DESSINE MOI UNE EXPÉRIENCE

Approche intuitive de la méthode expérimentale

Code couleur du fond des diapos

- Blanc – diapos finies et présentées en cours
- Vert – diapos finies et **NON** présentées en cours

Objectifs des 5 cours

- Cours 1 : Méthode expérimentale rappel
- Cours 2 : plan expérimentaux et variables, conséquences de vos choix + exercices
- Cours 3 : $p < \alpha$, « the earth is round »
- Cours 4 : contraintes matériels – vérification
- Cours 5 : Introduction à la modélisation statistique bayésienne par Thiery Phenix+ exercices

Objectifs du cours et Examen

- Hypothèses
  - théoriques
  - Opérationnelles
  - Statistiques
- Plan d'expérience ou d'observation
- Variables
  - Dépendantes,
  - Indépendantes (Facteur),
  - Contrôles
- Plan
  - inter-sujets (mesures indépendantes)
  - Intra-sujets (mesures répétées)
- Hypothèses
  - Nulles
  - Alternatives
- P valeur
- Seuil de décision
- Erreur de type I et Erreur de type II
- Estimation
  - De l'effet
  - De l'erreur
- Effet principaux, d'interactions et contrastes

Connaître, reconnaître et savoir expliquer ces termes

Objectifs du cours et Examen

- Quelle est la conséquence sur la décision statistique de changer d’hypothèses au vu des données ?
- Quels sont les avantages et inconvénient d’un plan inter vs intra ?
- Savoir calculer un contraste pour tester une hypothèse d’intérêt
- Identifier un problème de comparaison multiple

Savoir lire et déchiffre les résultats statistiques d’une expérience

+ Bayésien

La Méthode Expérimentale - Résumé

1. VI : variable d’intérêt pour le chercheur “cause” du comportement étudié
2. VD : “mesure” du comportement étudié
3. Facteur “sujet” : facteur dit aléatoire (sujets tirés au hasard) dont la répétition (plusieurs sujets) permet de neutraliser les effets propres à chaque sujet.
4. VC : permettent de contrôler les sources potentielles d’influence sur la VD (en dehors de la VI) pour respecter le principe

“toute chose égale par ailleurs”

Les Variables indépendantes

- Variables indépendantes (VI)
- Variables dont on cherche à vérifier l'influence sur le comportement, la performance.
  - sources de variation
  - possèdent plusieurs <u>modalités</u>

- Questions :
  - Combien de VI ?
  - Combien de modalités ?
  - Quelle sera la nature des VI ?
    - Provoquée = plan expérimental
    - Invoquée = plan quasi-expérimental (facteur confondus)
  - Choix des modalités
    - Fixes vs aléatoire

Le moins possible

Le moins possible

Echantillonnage exhaustif

Provoquée

Aléatoire

Variables Contrôles

- Conditions
  - une source d’influence potentielle de la VD
  - qui n’est pas étudiée pour elle-même
  - dont l’influence sur la VD doit être contrôlée et dissociée de celle de la VI
- Sélection
  - Provoquée : donc pas de généralisation
  - Invoquée : propriété intrinsèque des sujets
  - Aléatoire : MIEUX.
- Relation entre VI et VC
  - Croisement systématique : la VI est forcement entrée dans le plan d’expérience et d’analyse
  - Croisement aléatoire nécessité suffisamment d’essai et permet de confondre la variable avec le facteur sujet (exemple de l'âge). **Vérifier l’absence de biais d’échantillonage**

RAPPEL : L’ANALYSE (NHST)

Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples

- Préambule
- Preuve expérimentale
- La démarche
  - Démarche hypothético-déductive
  - Hypothèses opérationnelles
- L'analyse de données et le test de l'hypothèse nulle.

Synthèse

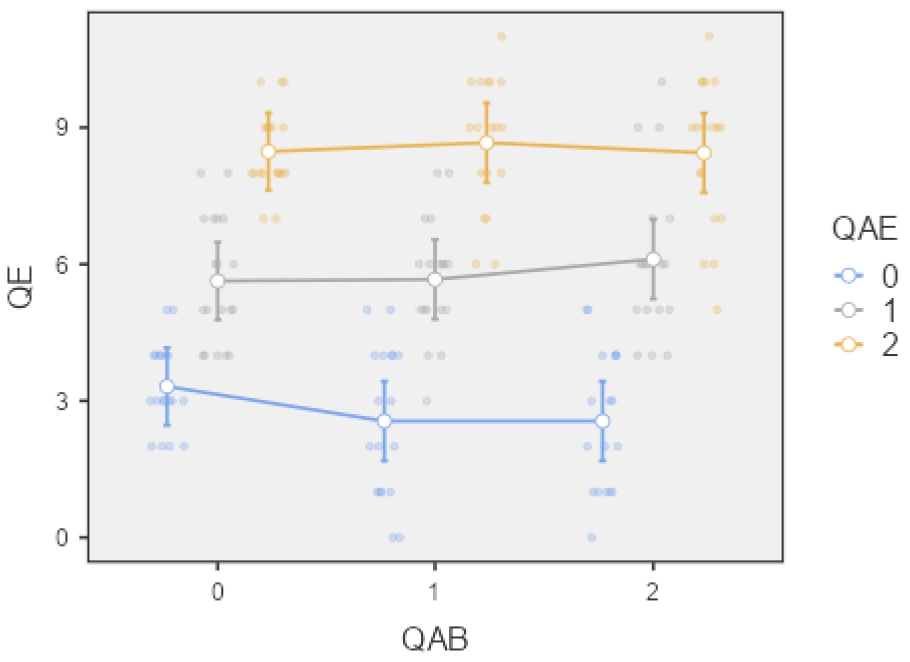
- Analyse
  - VD = Quantité de d'épices (QE)
  - VI_1 = Quantité d'alcool bue (QAB)
  - VI_2 = Quantité d'alcool espérée (QAE)
- Hypothèses
  - QAB $H0_1 : \mu_{QE}^{A} = \mu_{QE}^{F} = \mu_{QE}^{I}$
  - QAE $H0_2 : \mu_{QE}^{A} = \mu_{QE}^{F} = \mu_{QE}^{I}$
  - QAB x QAE

$$H0_3 : a_{QE}^{QAB=A} = a_{QE}^{QAB=I} = a_{QE}^{QAB=F}$$

    - Avec *a* le coefficient des pentes
- Interprétation
  - F, df
  - P et α

ANOVA - QE

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
QAB	0.883	2	0.442	0.218	0.805
QAE	899.614	2	449.807	221.794	< .001
QAB ✻ QAE	9.434	4	2.358	1.163	0.329
Residuals	316.374	156	2.028		



Synthèse

- Analyse
  - VD = Quantité de d'épices (QE)
  - VI_1 = Quantité d'alcool bue (QAB)
  - VI_2 = Quantité d'alcool espérée (QAE)

ANOVA - QE

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
QAB	0.883	2	0.442	0.218	0.805
QAE	899.614	2	449.807	221.794	< .001
QAB ✻ QAE	9.434	4	2.358	1.163	0.329
Residuals	316.374	156	2.028		

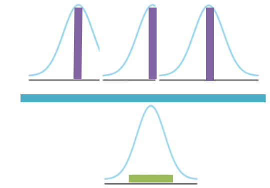
- Hy
  - –
  - –
  - –

E
0
1
2

- In
  - –
  - P

Plan
Formules : effet vs erreur (ou signal et bruit)
Hypothèses
Décision

ANOVA – la vraie formule



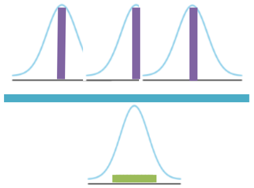
- Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- μ est la prédiction de l'ensemble des sujets
- $\mu + \tau_i$ est la prédiction du groupe i
  - τ_i est la variation autour de la moyenne induite par la modalité i de la variable indépendante
- $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$ est le résidu, l'erreur la différence entre chaque sujet et son group. La variation intra-groupe non expliquée par la ou les VI.

Howell, ch 11,6, p 358

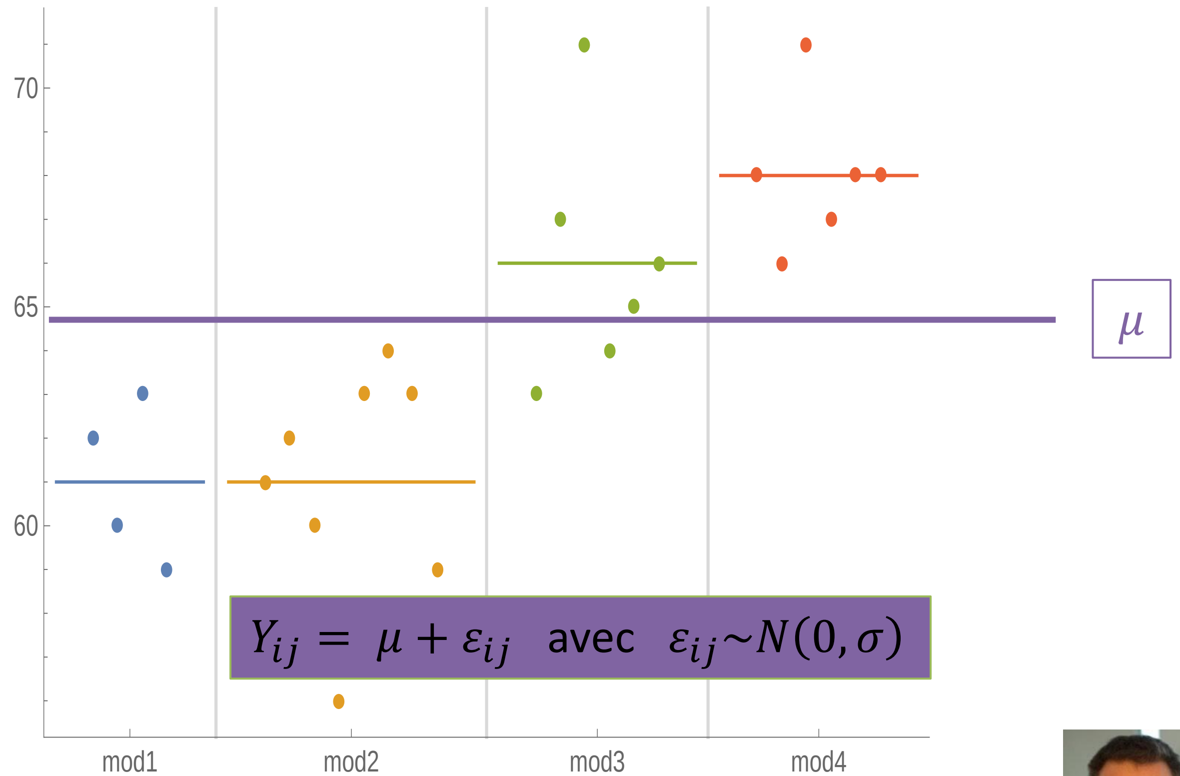
ANOVA - un modèle



Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

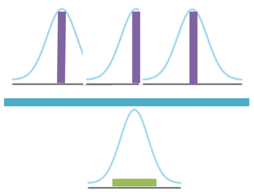
$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{avec} \quad \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$$

- μ est la prédiction de l'ensemble des sujets



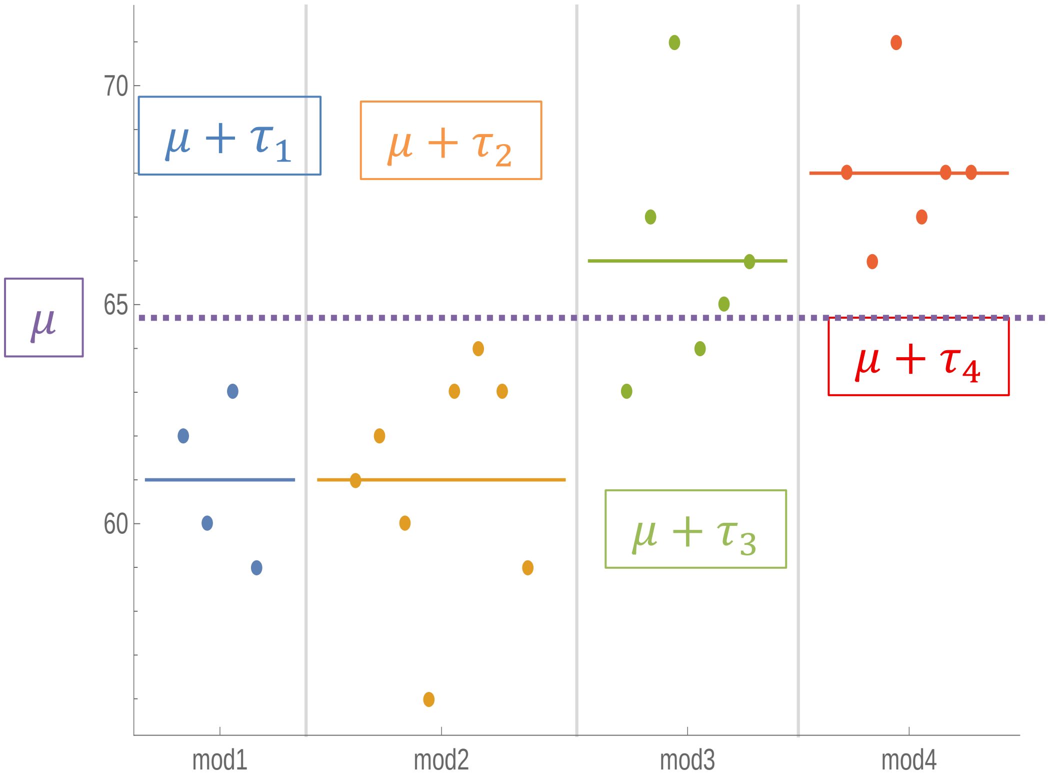
$$Y_{ij} = \mu + \varepsilon_{ij} \quad \text{avec} \quad \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$$

ANOVA - un modèle

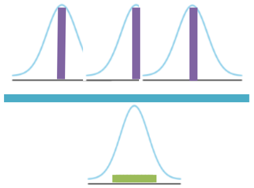


$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{avec} \quad \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$$

- Si maintenant je rajoute la VI
- $\mu + \tau_j$ est la prédiction du groupe j

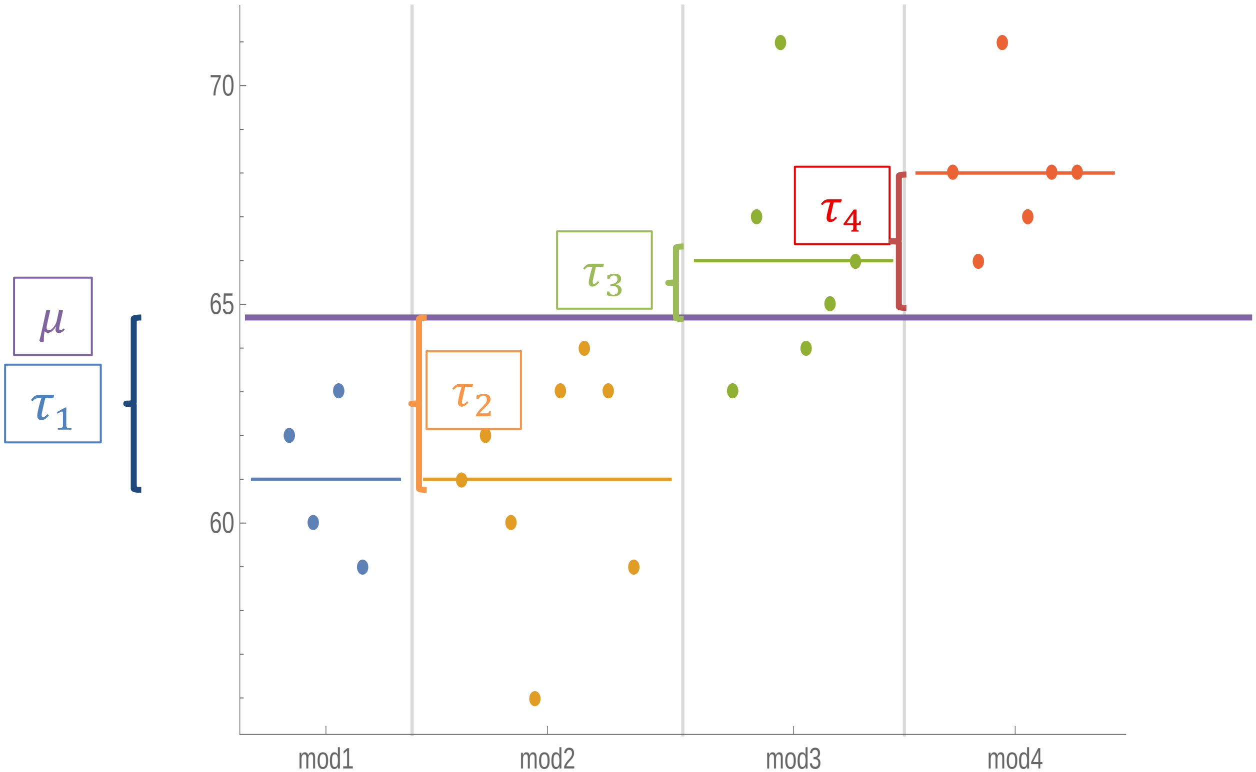


ANOVA - un modèle



$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{avec} \quad \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$$

- $\mu + \tau_j$ est la prédiction du groupe j
  - τ_j est la variation autour de la moyenne induite par la modalité j de la variable indépendante

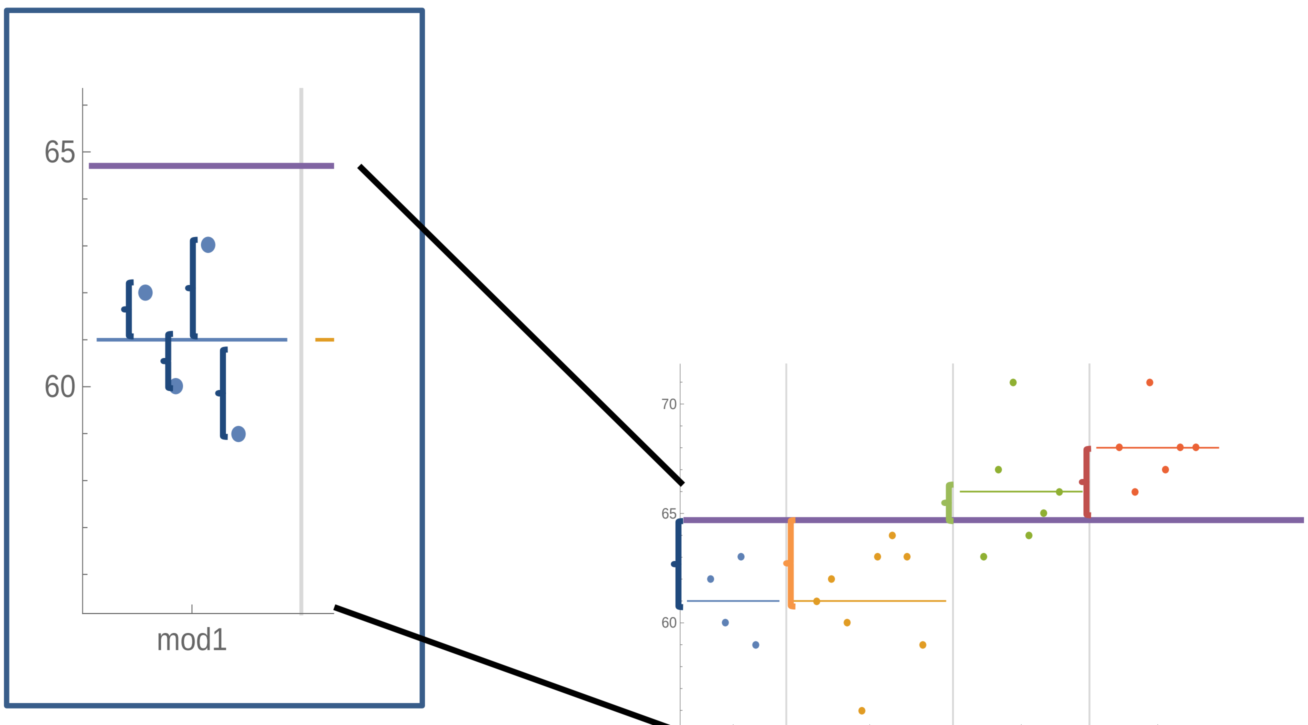


ANOVA - un modèle

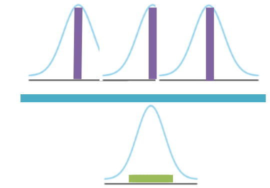
$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$ avec $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$

- $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$ est le résidu, l’erreur la différence entre chaque sujet et son group. La variation **intra-groupe** non expliquée par la ou les VI (l’erreur).

