5.391	< .001	< .001	< .001	< .001

ANOVA mesures répétées

- La relation entre échantillons :
 - Echantillons indépendants
 - Mesures répétées

Arbre de décision



ANOVA mesures répétées

- La relation entre échantillons :
 - Echantillons indépendants
 - Mesures répétées
 - Différentes procédures pour lancer le test dans JASP
 - (Presque) la même procédure pour interpréter les résultats

Une analyse de variance à mesure répétées met en évidence que l'effet de l'alcool sur la conduit est significatif $F(2,21) = 89,99 ; p < 0,001$. Des tests post-hoc de Tukey montrent que toutes les moyennes diffèrent entre elles (toutes les valeurs $p < 0,001$). **Si les participants n'ont pas bu de bière, ils montrent moins de déviation que quand ils ont bu 1 bière. Leur déviation est maximale dans la condition ou ils ont bu 2 bières.**

Résumé

- Jusqu'à ici, on a vu des plans expérimentaux à :
 - 1 VI
 - Avec 2 modalités
 - Test t indépendant
 - Test t apparié
 - Avec >2 modalités
 - ANOVA indépendant
 - ANOVA mesures répétées
- A la fin de ce TD, on doit être capable de :
 - Choisir entre les 4 test statistique selon la problématique
 - Effectuer le test
 - Décrire les résultats en respectant les normes APA

Partie informatique