ε_{i1}



ANOVA – la vraie formule



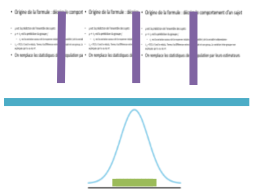
- Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- μ est la prédiction de l'ensemble des sujets
- $\mu + \tau_j$ est la prédiction du groupe j
  - τ_j est la variation autour de la moyenne induite par la modalité j de la variable indépendante
- $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$ est le résidu, l'erreur la différence entre chaque sujet et son group. La variation intra-groupe non expliquée par la ou les VI.

Howell, ch 11,6, p 358

ANOVA – la vraie formule



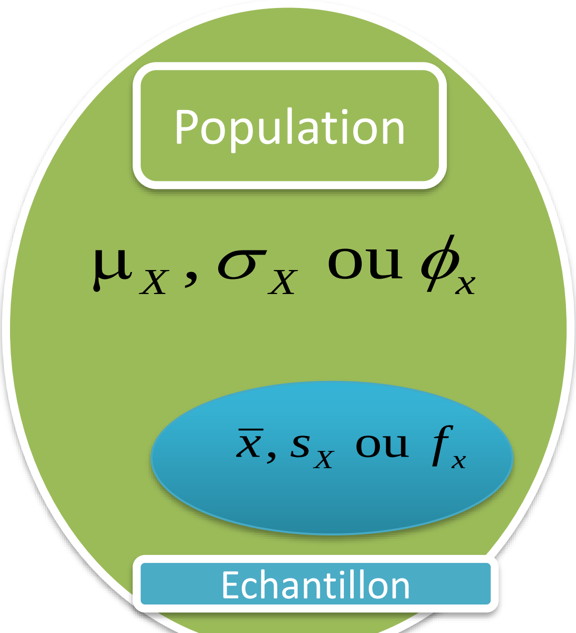
- Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- μ est la prédiction de l'ensemble des sujets
- $\mu + \tau_j$ est la prédiction du groupe *j*
  - τ_j est la variation autour de la moyenne induite par la modalité *j* de la variable indépendante
- $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$ est le résidu, l'erreur la différence entre chaque sujet et son group. La variation intra-groupe non expliquée par la ou les VI.

- On remplace les statistiques de la population par leurs estimateurs

$$Y_{ij} = \overline{Y} + (\overline{Y_j} - \overline{Y}) + (Y_{ij} - \overline{Y_j})$$



ANOVA – la vraie formule

- Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- μ est la prédiction de l'ensemble des sujets
- $\mu + \tau_i$ est la prédiction du groupe i
  - τ_i est la variation autour de la moyenne induite par la modalité i de la variable indépendante
- $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$ est le résidu, l'erreur la différence entre chaque sujet et son group. La variation intra-groupe non expliquée par la ou les VI.

- On remplace les statistiques de la population par leurs estimateurs

$$Y_{ij} = \overline{Y} + (\overline{Y_j} - \overline{Y}) + (Y_{ij} - \overline{Y_j})$$

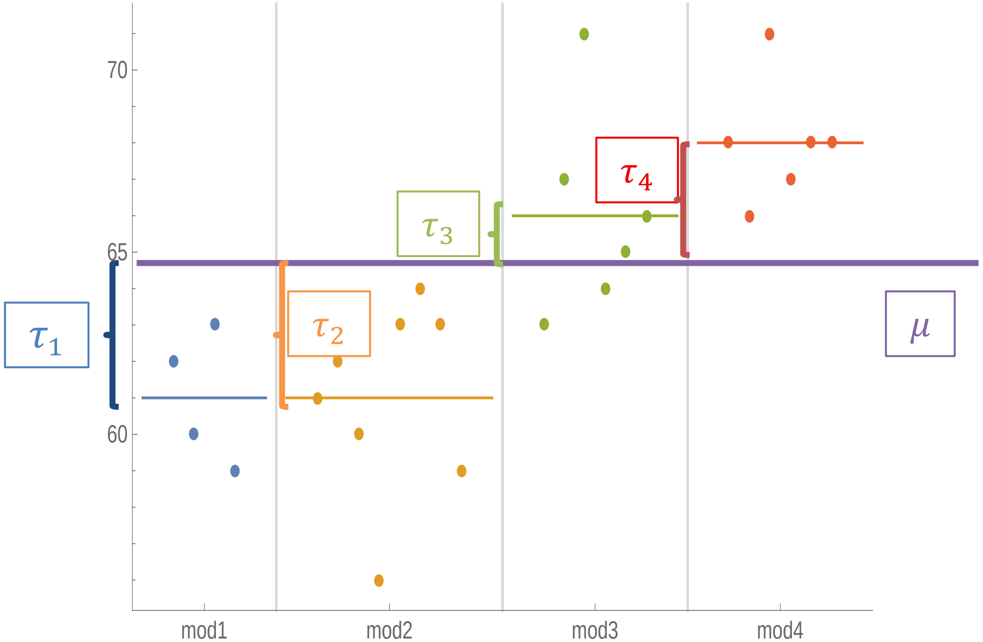
$$\boxed{\mu = \overline{Y}}$$

$$\boxed{\tau_1 = \overline{Y_1} - \overline{Y}}$$

$$\boxed{\tau_2 = \overline{Y_2} - \overline{Y}}$$

$$\boxed{\tau_3 = \overline{Y_3} - \overline{Y}}$$

$$\boxed{\tau_4 = \overline{Y_4} - \overline{Y}}$$



ANOVA – la vraie formule

- Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- μ est la prédiction de l'ensemble des sujets
- $\mu + \tau_i$ est la prédiction du groupe i
  - τ_i est la variation autour de la moyenne induite par la modalité i de la variable indépendante
- $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$ est le résidu, l'erreur la différence entre chaque sujet et son group. La variation intra-groupe non expliquée par la ou les VI.

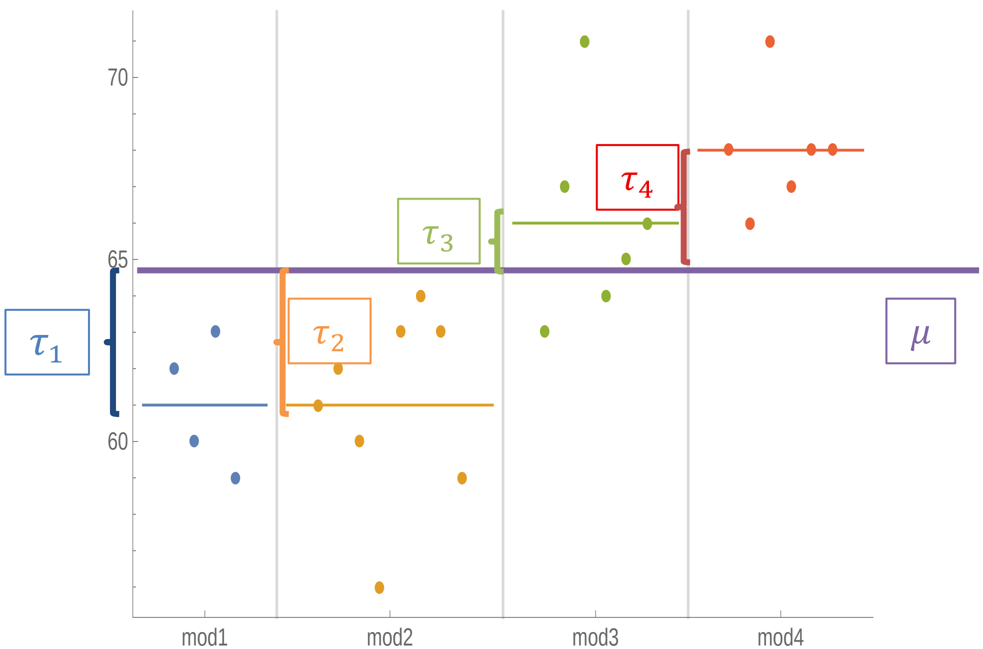
- On remplace les statistiques de la population par leurs estimateurs

$$Y_{ij} = \overline{Y} + (\overline{Y_j} - \overline{Y}) + (Y_{ij} - \overline{Y_j})$$

$$\boxed{\mu = \overline{Y}}$$

$$\boxed{\tau_1 = \overline{Y_1} - \overline{Y}}$$
$$\boxed{\tau_2 = \overline{Y_2} - \overline{Y}}$$
$$\boxed{\tau_3 = \overline{Y_3} - \overline{Y}}$$
$$\boxed{\tau_4 = \overline{Y_4} - \overline{Y}}$$

$$\boxed{\epsilon_{11} = Y_{11} - \overline{Y_1}}$$
$$\boxed{\epsilon_{21} = Y_{21} - \overline{Y_1}}$$
$$\boxed{\epsilon_{31} = Y_{31} - \overline{Y_1}}$$
$$\boxed{\epsilon_{41} = Y_{41} - \overline{Y_1}}$$



ANOVA – la vraie formule

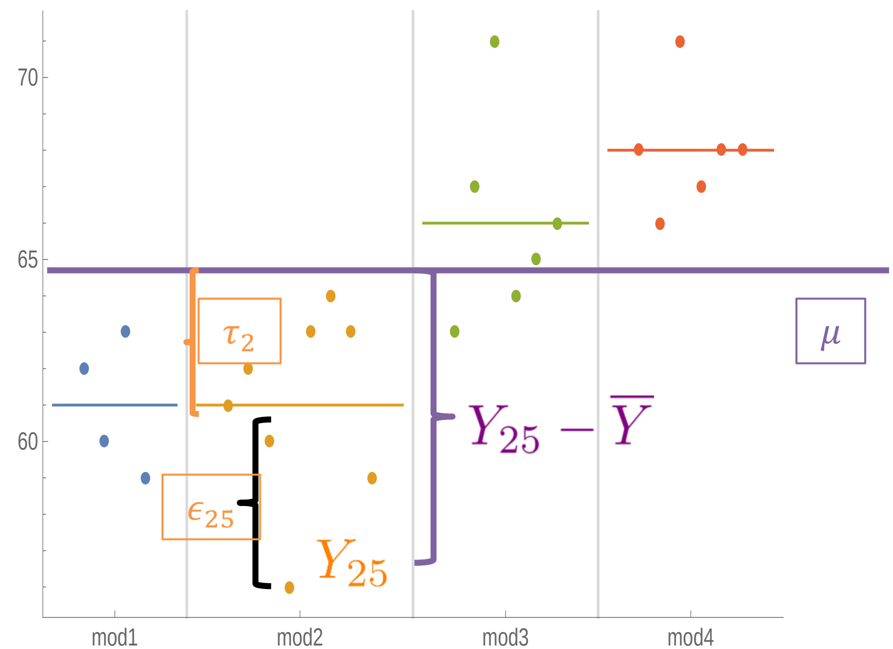
- Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

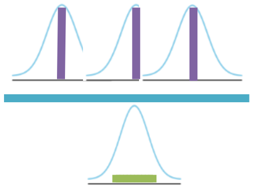
- μ est la prédiction de l'ensemble des sujets
- $\mu + \tau_i$ est la prédiction du groupe i
  - τ_i est la variation autour de la moyenne induite par la modalité i de la variable indépendante
- $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$ est le résidu, l'erreur la différence entre chaque sujet et son group. La variation intra-groupe non expliquée par la ou les VI.

- On remplace les statistiques de la population par leurs estimateurs

$$\boxed{Y_{25} - \overline{Y}} = \boxed{(\overline{Y_2} - \overline{Y})} + \boxed{(Y_{25} - \overline{Y_2})}$$



ANOVA – la vraie formule



- Origine de la formule : décrire le comportement d’un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- On remplace les statistiques de la population par leurs estimateurs

$$Y_{ij} = \overline{Y} + (\overline{Y_j} - \overline{Y}) + (Y_{ij} - \overline{Y_j})$$

- On arrange

$$Y_{ij} - \overline{Y} = Y_{ij} - \overline{Y_j} + \overline{Y_j} - \overline{Y}$$

- On somme sur les sujets et les groupes et on met on carré

$$\textstyle\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + \sum_i^n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

  - (le terme croisé s’annule)

Y_{ij} individu *i* groupe *j* $\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j* $\overline{Y}$ Moyenne Totale

ANOVA – la vraie formule

- Origine de la formule : décrire le comportement d'un sujet

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- On remplace les statistiques de la population par leurs estimateurs

$$Y_{ij} = \overline{Y} + (\overline{Y_j} - \overline{Y}) + (Y_{ij} - \overline{Y_j})$$

- On arrange

$$Y_{ij} - \overline{Y} = Y_{ij} - \overline{Y_j} + \overline{Y_j} - \overline{Y}$$

- On somme sur les sujets et les groupes et on met on carré

$$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + \sum_i^n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

Y_{ij} individu *i* groupe *j*

$\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j*

$\overline{Y}$ Moyenne Totale

ANOVA – la vraie formule

- Décomposition de la variance

$$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{Total} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{inter} = n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

$$SS_{inter} = \sum_j^k n_j (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

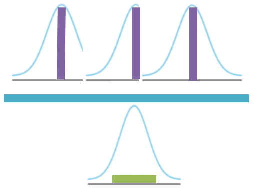
Si les tailles des groupes sont différentes

Y_{ij} individu *i* groupe *j*

$\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j*

$\overline{Y}$ Moyenne Totale

ANOVA – la vraie formule



- Décomposition de la variance

$$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{Total} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{inter} = \sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

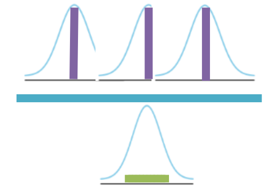
$$df_{Total} = N - 1 = (N - k) + (k - 1)$$

$$df_{inter} = k - 1$$

$$df_{intra} = k \times (n - 1) = N - k$$

Y_{ij} individu *i* groupe *j* $\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j* $\overline{Y}$ Moyenne Totale

ANOVA – la vraie formule



- Décomposition de la variance

$$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{Total} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{inter} = \sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

$$df_{Total} = N - 1 = (N - k) + (k - 1)$$

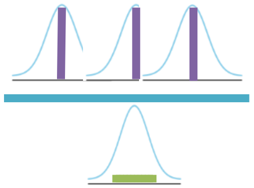
$$df_{inter} = k - 1$$

$$df_{intra} = k \times (n - 1) = N - k$$

$$CM_{intra} = \frac{SS_{intra}}{df_{intra}} \qquad CM_{inter} = \frac{SS_{inter}}{df_{inter}}$$

Y_{ij} individu *i* groupe *j* $\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j* $\overline{Y}$ Moyenne Totale

ANOVA – la vraie formule



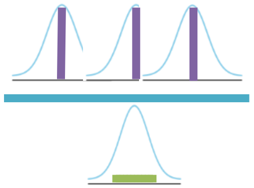
- Décomposition de la variance

$$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

	Somme des carrés	Ddl (df)	Carré Moyen	F	p
Inter	$\sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$	$k-1$	$\frac{SS_{inter}}{df_{inter}}$	$\frac{CM_{inter}}{CM_{intra}}$	$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} \mid H_0]$
Intra	$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$	$N-k$	$\frac{SS_{intra}}{df_{intra}}$		
Total	$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2$	$N-1$			

Y_{ij} individu *i* groupe *j* $\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j* $\overline{Y}$ Moyenne Totale

ANOVA – la vraie formule



- Décomposition de la variance

$$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2 = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 + n \sum_j^k (\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

	Somme des carrés	Ddl (df)	Carré Moyen	F	p
Inter	$\sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$	$k - 1$	$\frac{SS_{inter}}{df_{inter}}$	$\frac{CM_{inter}}{CM_{intra}}$	$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} \mid H_0]$
Intra	$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$	$N - k$	$\frac{SS_{intra}}{df_{intra}}$		
Total	$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2$	$N - 1$			

- Un exemple : Smith (1979)

Smith, S.M. (1979). "Remembering in and out of context". Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory. **4** (5): 460–471

Y_{ij} individu *i* groupe *j* $\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j* $\overline{Y}$ Moyenne Totale

Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples

- Préambule
- Preuve expérimentale
- La démarche
  - Démarche hypothético-déductive
  - Hypothèses opérationnelles
- L'analyse de données et le test de l'hypothèse nulle.

Analyse et NHST ?

- La décision statistique, telle que vous l'avez apprise, oppose deux hypothèses complémentaires :
  - L'hypothèse d'intérêt - l'effet des VI sur les VD.
  - L'hypothèse nulle - l'absence d'effet.
- Nous décidons en comparant la probabilité d'observer des données aussi extrêmes étant données l'hypothèse nulle à un seuil.

NHST

Test de l’hypothèse nulle (NHST)

- Définir une hypothèse nulle
- Définir une hypothèse complémentaire/alternative (F=Fischer)
  - Ou définir une ensemble d’hypothèses alternatives (Neyman-Pearson)
- Evaluer la probabilité d’obtenir des données aussi extrêmes au vu de l’hypothèse nulle
- A partir d’un seuil prédéfini (NP)
  - Seuil prédéfini pour des expériences nouvelles uniquement (F)
  - Seuil à 0,005 lors de la découverte de nouveaux effets (Benjamin et al, 2017) mais voir également (Lakens et al, en prep)
- Prendre la décision de rejeter l’hypothèse nulle ou de ne pas la rejeter
  - Résultats significatifs ou non (F)
  - Estimation de l’effet accompagné de l’estimation de la taille de l’effet. (NP)

Test de l'hypothèse nulle (NHST)

Définir un modèle de l'hypothèse nulle : une statistique et sa distribution d'échantillonnage

- Définir une hypothèse nulle
- Définir une hypothèse complémentaire/alternative (F)
  - Ou définir une ensemble d'hypothèse … ives (NP)
- Evaluer la probabilité d'obten … ussi extrêmes au vu de l'hypothèse n…
- A partir d'un …

Attention débat !

… es nouvelles uniquement (F)

… e de nouveaux effets (Benjamin …

Pour NP, le seuil doit êt… auteurs, mais fixé à pri… … de l'erreur de première esp… … erreur de seconde e…ce.

Pour NP, le seuil est la probabilité de faire une erreur sur le long terme. Sur un grand nombre d'expérience il correspond à la fréquence des conclusions erronées de rejet de H_0.

- Prendre la décision de rejeter l'hy… la rejeter
  - Résultats significatifs ou non (F)
  - … né de l'estimation de la taille de …

Si p est faible alors, nos données serait explicable par le bruit expérimental

Test = $f\left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right) \times ES$

Test de l'hypothèse nulle (NHST)

Définir un modèle de l'hypothèse nulle : une statistique et sa distribution d'échantillonnage

- Définir une hypothèse nulle
- Définir une hypothèse complémentaire/alternative (F)
  - Ou définir une ensemble d'hypothès
- Evaluer la probabilité d'obtenir de au vu de l'hypothèse nulle
- A partir d'un seuil prédéfini (NP)

Pour Fisher, la valeur de p n'est pas une mesure de l'importance de l'effet mais la suspicion que l'on doit observer de tels résultats. Donc la seule interprétation possible serait nos résultats sont ils significatifs ?

Pour NP, le seuil doit être laissé à l'appréciation des auteurs, mais fixé à priori et dépendre autant de l'erreur de première espèce que de l' erreur de seconde espèce.

Pour NP, le seuil est la probabilité de faire une erreur sur le long terme. Sur un grand nombre d'expérience il correspond à la fréquence des conclusions erronées de rejet de H_0.

- Prendre la décision de rejeter l'hy la rejeter
  - Résultats significatifs ou non (F)

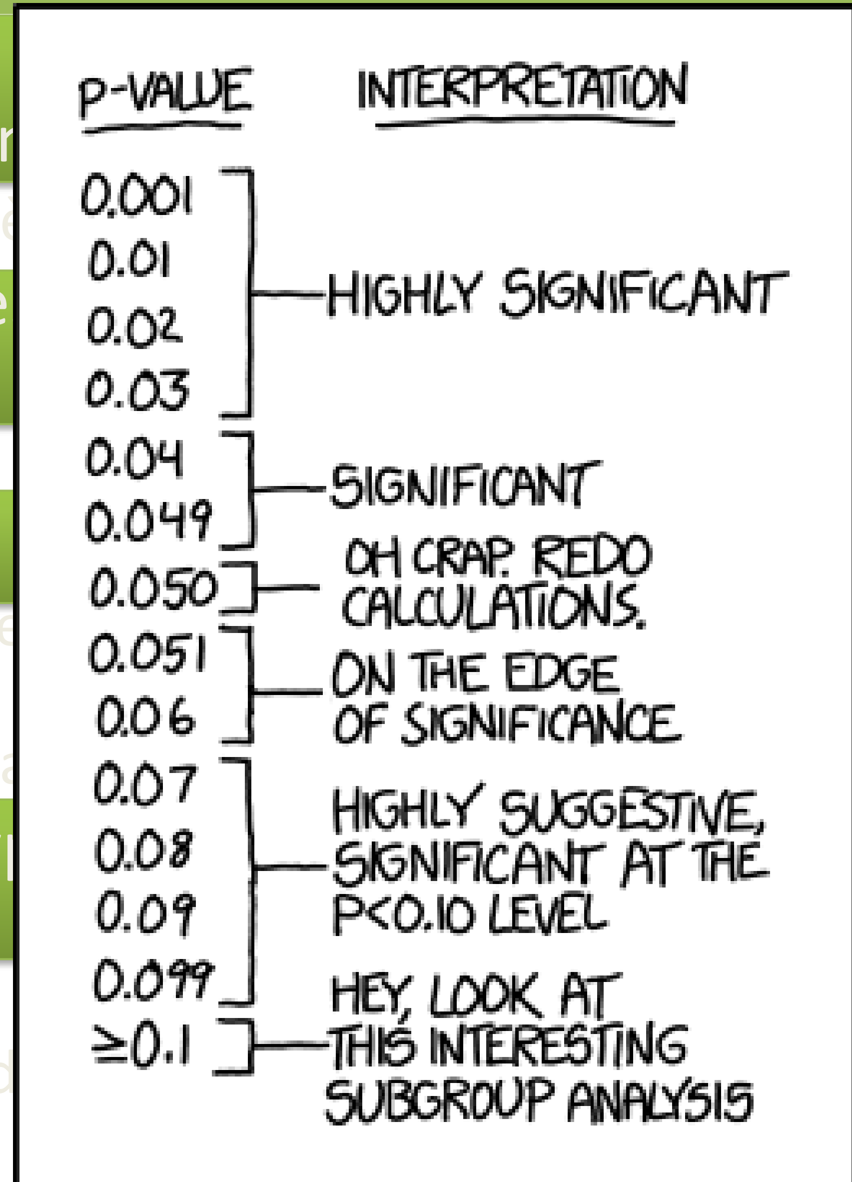
Si p est faible alors, nos données serait explicable par le bruit expérimental

né de l'estimation de la taille de

$$\text{Test} = f\left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right) \times ES$$

Test de l'hypothèse nulle (NHST)

- Définir une hypothèse nulle
- Définir une hypothèse complémer
  - Ou définir une ensemble d'hypothè
- Evaluer la probabilité d'obtenir de au vu de l'hypothèse nulle
- A partir d'un seuil prédéfini (NP)
  - Seuil prédéfini pour des expérience
  - Seuil à 0,005 lors de la découverte et al, 2017) mais voir également (La
- Prendre la décision de rejeter l'hyp la rejeter
  - Résultats significatifs ou non (F)
  - Estimation de l'effet accompagné d l'effet. (NP)



https://www.xkcd.com/1478/

Décision et erreurs

- Cadre de NHST

Types d'erreur		Monde réel	
		H_0	H_1
Décision	Rejet de H0 (RH0)	Type I: α $P(RH_0 \vert H_0)$	Rejet Correct $P(RH_0 \vert H_1)$
	Non Rejet de H0 (RH0)	Non rejet Correct $P(NRH_0 \vert H_0)$	Type II : ß $P(NRH_0 \vert H_1)$

$1-\beta$ correspond à la puissance du test

C'est la probabilité de décider qu'un effet est présent lorsqu'il est effectivement présent.

Test de l’hypothèse nulle (NHST)

- Définir une hypothèse nulle
- Définir une hypothèse complémentaire/alternative (H)
  - Ou définir une ensemble d’hypothèses alternatives (NP)
- Evaluer la probabilité d’obtenir des données aussi extrêmes au vu de l’hypothèse nulle
- A partir d’un seuil prédéfini (NP)
  - Seuil prédéfini pour des expériences nouvelles uniquement (F)
  - Seuil à 0,005 lors de la découverte de nouveaux effets (Benjamin et al, 2017) mais voir également (Lakens et al, en prep)
- Prendre la décision de rejeter l’hypothèse nulle ou de ne pas la rejeter
  - Résultats significatifs ou non (F)
  - Estimation de l’effet accompagné de l’estimation de la taille de l’effet. (NP)

F = Fisher
H = Hybride
NP = Neayman Pearson

Questions
- Pourquoi avoir plusieurs hypothèses ?
- Pourquoi le test porte t’il uniquement sur l’hypothèse nulle ?
- Quelle est la signification de α ?
- Quelle information nous est donnée par la « p value » ?
- Pourquoi on rejette H_0 mais on ne l’accepte pas ?
- Quel est le problème avec l’erreur de type 1 ?

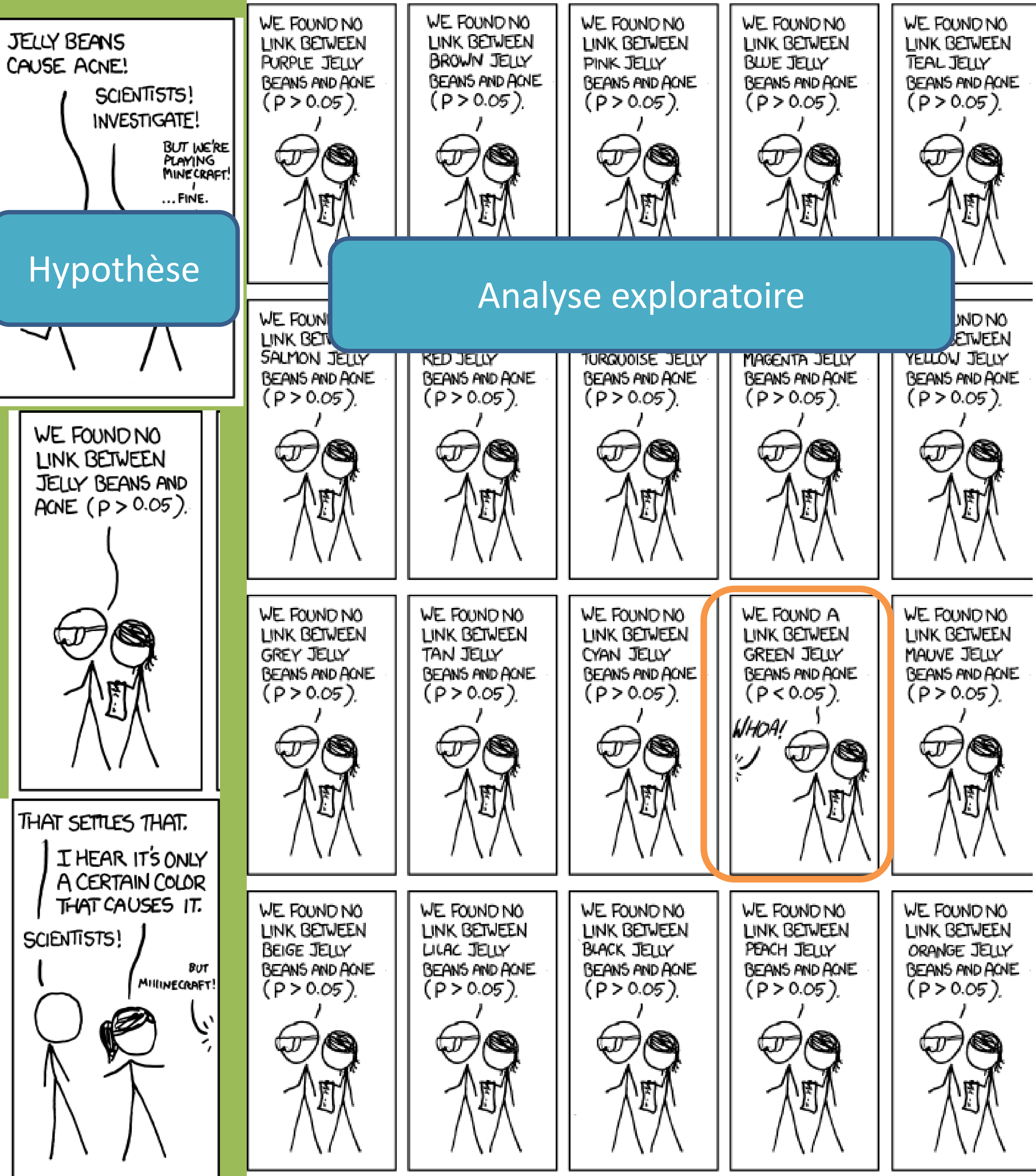
Fisher, R (1955). "Statistical Methods and Scientific Induction". Journal of the Royal Statistical Society, Series B. 17 (1): 69–78.
Fisher, R (1925) STATISTICAL METHODS FOR RESEARCH WORKERS? Originally published in Edinburgh by Oliver and Boyd. http://psychclassics.yorku.ca/Fisher/Methods/index.htm
Lehmann, E. L. (December 1993). "The Fisher, Neyman–Pearson Theories of Testing Hypotheses: One Theory or Two?". Journal of the American Statistical Association. 88 (424): 1242–1249. doi:10.1080/01621459.1993.10476404.
Neyman, Jerzy (1956). "Note on an Article by Sir Ronald Fisher". Journal of the Royal Statistical Society, Series B. 18 (2): 288–294
Perezgonzalez, J. D. (2015). "Fisher, Neyman-Pearson or NHST? A tutorial for teaching data testing." Frontiers in Psychology 6(223).

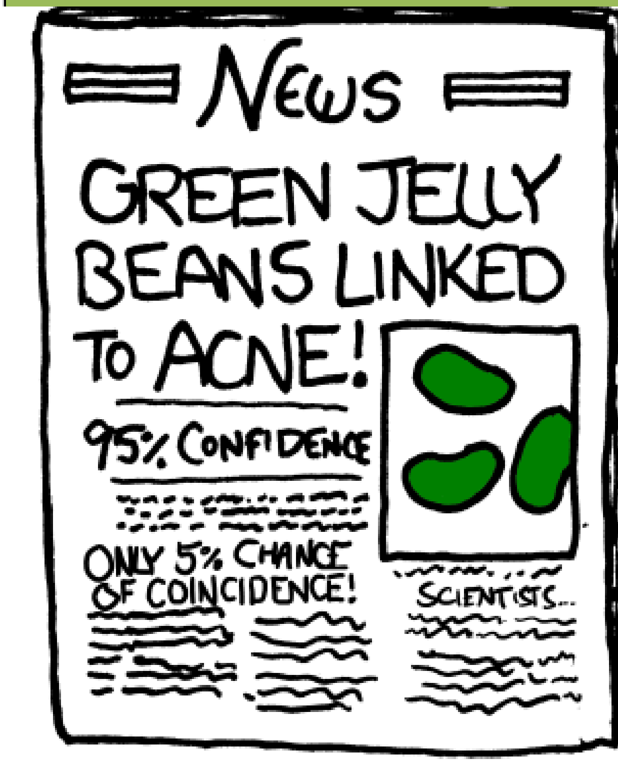
Test de l’hypothèse nulle (NHST)

- Questions
  - Pourquoi avoir plusieurs hypothèses ?
    - On ne peut prouver expérimentalement une hypothèse
  - Pourquoi le test porte t’il uniquement sur l’hypothèse nulle ?
    - C’est actuellement le seul modèle clairement défini
    - C’est une mesure de la variabilité expérimentale, l’erreur de mesure
  - Quelle est la signification de α ?
    - C’est la probabilité de rejeter à tort H0. $P(RH_0|H_0)$
  - Quelle information nous est donnée par la « p value » ?
    - C’est la probabilité d’obtenir des données aussi extrême si l’hypothèse nulle est « vraie » $P(D|H_0)$
  - Pourquoi on rejette H_0 mais on ne l’accepte pas ?
    - Voir la réponse à la première question
  - Quel est le problème avec l’erreur de type 1 ?

Hypothèse

Analyse exploratoire





$$1-(1-\alpha)^{21}=0{,}66$$

https://www.xkcd.com/882/

NHST

- On compare une probabilité à une autre

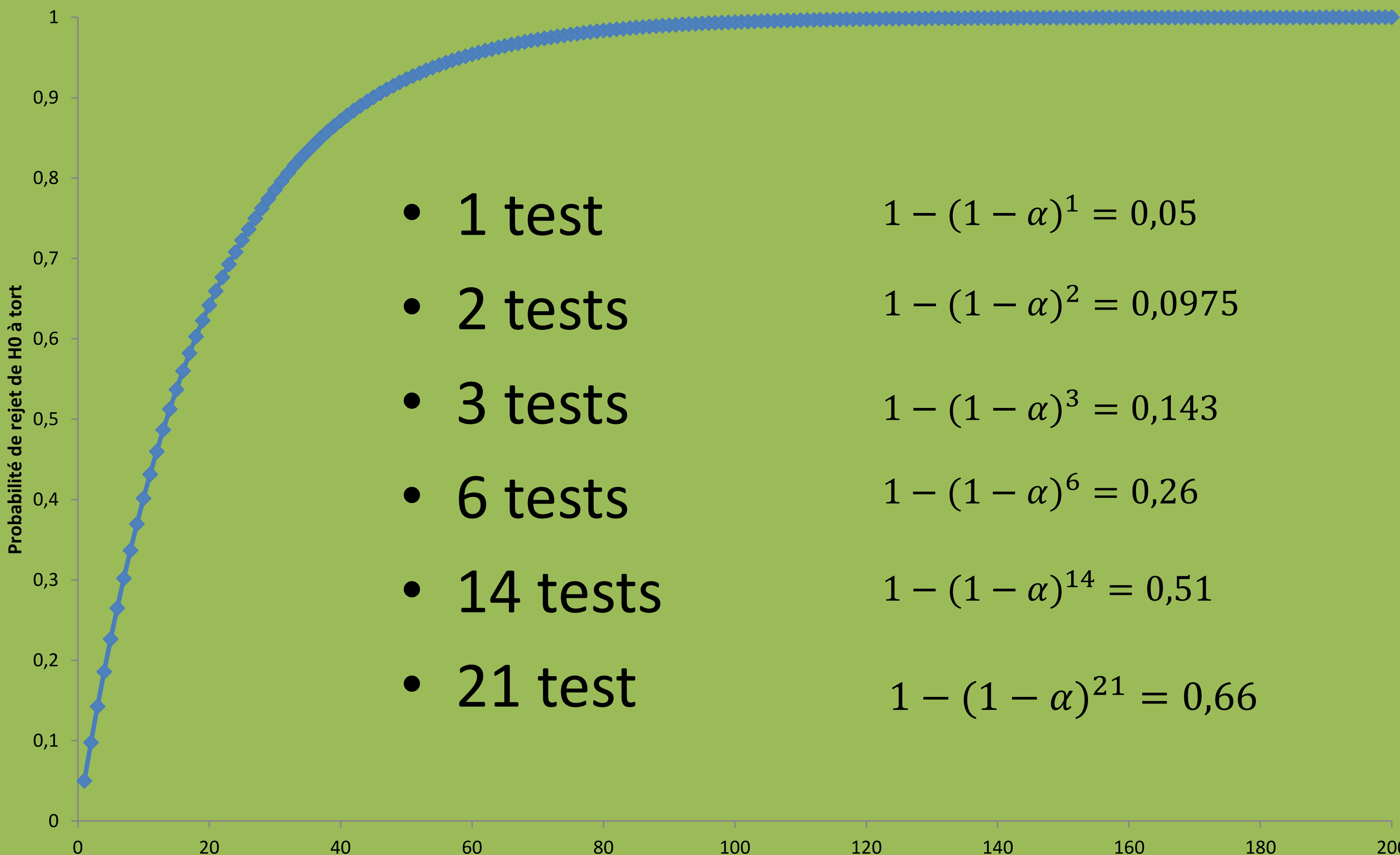
$$p = P(Data|H_0) \gtreqless \alpha$$

- Le seuil correspond au risque que l’on accepte de prendre lors de la prise de décision, plus ce risque est petit moins nous avons de chance de conclure à une effet alors qu’il n’existe pas.
- L’objectif est donc de choisir α le plus petit possible.

NHST

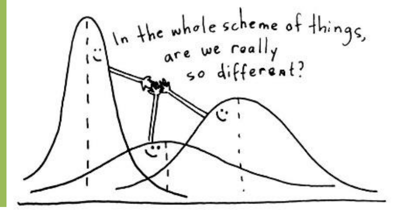
- Le complémentaire de α correspond au « risque » de ne pas se tromper en rejetant H_0. C'est la probabilité de ne pas faire d'erreur de type I.
- $(1-\alpha)^c$ est la probabilité de ne pas faire d'erreur lors de *c* tests sur les mêmes données et le risque d'erreur est alors de $\alpha_{EW} = 1-(1-\alpha)^c$

Tests multiples



- 1 test $1-(1-\alpha)^{1}=0{,}05$
- 2 tests $1-(1-\alpha)^{2}=0{,}0975$
- 3 tests $1-(1-\alpha)^{3}=0{,}143$
- 6 tests $1-(1-\alpha)^{6}=0{,}26$
- 14 tests $1-(1-\alpha)^{14}=0{,}51$
- 21 test $1-(1-\alpha)^{21}=0{,}66$

ANOVA – Exemple ?



- Lien entre le contexte d’apprentissage et de rappel (Smith, 1979)
  - Apprentissage d’une liste de 80 mots dans un pièce peint en orange décorée de poster, de tableaux et d’équipements expérimentaux (*paraphernalia*)
  - Test immédiat
  - Puis test imprévu le lendemain selon l’une des 5 conditions
    - Contexte identique
    - Contexte différent
    - Contexte imaginaire
    - Contexte photographique
    - Contexte placébo

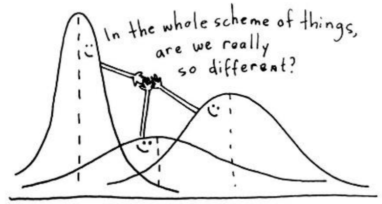
In Neil Salkind (Ed.), *Encyclopedia of Research Design*. Thousand Oaks, CA: Sage. 2010

Contrast Analysis

Hervé Abdi · Lynne J. Williams

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?

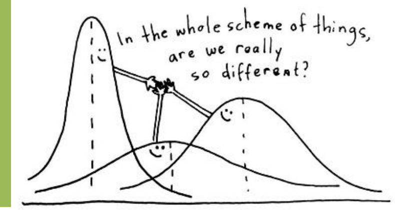


- Lien entre le contexte d'apprentissage et de rappel (Smith, 1979)
  - Apprentissage d'une liste de 80 mots dans un pièce peint en orange décorée de poster, de tableaux et d'équipements expérimentaux (*paraphernalia*)
  - Test immédiat
  - Puis test imprévu le lendemain selon l'une des 5 conditions
    1. Contexte identique
    2. Contexte différent
    3. Contexte imaginaire
    4. Contexte photographique
    5. Contexte placébo

1. Contexte identique
2. Contexte différent
   - Pièce expérimentale différente : autre lieux, peinture grise et décoration austère
3. Contexte imaginaire
   - Groupe 2 + les sujets devaient se rappeler la pièce de l'apprentissage à travers une série de question
4. Contexte photographique
   - Condition du groupe 3 + des photos de la pièce sont présentées.
5. Contexte placébo
   - Groupe 2 + rappel d'une pièce qui leur soit familière (salon)

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



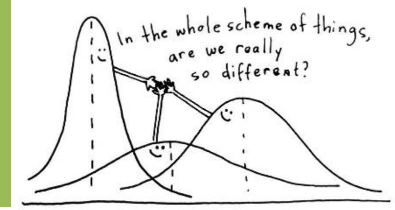
- Lien entre le contexte d'apprentissage et de rappel (Smith, 1979)
  - Apprentissage d'une liste de 80 mots dans un pièce peint en orange décorée de poster, de tableaux et d'équipements expérimentaux (*paraphernalia*)
  - Test immédiat
  - Puis test imprévu le lendemain selon l'une des 5 conditions
    1. Contexte identique
    2. Contexte différent
    3. Contexte imaginaire
    4. Contexte photographique
    5. Contexte placébo

- Résultats

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
25	11	14	25	8
26	21	15	15	20
17	9	29	23	10
15	6	10	21	7
14	7	12	18	15
17	14	22	24	7
14	12	14	14	1
20	4	20	27	17
11	7	22	12	11
21	19	12	11	4

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



- Lien entre le contexte d'apprentissage et de rappel (Smith, 1979)
  - Apprentissage d'une liste de 80 mots dans un pièce peint en orange décorée de poster, de tableaux et d'équipements expérimentaux (*paraphernalia*)
  - Test immédiat
  - Puis test imprévu le lendemain selon l'une des 5 conditions
    1. Contexte identique
    2. Contexte différent
    3. Contexte imaginaire
    4. Contexte photographique
    5. Contexte placébo

- Résultats

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
25	11	14	25	8
26	21	15	15	20
17	9	29	23	10
15	6	10	21	7
14	7	12	18	15
17	14	22	24	7
14	12	14	14	1
20	4	20	27	17
11	7	22	12	11
21	19	12	11	4

Y_{ij} individu *i* groupe *j*

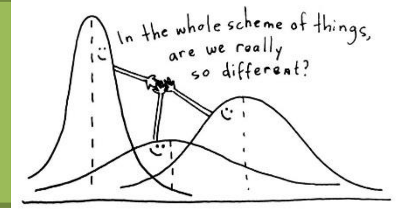
18	11	17	19	10	$\overline{Y_j}$

$\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j*

$\overline{Y}$ Moyenne Totale = *15*

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



Y_{ij}

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
25	11	14	25	8
26	21	15	15	20
17	9	29	23	10
15	6	10	21	7
14	7	12	18	15
17	14	22	24	7
14	12	14	14	1
20	4	20	27	17
11	7	22	12	11
21	19	12	11	4

18	11	17	19	10	$\overline{Y_j}$

$\overline{Y}$ Moyenne Totale = *15*

$$SS_{inter} = \sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2 = \sum_j^k 10 \times (\overline{Y_j} - 15)^2$$
$$= 10 \times [(18-15)^2 + (11-15)^2 + (17-15)^2 + (19-15)^2 + (10-15)^2]$$
$$= 700$$

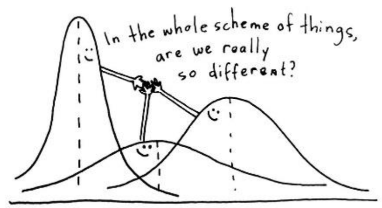
$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

effet

$$SS_{inter} = \sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



Y_{ij}

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
25	11	14	25	8
26	21	15	15	20
17	9	29	23	10
15	6	10	21	7
14	7	12	18	15
17	14	22	24	7
14	12	14	14	1
20	4	20	27	17
11	7	22	12	11
21	19	12	11	4

18	11	17	19	10	$\overline{Y_j}$

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
49	0	9	36	4
64	100	4	16	100
1	4	144	16	0
9	25	49	4	9
16	16	25	1	25
1	9	25	25	9
16	1	9	25	81
4	49	9	64	49
49	16	25	49	1
9	64	25	64	36

18	11	17	19	10	$\overline{Y_j}$

$$(Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

$$SS_{inter} = 700$$

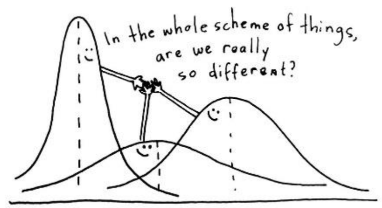
$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

erreur

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



Y_{ij}

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
25	11	14	25	8
26	21	15	15	20
17	9	29	23	10
15	6	10	21	7
14	7	12	18	15
17	14	22	24	7
14	12	14	14	1
20	4	20	27	17
11	7	22	12	11
21	19	12	11	4

$\overline{Y_j}$

18	11	17	19	10

$$(Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
49	0	9	36	4
64	100	4	16	100
1	4	144	16	0
9	25	49	4	9
16	16	25	1	25
1	9	25	25	9
16	1	9	25	81
4	49	9	64	49
49	16	25	49	1
9	64	25	64	36

218	284	324	300	314

$$\sum_{i}^{10} (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

$$SS_{inter} = 700$$

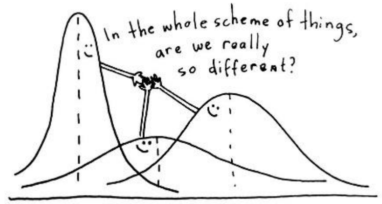
$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$
$$= 1440$$

erreur

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



Y_{ij}

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
25	11	14	25	8
26	21	15	15	20
17	9	29	23	10
15	6	10	21	7
14	7	12	18	15
17	14	22	24	7
14	12	14	14	1
20	4	20	27	17
11	7	22	12	11
21	19	12	11	4

18	11	17	19	10	$\overline{Y_j}$

SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
49	0	9	36	4
64	100	4	16	100
1	4	144	16	0
9	25	49	4	9
16	16	25	1	25
1	9	25	25	9
16	1	9	25	81
4	49	9	64	49
49	16	25	49	1
9	64	25	64	36

18	11	17	19	10	$\overline{Y_j}$

$$(Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

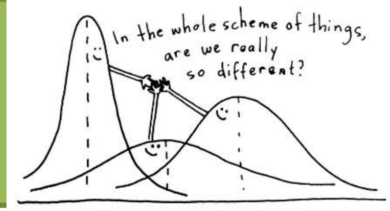
$$SS_{inter} = 700$$

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$
$$= 1440$$

$$SS_{Total} = SS_{Inter} + SS_{Intra}$$
$$= 2140$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



	Somme des carrés	Ddl (df)	Carré Moyen	F	p
Inter	$\sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$	$k-1$	$\frac{SS_{inter}}{df_{inter}}$	$\frac{CM_{inter}}{CM_{intra}}$	$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} \mid H_0]$
Intra	$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$	$N-k$	$\frac{SS_{intra}}{df_{intra}}$		
Total	$\sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y})^2$	$N-1$			

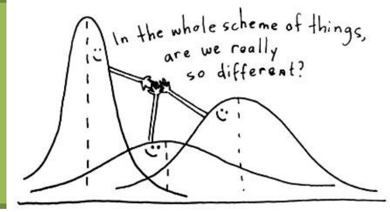
$$SS_{inter} = 700$$

$$\begin{aligned} SS_{intra} &= \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2 \\ &= 1440 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{Total} &= SS_{Inter} + SS_{Intra} \\ &= 2140 \end{aligned}$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



	SS	ddl (df)	Carré Moyen	F	p
Inter	700	$k-1$	$\frac{SS_{inter}}{df_{inter}}$	$\frac{CM_{inter}}{CM_{intra}}$	$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} \mid H_0]$
Intra	1440	$N-k$	$\frac{SS_{intra}}{df_{intra}}$		
Total	2140	$N-1$			

$$SS_{inter} = 700$$

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$
$$= 1440$$

$$SS_{Total} = SS_{Inter} + SS_{Intra}$$
$$= 2140$$

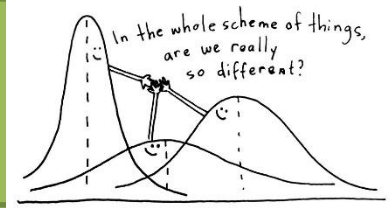
$$df_{inter} = k - 1 = 4$$

$$df_{intra} = N - k = 45$$

$$df_{Total} = N - 1 = 49$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



	SS	ddl (df)	Carré Moyen	F	p
Inter	700	4	$\frac{SS_{inter}}{df_{inter}}$	$\frac{CM_{inter}}{CM_{intra}}$	$P[F(k-1,N-k) \geq f_{obs} \mid H_0]$
Intra	1440	45	$\frac{SS_{intra}}{df_{intra}}$		
Total	2140	49			

effet

$$SS_{inter} = \sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$SS_{inter} = 700$$

erreur

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$
$$= 1440$$

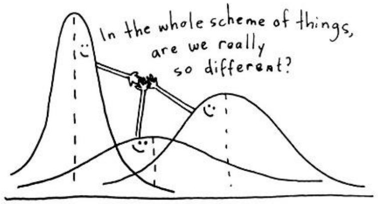
$$SS_{Total} = SS_{Inter} + SS_{Intra}$$
$$= 2140$$

$$CM_{inter} = \frac{SS_{inter}}{df_{inter}} = \frac{700}{4} = 175$$

$$CM_{intra} = \frac{SS_{intra}}{df_{intra}} = \frac{1440}{45} = 32$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



	SS	ddl (df)	CM	F	p
Inter	700	4	175	$\frac{CM_{inter}}{CM_{intra}}$	$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} \| H_0]$
Intra	1440	45	32		
Total	2140	49			

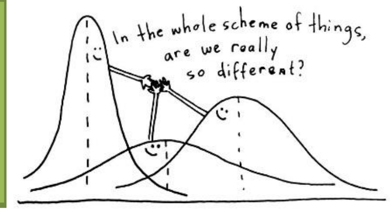
$$CM_{inter} = \frac{SS_{inter}}{df_{inter}} = \frac{700}{4} = 175$$

$$CM_{intra} = \frac{SS_{intra}}{df_{intra}} = \frac{1440}{45} = 32$$

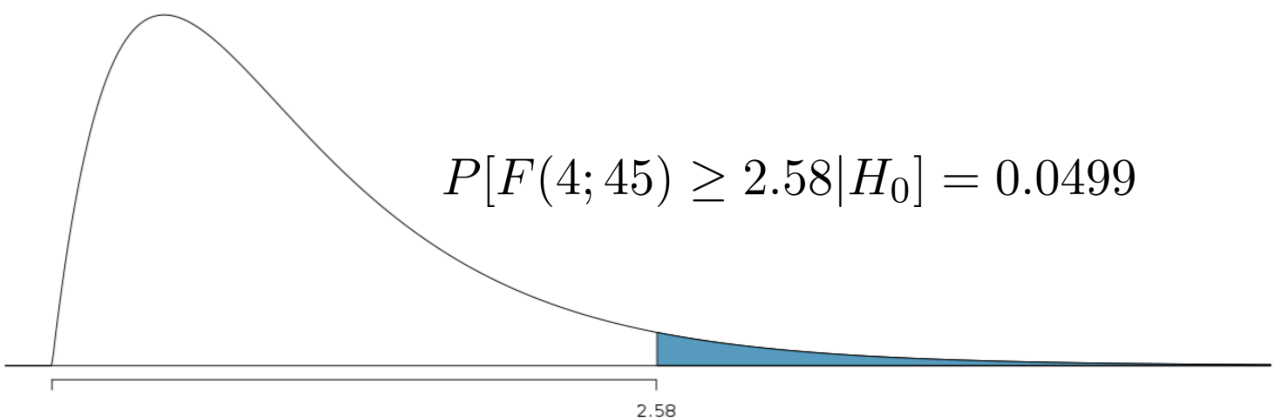
$$F = \frac{176}{32} = 5.46875$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



	SS	ddl (df)	CM	F	p
Inter	700	4	175	5.46875	$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} \mid H_0]$
Intra	1440	45	32		
Total	2140	49			

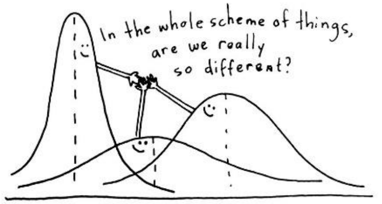


résultat

$$P[F(4;45) \geq 5.46875 \mid H_0] = 0.0011$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Exemple ?



- Tableau de l'ANOVA

	SS	ddl	CM	F	p
Inter	700	4	175	5.46875	0.0011
Intra	1440	45	32		
Total	2140	49			

- Conclusion ?
  - Ca marche $\boxed{p \leq 0{,}05}$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

$p \leq 0{,}05$

Conditions d’applications

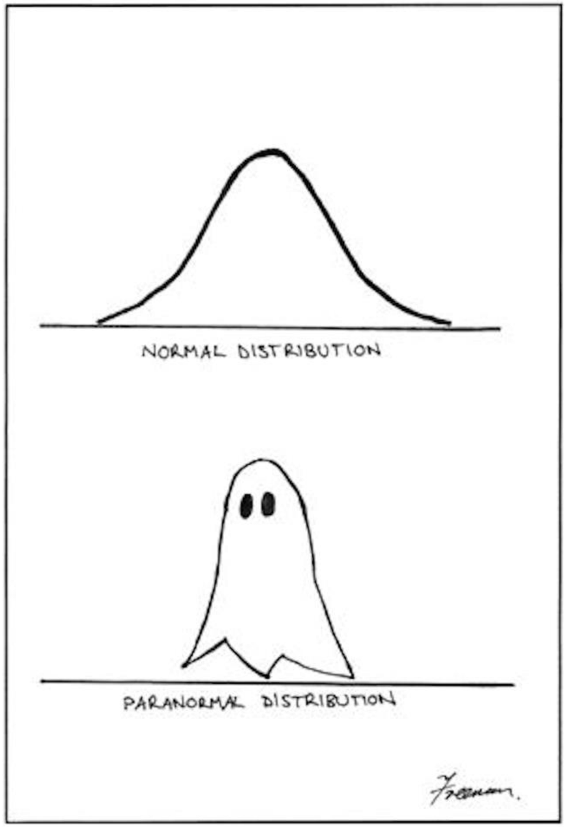
- *Le rapport de variance suit une loi de Fisher si*

$$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} | H_0]$$

  - l’échantillon est a. i. i. d. : les individus sont sélectionnés de manière aléatoire indépendante et identiquement distribuée.
  - L’hypothèse nulle est vraie
  - Les résidus suivent une loi normale $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$
    - Tester la normalité : Levenne / KS / qqplot ?
  - Les variances sont homogènes
  - Les résidus sont indépendants

Conditions d'applications

- Les résidus suivent une loi normale $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$
  - Quels tests ? Shapiro-Wilk, Kolmogorv-smirnof
    - Quels limites à ces tests : taille de l'échantillon
  - Autres méthode : qqplot ?
  - Quelles sont les implications d'une violation de l'hypothèse de normalité ?



Henrich, J., Heine, S., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences, 33*(2-3), 61-83. doi:10.1017/S0140525X0999152X

Condisitons d’applications

- *Le rapport de variance suit une loi de Fisher si*

$$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} | H_0]$$

  - l’échantillon est a. i. i. d. : les individus sont sélectionnés de manière aléatoire indépendante et identiquement distribuée.
  - L’hypothèse nulle est vraie
  - Les résidus suivent une loi normale $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$
  - Les variances sont homogènes
    - Tester l’homogénéité des variances : Levenne
  - Les résidus sont indépendants

Henrich, J., Heine, S., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences, 33*(2-3), 61-83. doi:10.1017/S0140525X0999152X

Condisitons d’applications

- Les variances sont homogènes
  - Tester l’homogénéité des variances : Levenne
    - Quels limites à ces tests : taille de l’échantillon
  - Autres méthode : au doigt mouillée x 4
  - Quelles sont les implications d’une violation de l’hypothèse d’homogénéité ?
  - Pour plan intra : conseil toujours prendre correction Greenhouse Geilser ou plus oncservatuer borne max
    - Les conditions d’applications du test de variance/covariance sont trop difficile à remplir de manière générale

Henrich, J., Heine, S., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences, 33*(2-3), 61-83. doi:10.1017/S0140525X0999152X

Conditions d'applications

- *Le rapport de variance suit une loi de Fisher si*

$$P[F(k-1, N-k) \geq f_{obs} | H_0]$$

  - l'échantillon est a. i. i. d. : les individus sont sélectionnés de manière aléatoire indépendante et identiquement distribuée.
  - L'hypothèse nulle est vraie
  - Les résidus suivent une loi normale $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$
  - Les variances sont homogènes
  - Les résidus sont indépendants
    - Test ? – distributions des résidus en fonction de ???

Henrich, J., Heine, S., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences, 33*(2-3), 61-83. doi:10.1017/S0140525X0999152X

Conditions d'applications

- Les résidus sont indépendants
  - Test ? – distributions des résidus en fonction de ???

Henrich, J., Heine, S., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences, 33*(2-3), 61-83. doi:10.1017/S0140525X0999152X

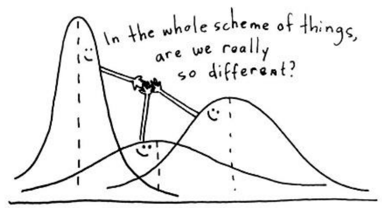
Conditions d'application - les transformations

- Logarithmique $Y = log(X)$
  - Utile si la moyenne est proportionnelle à l'écart-type(la plupart des temps de réaction).
    - Voir article de Wagenmakers, mais aussi Madelain
  - Attention le log n'est pas définit pour les valeurs nulles et négatives
- Racine carrée $Y = \sqrt{X}$
  - Utile si la moyenne est proportionnelle à l'écart-type à la variance
    - Nombre d'occurrences d'un phénomène (loi de poisson sous-jacente)
  - Non définit pour les valeurs strictement négative
  - Variantes : $Y = \sqrt{X + 0.5}$
    $Y = \sqrt{X} + \sqrt{X + 1}$
- Réciproque $Y = \frac{1}{X}$
  - Distribution asymétrique avec beaucoup de valeurs dans la partie supérieure de la distribution
- Arc sinus $Y = arcsin(X)$
  - Principalement lorsque la variable est une proportion dont la loi sous-jacente serait une binomiale. (la variance est une fonction de la moyenne – relation analytique)
- Echantillons tronqués - échantillons winsorisés
  - Tronqués :
    - suppression d'un pourcentage de données extrêmes.
    - suppression selon un critère type note Z (2 ou 3 écart-types). SI données normales, 2 écart-type correspond à environ 5%.
  - Winsorisés
    - On remplace les données supprimées par la dernière valeur non supprimées

Conditions d’application - les transformations

- Quelle transformation choisir ?
  - Toutes les essayer jusqu’à obtenir un résultat significatif.
    - Hypothèses à postériori !
  - Regarder
    - les valeurs extrêmes,
    - la relation entre moyenne et écart-type ou variance,
    - La distribution théorique sous-jacente

ANOVA – Exemple ?



- Tableau de l'ANOVA

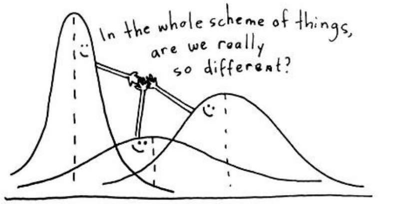
	SS	ddl	CM	F	p
Inter	700	4	175	5.46875	0.0011
Intra	1440	45	32		
Total	2140	49			

- Conclusion ?
  - Ca marche $p \leq 0{,}05$
  - $H_1 : \exists i, j \in \{1; 2; 3; 4; 5\} | \mu_i \neq \mu_j$
  - Le contexte de rappel affecte les performances de rappel

Est-ce intéressant ?

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – Quelle est la question ?



- Quelle est l'hypothèse nulle ?

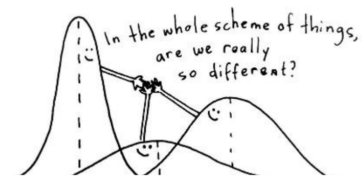
$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

- Quelle est l'hypothèse alternative ?

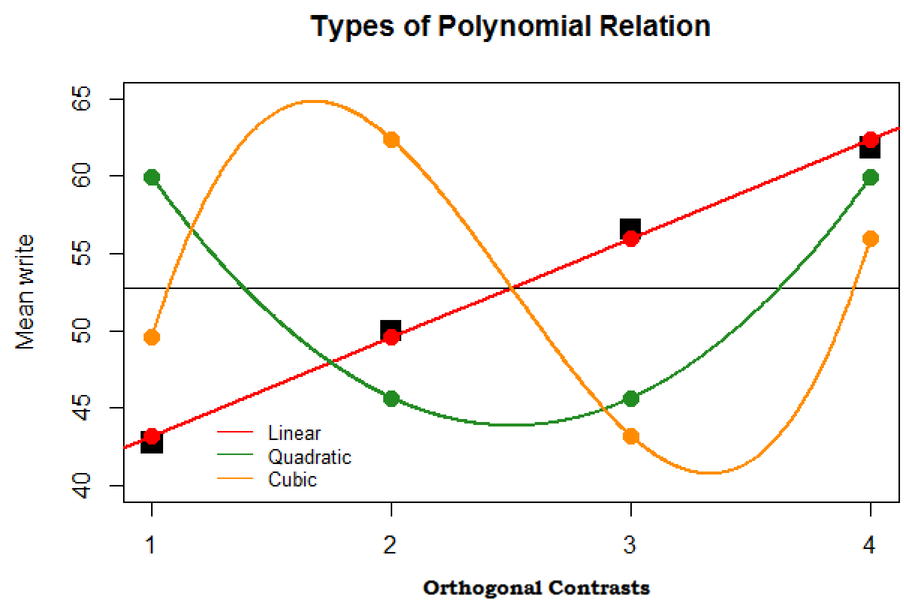
$$\exists i, j \in \{1; 2; 3\} | \mu_i \neq \mu_j$$

- Est-ce intéressant ?

ANOVA – Quelle est la question ?



- Est-ce intéressant ?

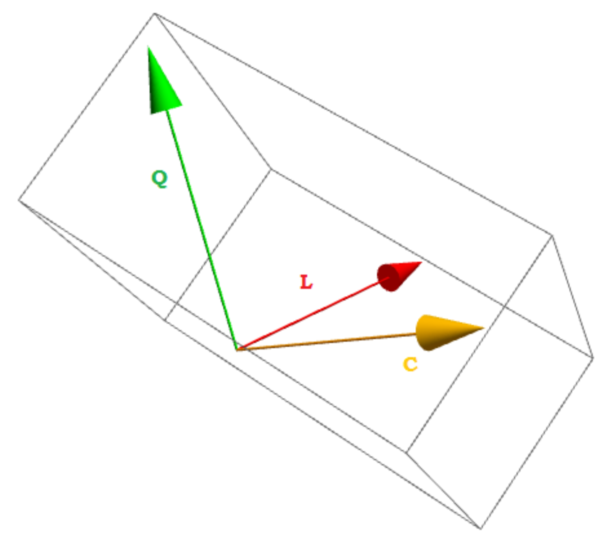


In Neil Salkind (Ed.), *Encyclopedia of Research Design.*
Thousand Oaks, CA: Sage. 2010

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

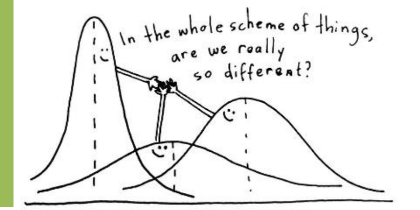
Contrast Analysis

Hervé Abdi · Lynne J. Williams



Images extraites de https://stats.stackexchange.com/questions/105115/polynomial-contrasts-for-regression

ANOVA – quelle est la vraie question ?



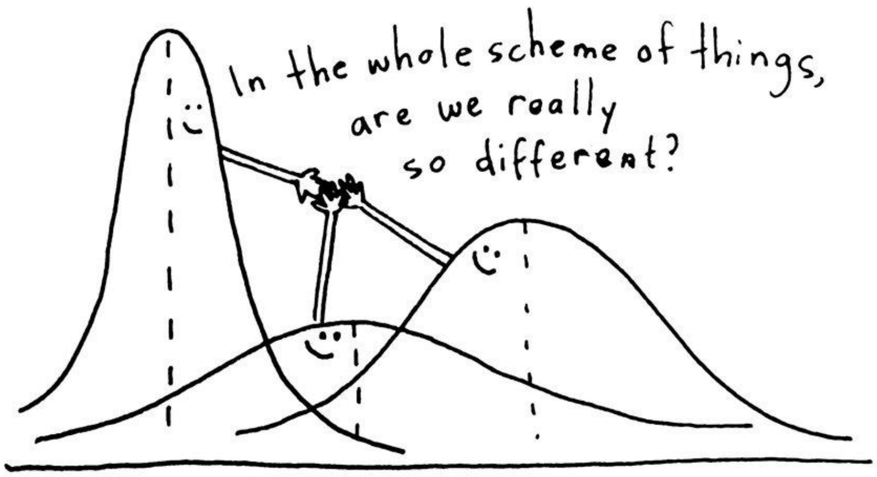
- Lien entre le contexte d'apprentissage et de rappel (Smith, 1979)
  - Apprentissage d'une liste de 80 mots dans un pièce peint en orange décorée de poster, de tableaux et d'équipements expérimentaux (*paraphernalia*)
  - Test immédiat
  - Puis test imprévu le lendemain selon l'une des 5 conditions
    1. Contexte identique
    2. Contexte différent
    3. Contexte imaginaire
    4. Contexte photographique
    5. Contexte placébo

1. *Hypothesis 1 :* Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the same or is simulated by imaging or photography) will perform better than groups with a different or placebo contexts.
2. *Hypothesis 2 :* The group with the same context will differ from the group with imaginary or photographed contexts.
3. *Hypothesis 3 :* The imaginary context group differs from the photographed context group.
4. *Hypothesis 4 :* The different context group differs from the placebo group.

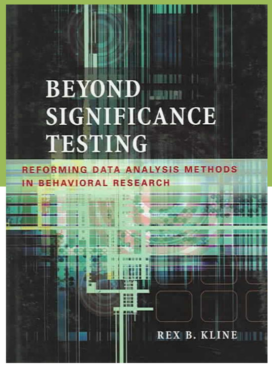
http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples

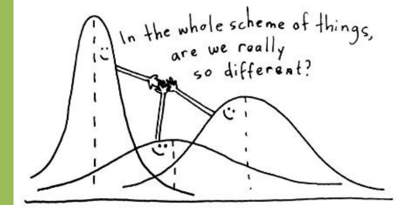


- L'anova en dessin
- L'anova en formule
  - Estimer l'erreur c'est estimer l'effet
  - Equations inter
  - Distribution sous H0
  - Equations intra
- Une hypothèse c'est un contraste
  - Les contrastes



www.questionpro.com/blog/anova-testing/

ANOVA –la question est un contraste ?

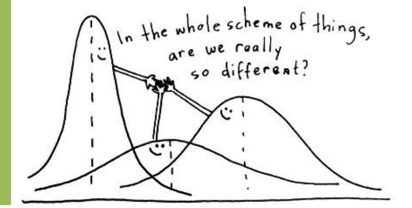


Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3

1. *Hypothesis 1 :*
   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



1. *Hypothesis 1 :*

Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3

   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.

C'est simplement la différence entre 2 moyennes !

Pourquoi ces valeurs ?

$$H_0 : \frac{Diff + Pla}{\boxed{2}} = \frac{Same + Imag + Pho}{\boxed{3}}$$

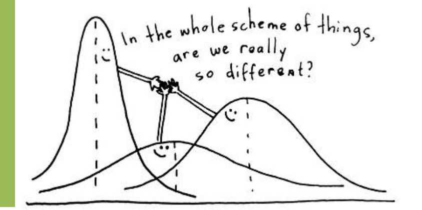
$$H_0 : \boxed{3} \times (Diff + Pla) = \boxed{2} \times (Same + Imag + Pho)$$

$$H_0 : \boxed{2} \times Same + \boxed{2} \times Imag + \boxed{2} \times Pho - \boxed{3} \times Diff - \boxed{3} \times Pla = 0$$

$$H_0 = \sum_{j}^{k} C_j \overline{Y_j} = L = 0$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



1. *Hypothesis 1 :*

Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3

   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.

Pourquoi cette formule ?

$$L = \sum_{j}^{k} C_j \overline{Y_j}$$

C'est simplement la différence entre 2 moyennes !

$$H_0 : \frac{Diff + Pla}{\boxed{2}} = \frac{Same + Imag + Pho}{\boxed{3}}$$

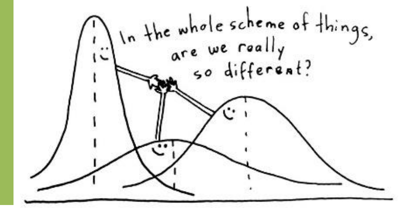
$$H_0 \; \boxed{3} \times (Diff + Pla) = \boxed{2} \times (Same + Imag + Pho)$$

$$H_0 \; \boxed{2} \times Same + \boxed{2} \times Imag + \boxed{2} \times Pho - \boxed{3} \times Diff - \boxed{3} \times Pla = 0$$

$$H_0 = \sum_{j}^{k} C_j \overline{Y_j} = L = 0$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3

1. *Hypothesis 1 :*
   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.

$$SS_\psi = \frac{nL^2}{\sum_j^k C_j^2} \qquad L = \sum_j^k C_j \overline{Y_j}$$

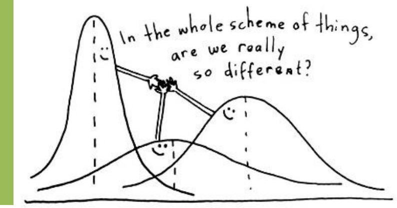
$$CM_\psi = \frac{SS_\psi}{df_\psi} = SS_\psi \qquad df_\psi = 1$$

$$SS_\psi = \frac{L^2}{\sum_j^k (C_j^2 / n_j)}$$

Tailles inégales

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



1. *Hypothesis 1 :*
   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.

$$L = \sum_j^k C_j \overline{Y_j} = 2 \times 18 - 3 \times 11 + 2 \times 17 + 2 \times 19 - 3 \times 10$$

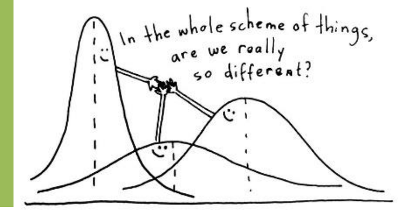
$$SS_\psi = \frac{nL^2}{\sum_j^k C_j^2}$$

$$= \frac{10 \times 45^2}{30} = 675$$

	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO	$\sum$
C_j	2	-3	2	2	-3	
$\overline{Y_j}$	18	11	17	19	10	
$C_j \overline{Y_j}$	36	-33	34	38	-30	45
C_j^2	4	9	4	4	9	30

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



1. *Hypothesis 1 :*

Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3

   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.

Source	df	SS	CM	F	p
inter	4	700	175	5,46875	0,0011
C1	1	675	675	21,09375	0,000
intra	45	1440	32		
Total	49	2140			

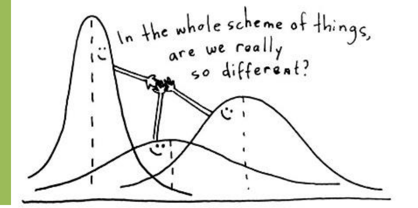
$$CM_\psi = 675$$

$$F = \frac{CM_\psi}{CM_{intra}} = \frac{675}{32} = 21.093$$

$$CM_{intra} = \frac{SS_{intra}}{df_{intra}} = 32$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3

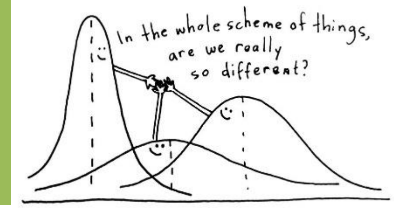
1. *Hypothesis 1 :*
    1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.

Source	df	SS	CM	F	p
inter	4	700	175	5,46875	0,0011
C1	1	675	675	21,09375	<0,0001
intra	45	1440	32		
Total	49	2140			

$$F = \frac{CM_\psi}{CM_{intra}} = \frac{675}{32} = 21.093 \qquad P[F(1;45) \geq 21.1 | H_0] = 0,000035$$

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



1. Hypothesis 1 :

1. Grou ... ext during learni ... photo ... different or placebo contexts.

Donnez les contrastes

2. Hypothesis 2 :

1. The group with the **same** context will differ from the group with **imaginary** or **photographed** contexts.

3. Hypothesis 3 :

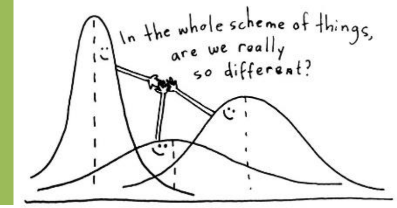
1. The **imaginary** context group differs from the **photographed** context group.

4. Hypothesis 4 :

1. The **different** context group differs from the **placebo** group.

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



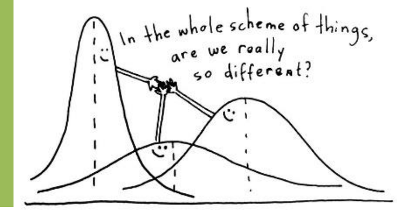
1. *Hypothesis 1 :*
   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.
2. *Hypothesis 2 :*
   1. The group with the **same** context will differ from the group with **imaginary** or **photographed** contexts.
3. *Hypothesis 3 :*
   1. The **imaginary** context group differs from the **photographed** context group.
4. *Hypothesis 4 :*
   1. The **different** context group differs from the **placebo** group.

	Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
	1	2	-3	2	2	-3
C_u	2	2	0	-1	-1	0
	3	0	0	1	-1	0
	4	0	1	0	0	-1

contrasts	$\sum_j^k C_{uj} \times C_{vj}$
1 x 2	0
1 x 3	0
1 x 4	0
2 x 3	0
2 x 4	0
3 x 4	0

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



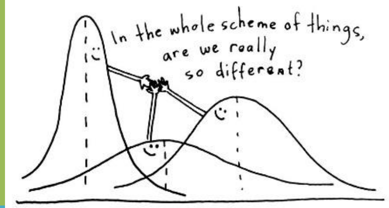
1. *Hypothesis 1 :*
   1. Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.*, is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.
2. *Hypothesis 2 :*
   1. The group with the **same** context will differ from the group with **imaginary** or **photographed** contexts.
3. *Hypothesis 3 :*
   1. The **imaginary** context group differs from the **photographed** context group.
4. *Hypothesis 4 :*
   1. The **different** context group differs from the **placebo** group.

	Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
C_u	1	2	-3	2	2	-3
	2	2	0	-1	-1	0
	3	0	0	1	-1	0
	4	0	1	0	0	-1

contrasts	$\sum_j^k C_{uj} \times C_{vj}$
1 x 2	0
1 x 3	0
1 x 4	0
2 x 3	0
2 x 4	0
3 x 4	0

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?

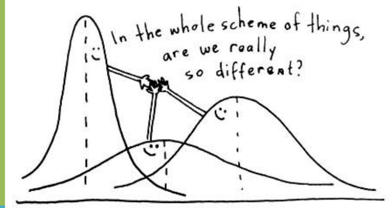


1. *Hypothesis 1:* Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.
2. *Hypothesis 2:* The group with the **same** context will differ from the group with **imaginary** or **photographed** contexts.
3. *Hypothesis 3:* The **imaginary** context group differs from the **photographed** context group.
4. *Hypothesis 4:* The **different** context group differs from the **placebo** group.

Source	df	SS	CM	F	p
inter	4	700	175	5,46875	0,0011
C1	1	675	675	21,09375	0,0000
C2	1	0	0	0	1,000
C3	1	20	20	0,625	0,433
C4	1	5	5	0,15625	0,695
intra	45	1440	32		
Total	49	2140			

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



1. *Hypothesis 1:* Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.
2. *Hypothesis 2:* The group with the **same** context will differ from the group with **imaginary** or **photographed** contexts.
3. *Hypothesis 3:* The **imaginary** context group differs from the **photographed** context group.
4. *Hypothesis 4:* The **different** context group differs from the **placebo** group.

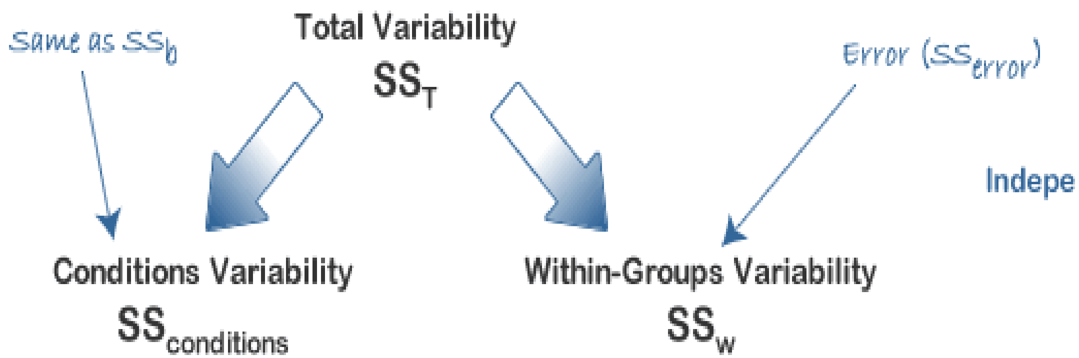
Source	df	SS	CM	F	p
inter	4	700	175	5,46875	0,0011
C1	1	675	675	21,09375	0,0000
C2	1	0	0	0	1,000
C3	1	20	20	0,625	0,433
C4	1	5	5	0,15625	0,695
intra	45	1440	32		
Total	49	2140			

http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – je peux poser autant de question que je veux ?

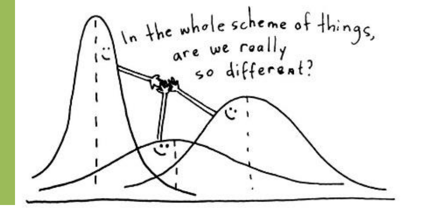
- Une question = 1 contraste

Source	df	SS
inter	4	700
C1	1	675
C2	1	0
C3	1	20
C4	1	5
intra	45	1440
Total	49	2140



- Je peux poser autant de questions qu'il me reste de degré de liberté sur mon effet.
  - Comme je décompose, la SC_{Totale}, je décompose l'effet (SC_{Inter}) en SC_{Ci} orthogonales.
  - Tous les contrastes doivent être orthogonaux entre eux (pour éviter les problèmes de redondance (variance partagée) entre les effets testés.

ANOVA – la question est un contraste ?



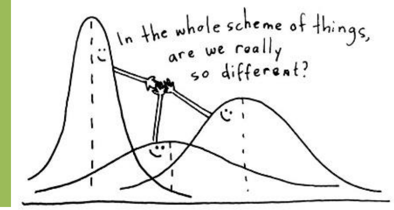
1. *Hypothesis 1:* Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.
2. *Hypothesis 2:* The group with the **same** context will differ from the group with **imaginary** or **photographed** contexts.
3. *Hypothesis 3:* The **imaginary** context group differs from the **photographed** context group.
4. *Hypothesis 4:* The **different** context group differs from the **placebo** group.

Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3
2	2	0	-1	-1	0
3	0	0	1	-1	0
4	0	1	0	0	-1

contrasts	$\sum_j^k C_{uj} \times C_{vj}$
1 x 2	0
1 x 3	0
1 x 4	0
2 x 3	0
2 x 4	0
3 x 4	0

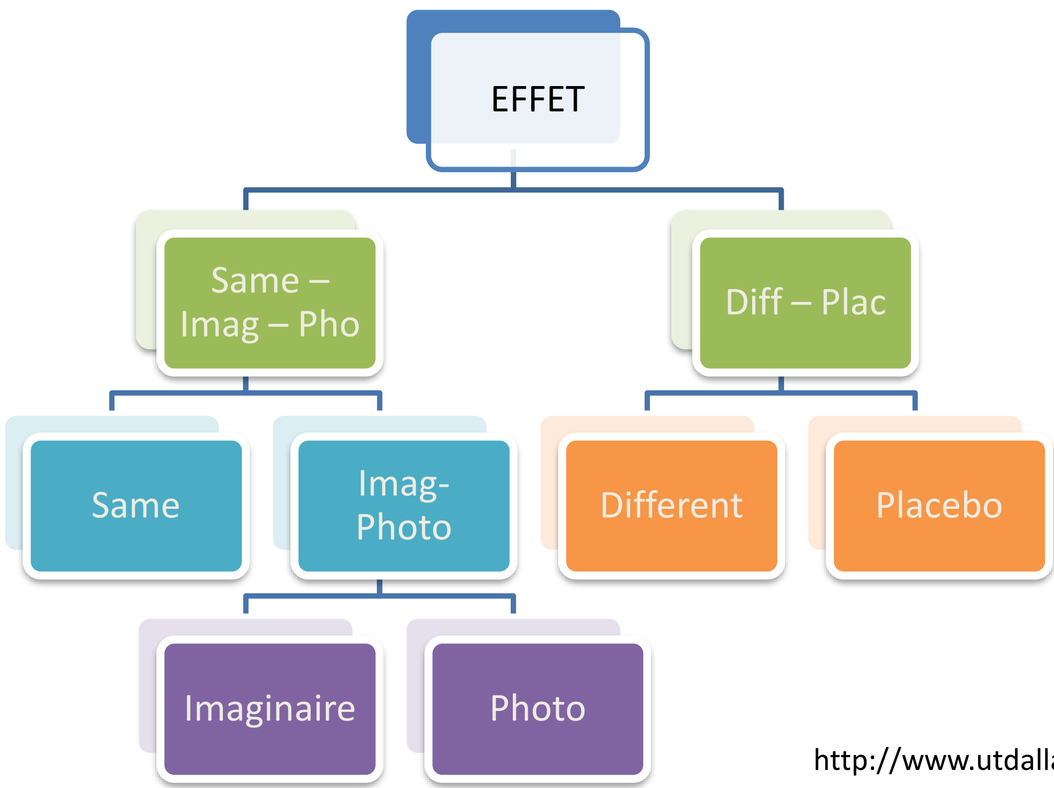
http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – la question est un contraste ?



Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3
2	2	0	-1	-1	0
3	0	0	1	-1	0
4	0	1	0	0	-1

contrasts	$\sum_j^k C_{uj} \times C_{vj}$
1 x 2	0
1 x 3	0
1 x 4	0
2 x 3	0
2 x 4	0
3 x 4	0



Je teste l'orthogonalité 2 à 2 des contrastes ou je vérifie avec un arbre

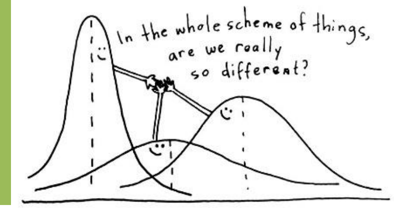
http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA – je peux poser autant de question que je veux ?

- Une question = 1 contraste
  - Si mes questions ne sont pas orthogonales, mes contrastes ne sont pas orthogonaux.
    - Exemple : comparaisons de plusieurs groupes « expérimentaux » à un groupe témoin.

1. *Hypothesis 1 :*
   - Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.
2. *Hypothesis 2 :*
   - The group with real context perform better than group with imagined context
3. *Hypothesis 3 :*
   - Group with any context will perform better than group with no context.

ANOVA –la question est un contraste ?



1. *Hypothesis 1 :*
   – …ing (*i.e.,* …better

Les degrés de liberté s'ajoutent

2. *Hypothesis 2 :*
   – …context

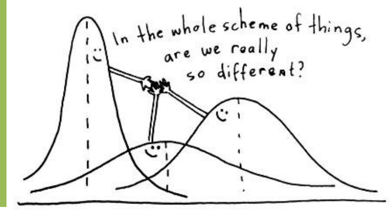
3. *Hy…*
   – …t.

Les somme des carrés ne s'ajoutent pas !

Source	df	SS	CM	F	p	η^2
inter	4	700	175	5,46875	0,0011	0,081633
C1	1	675	675	21,09375	0,000	
C2	1	8,33	8,33	0,260417	0,612	
C3	1	200	200	6,25	0,016	
intra	0	0	0			
Total	4	700				

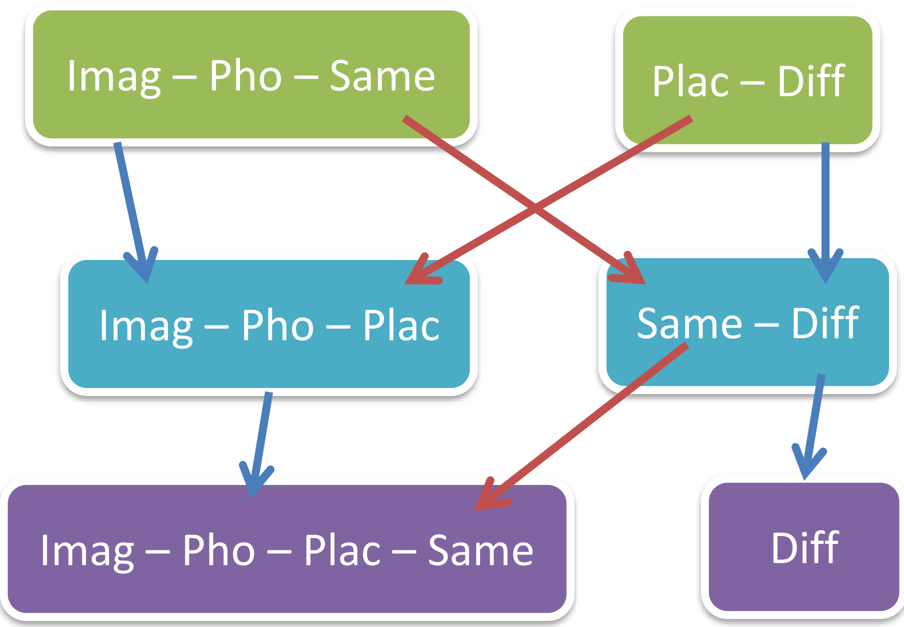
http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



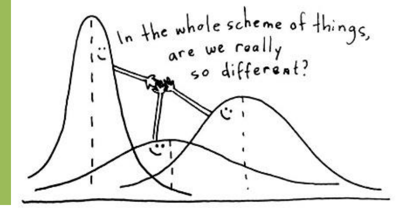
- Les degrés de liberté s'ajoutent : je n'ai pas posé trop de questions
- Les somme des carrés ne s'ajoutent pas : les contrastes ne sont pas orthogonaux. J'ai plus de variances dans mes questions que dans mon expériences !

	Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
	1	2	-3	2	2	-3
C_u	2	3	3	-2	-2	-2
	3	1	-4	1	1	1



http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA –la question est un contraste ?



1. *Hypothesis 1 :*
   – Groups for which the context at test matches the context during learning (*i.e.,* is the **same** or is simulated by **imaging** or **photography**) will perform better than groups with a **different** or **placebo** contexts.
2. *Hypothesis 2 :*
   – The group with real context perform better than group with imagined context
3. *Hypothesis 3 :*
   – Group with any context will perform better than group with no context.

Hyp	SAME	DIFFERENT	IMAGERY	PHOTO	PLACEBO
1	2	-3	2	2	-3
2	3	3	-2	-2	-2
3	1	-4	1	1	1

contrasts	$\sum_j^k C_{uj} \times C_{vj}$
1 x 2	-5
1 x 3	15
2 x 3	-15

Pb des comparaisons multiples !

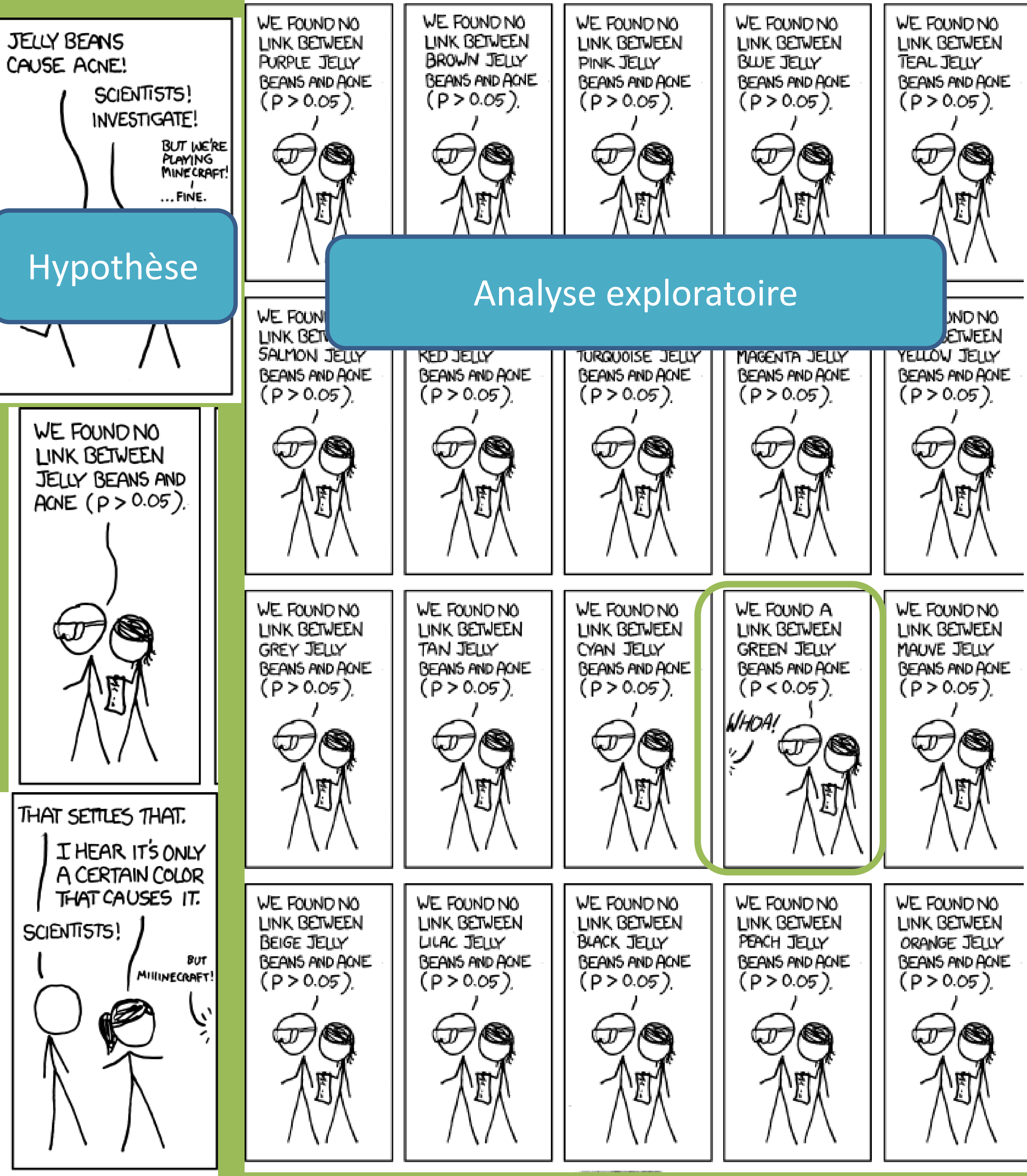
http://www.utdallas.edu/~herve/abdi-contrasts2010-pretty.pdf

ANOVA - Synthèse

- Toute analyse est un ensemble de contrastes
  - Les tests omnibus ou ceux portant sur des effets simples avec + de 2 VI, ne sont pas intéressants et ne répondent en général pas à des questions que l'on se pose.
  - Ils utilise un degré de liberté !
- Méthode
  - Poser chaque hypothèse sous forme de contraste (comparaison de modèle aussi)
  - Contrôler pour le nombre de questions
  - Contrôle pour l'orthogonalité des questions
  - Sinon, contrôler le seuil alpha – Comparaisons multiples

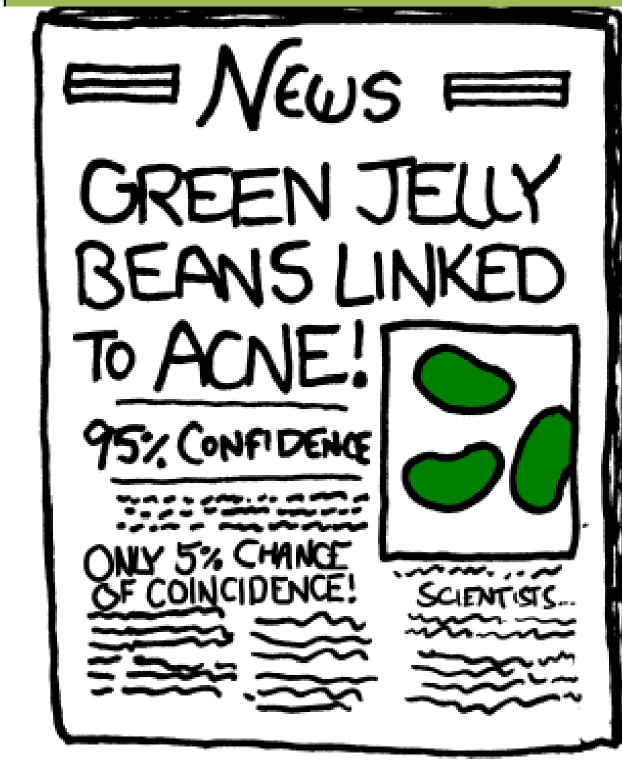
Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples
- Les problèmes
  - Trop de variables
  - Trop de modalités
  - Trop (ou pas) de questions
- Les solutions
  - « Soft control »
  - Imagerie : Permutation, RFT et FDR
  - Comparaisons planifiées (à priori)
  - Comparaisons on planifiées (à posteriori)



Hypothèse

Analyse exploratoire



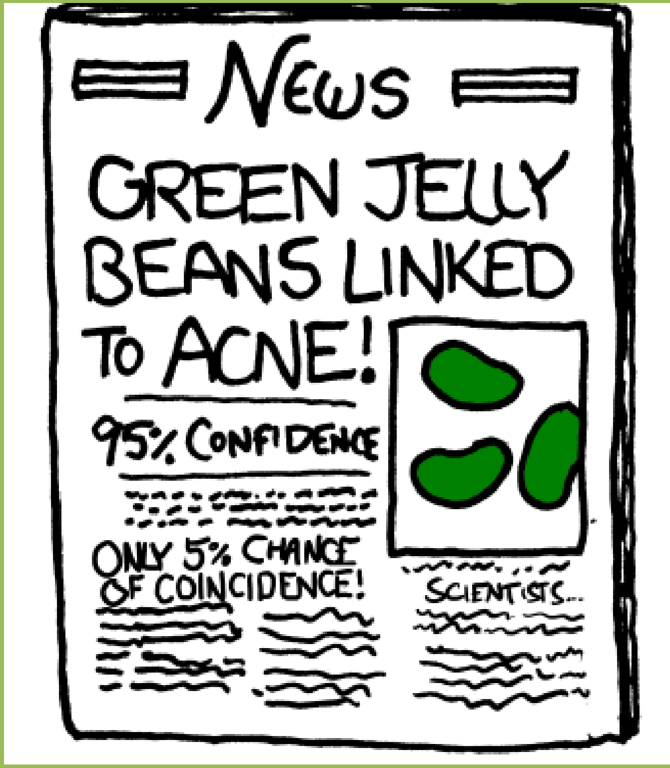
$$1 - (1 - \alpha)^{21} = 0{,}66$$

https://www.xkcd.com/882/

Comparaisons multiples

- Quel est le problème ?
- Pas d'hypothèses
- Test l'ensemble des possibles

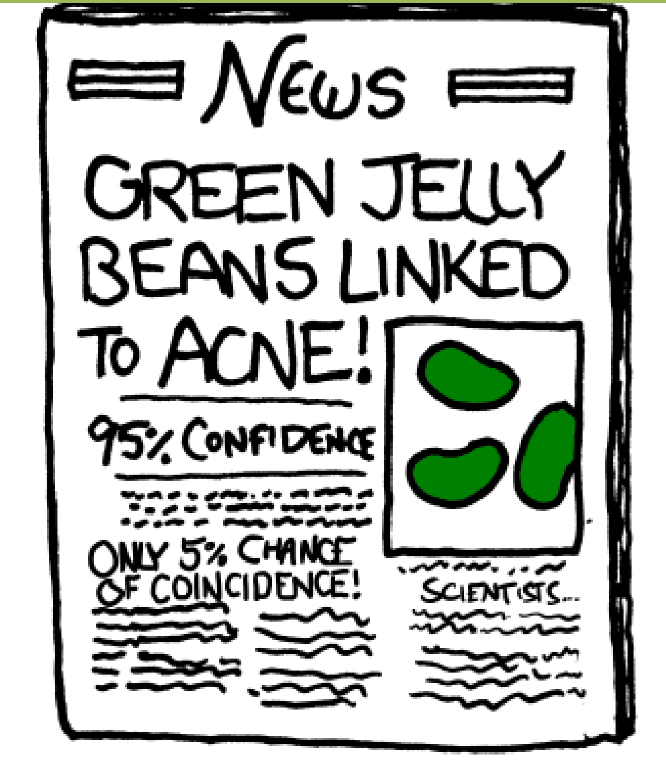
Quelle est la probabilité de trouver un effet ?



Comparaisons multiples

- Quel est le problème ?
- Pas d'hypothèses
- Test l'ensemble des possibles

Quelle est la probabilité de trouver un effet ?



NHST

- On compare une probabilité à une autre

$$p = P(Data|H_0) \gtreqless \alpha$$

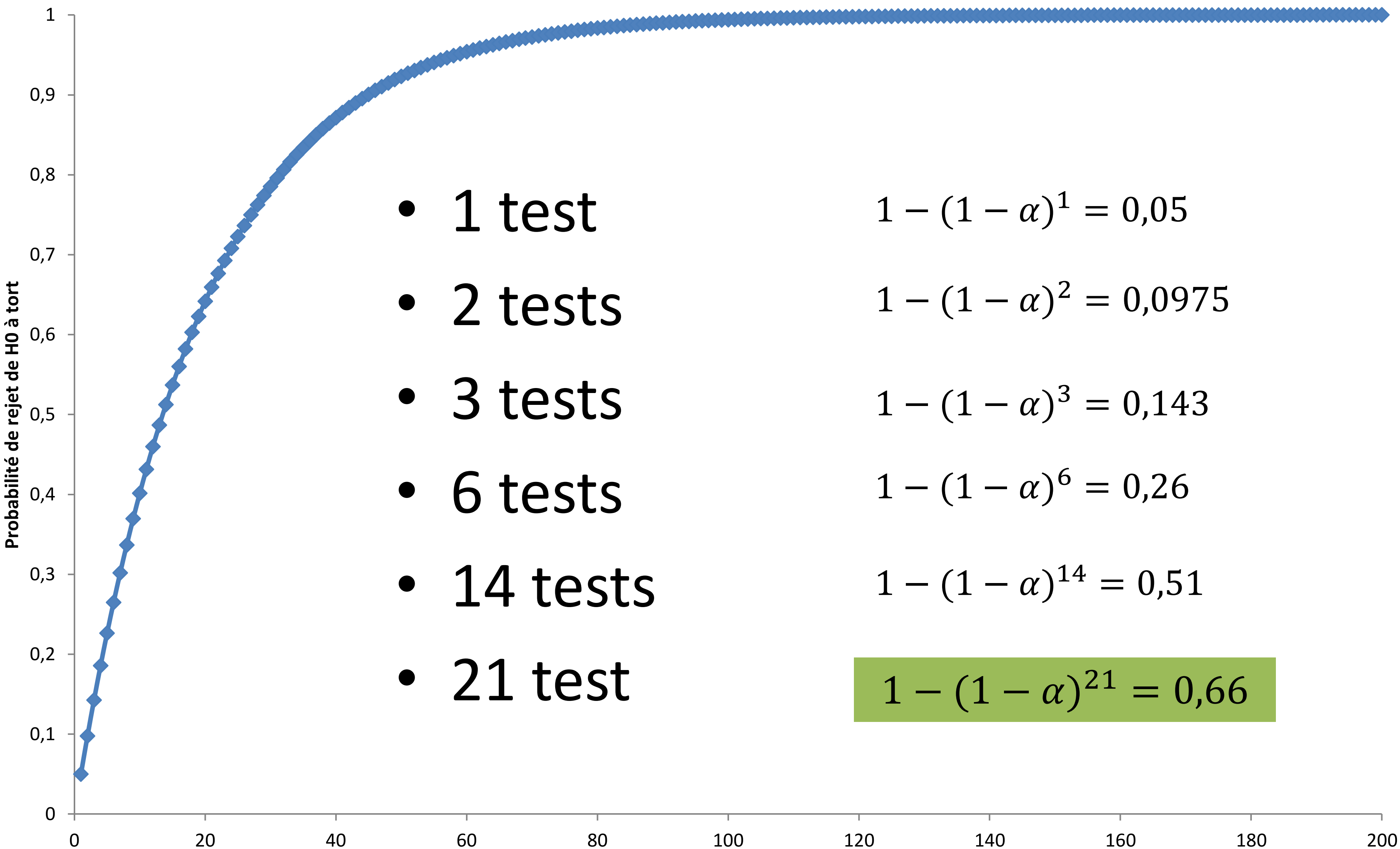
- Le seuil correspond au risque que l'on accepte de prendre lors de la prise de décision, plus ce risque est petit moins nous avons de chance de conclure à une effet alors qu'il n'existe pas.
- L'objectif est donc de choisir α le plus petit possible.

NHST

- Le complémentaire de α correspond au « risque » de ne pas se tromper en rejetant H_0. C'est la probabilité de ne pas faire d'erreur de type I.
- $(1-\alpha)^c$ est la probabilité de ne pas faire d'erreur lors de *c* tests sur les mêmes données et le risque d'erreur est alors de $\alpha_{EW} = 1-(1-\alpha)^c$

A la main !

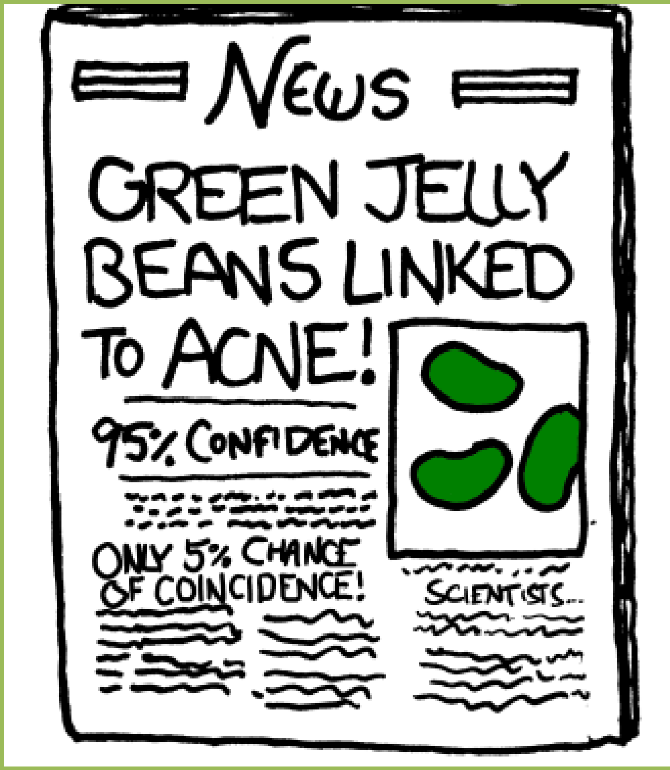
Tests multiples



- 1 test $1-(1-\alpha)^{1}=0{,}05$
- 2 tests $1-(1-\alpha)^{2}=0{,}0975$
- 3 tests $1-(1-\alpha)^{3}=0{,}143$
- 6 tests $1-(1-\alpha)^{6}=0{,}26$
- 14 tests $1-(1-\alpha)^{14}=0{,}51$
- 21 test $\boxed{1-(1-\alpha)^{21}=0{,}66}$

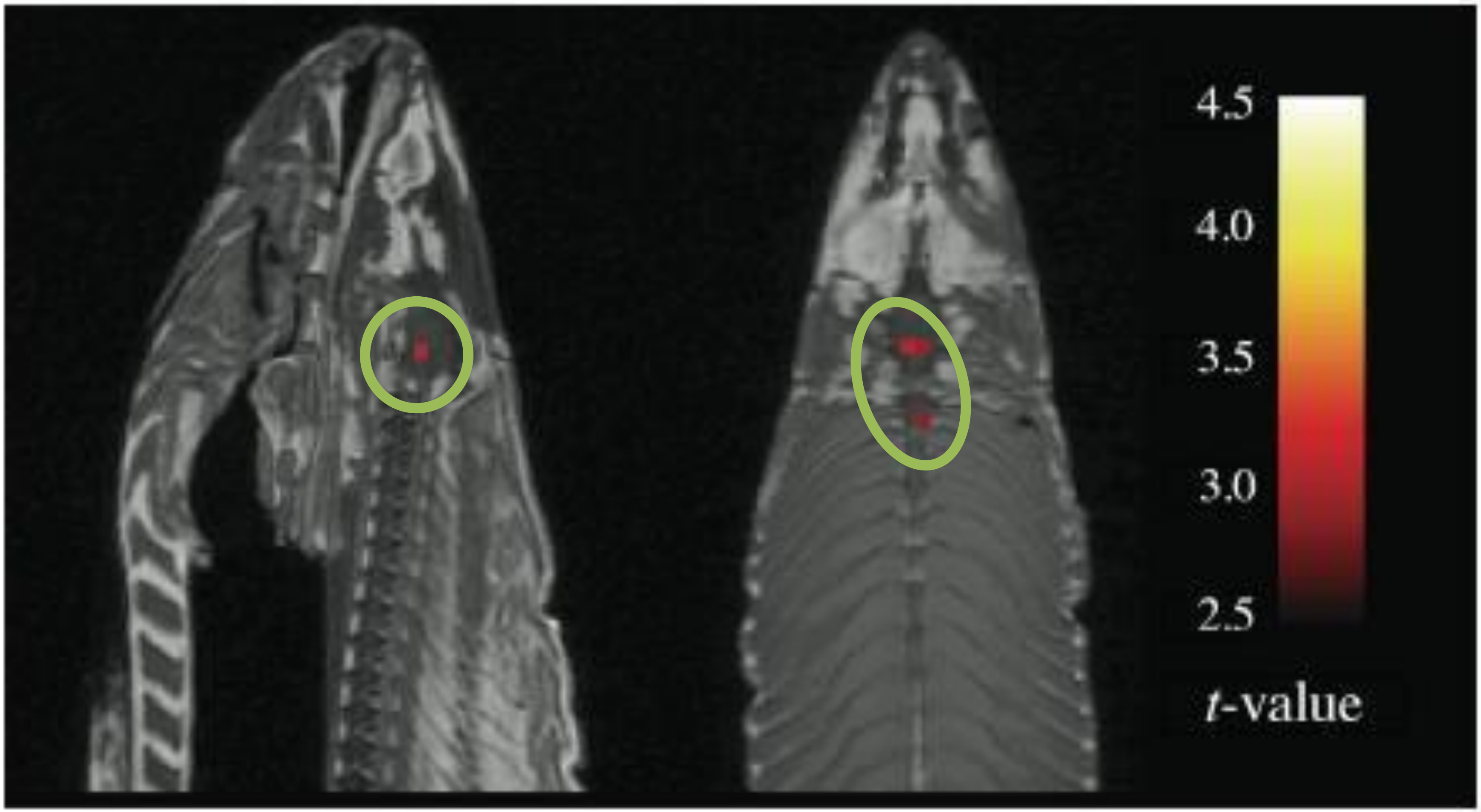
Comparaisons multiples

- Quel est le problème ?
- Pas d'hypothèses
- Test l'ensemble des possibles



$$1-(1-\alpha)^{21}=0{,}66$$

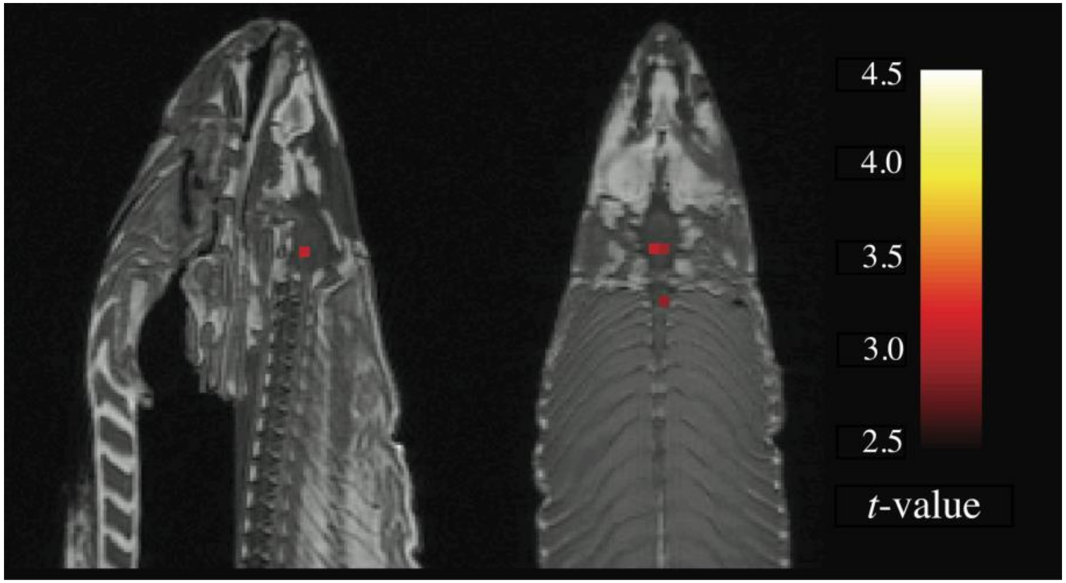
Comparaisons multiples - exemple 2



Craig M. Bennett, Abigail A. Baird, Michael B. Miller, George L. Wolford. (2010).Neural correlates of interspecies perspective taking in the post-mortem Atlantic Salmon: An argument for multiple comparisons correction. *Journal of Serendipitous and Unexpected Results.*

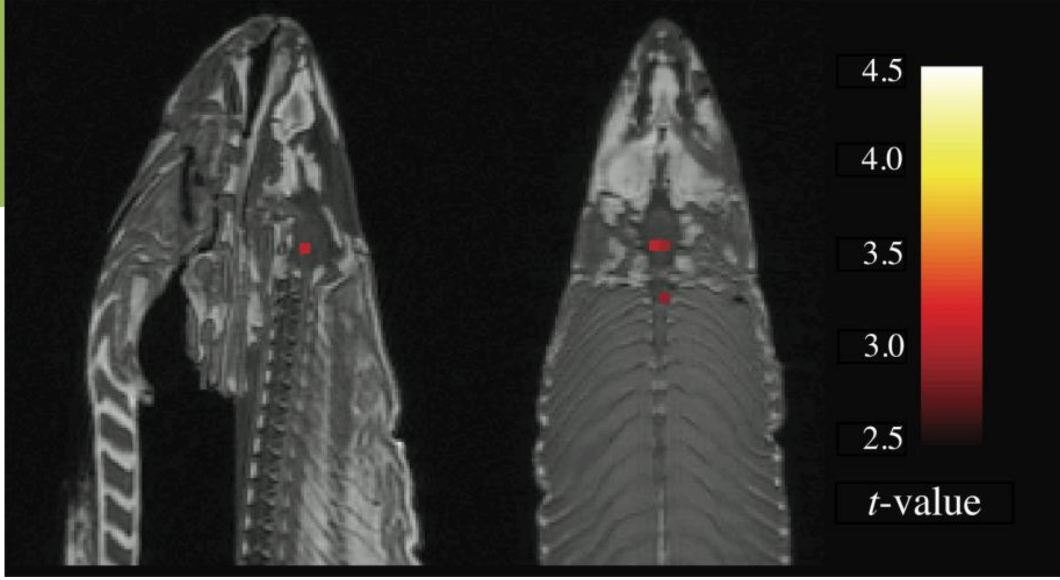
Comparaisons multiples - protocole

- Subject.
  - One mature Atlantic Salmon (Salmo salar) participated in the fMRI study.
  - The salmon was approximately 18 inches long, weighed 3.8 lbs, and **was not alive** at the time of scanning.
- Task.
  - The task administered to the salmon involved completing an open-ended mentalizing task. The salmon was shown a series of photographs depicting human individuals in social situations with a specified emotional valence. The salmon was asked to determine what emotion the individual in the photo must have been experiencing.
- Design.
  - Stimuli were presented in a block design with each photo presented for 10 seconds followed by 12 seconds of rest. A total of 15 photos were displayed. Total scan time was 5.5 minutes.

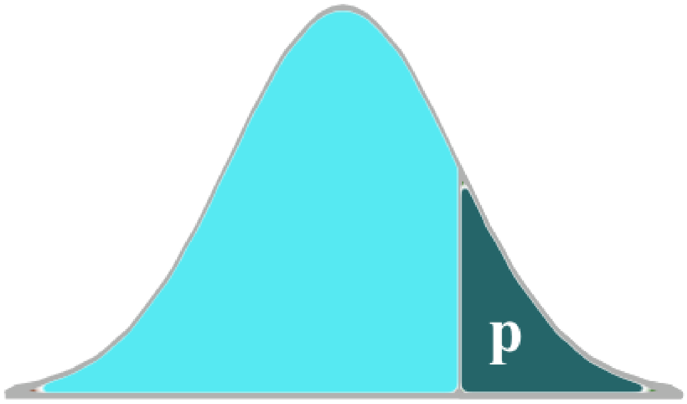


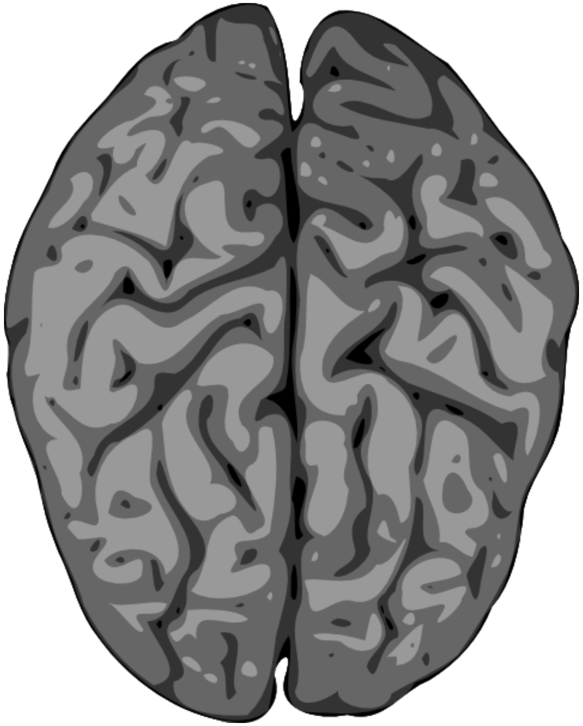
http://prefrontal.org/blog/2009/06/human-brain-mapping-2009-presentations/ http://prefrontal.org/blog/2009/09/the-story-behind-the-atlantic-salmon/

Comparaisons multiples



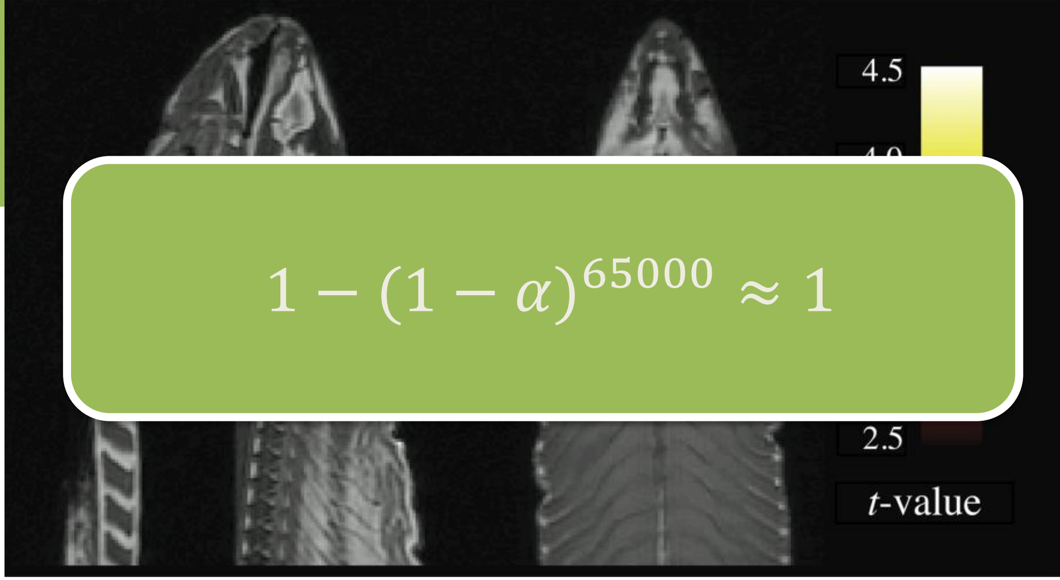
- Quel est le problème ?
- Pas d'hypothèses (localisation)
- Plusieurs voxels d'intérêt



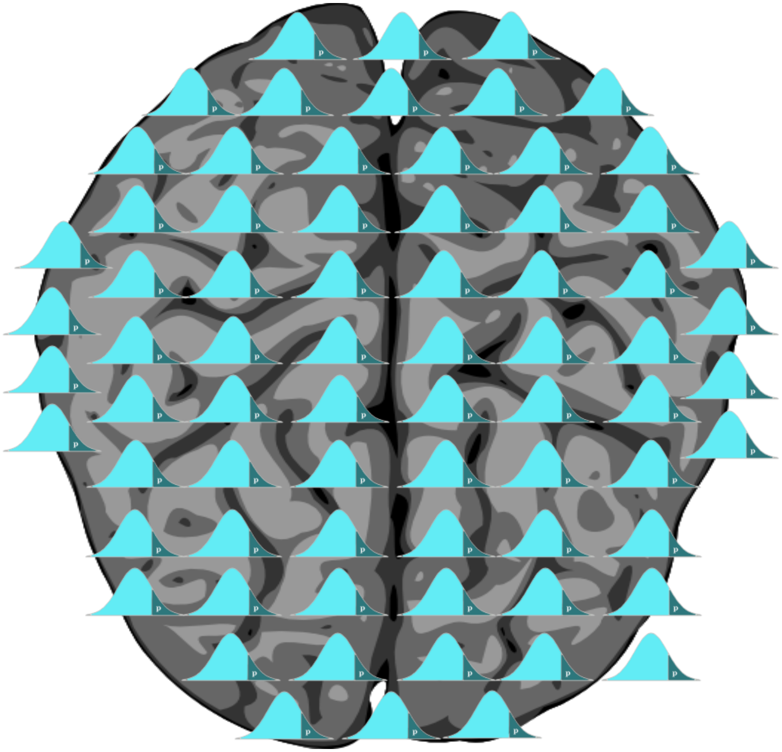


Comparaisons multiples

- Quel est le problème ?
- Pas d'hypothèses (localisation)
  - Plusieurs voxels d'intérêt
- Test l'ensemble des 65000 (saumon) à 130 000 (humain)Voxels possibles
  - **3000 faux positifs (erreur de type I)**



$$1-(1-\alpha)^{65000} \approx 1$$

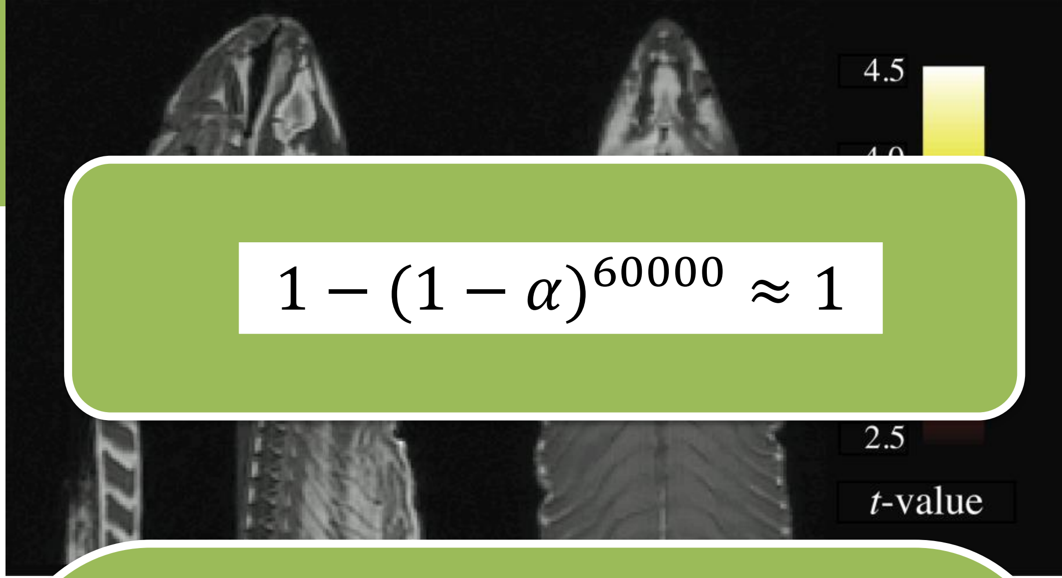


http://prefrontal.org/blog/2009/06/human-brain-mapping-2009-presentations/

http://prefrontal.org/blog/2009/09/the-story-behind-the-atlantic-salmon/

Comparaisons multiples

- Quel est le problème ?
- Pas d'hypothèses (localisation)
  - Plusieurs voxels d'intérêt
- Test l'ensemble des 65000 (saumon) à 130 000 (humain)Voxels possibles
  - **3000 faux positifs (erreur de type I)**



$$1-(1-\alpha)^{60000}\approx 1$$

"In fMRI, you have 160,000 darts, and so just by random chance, by the noise that's inherent in the fMRI data, you're going to have some of those darts hit a bull's-eye by accident,"

http://prefrontal.org/blog/2009/06/human-brain-mapping-2009-presentations/

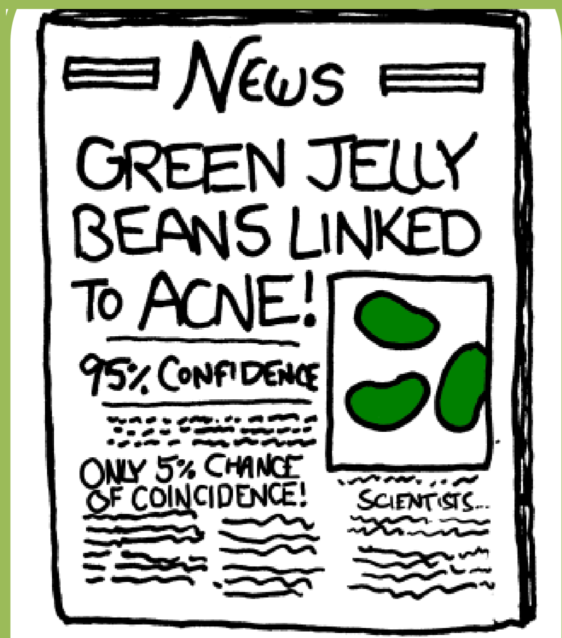
http://prefrontal.org/blog/2009/09/the-story-behind-the-atlantic-salmon/

Plan

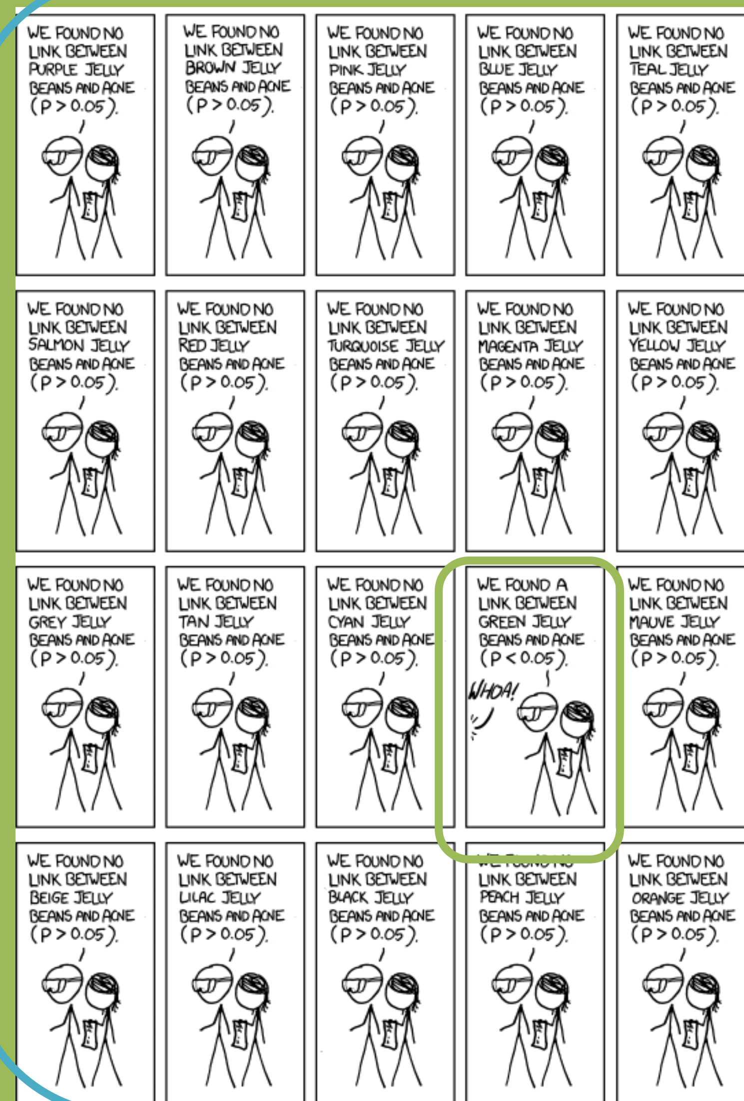
- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples
- Les problèmes
  - Trop de variables
  - Trop de modalités
  - Trop (ou pas) de questions
- Les solutions
  - Soft control
  - Imagerie : Permutation, RFT et FDR
  - Comparaisons planifiées
    - (à priori)
  - Comparaisons on planifiées
    - (à posteriori)

Comparaisons multiples - Solutions

- Pourquoi une différence entre comparaison planifiée et non planifiée ?



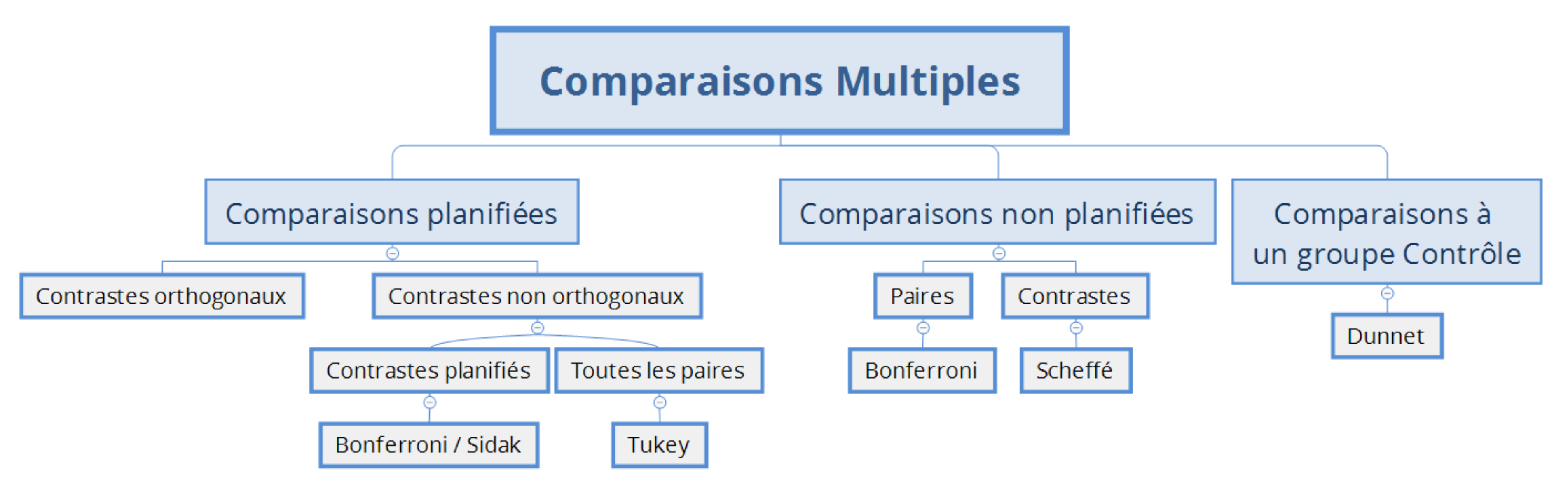
Planifiée (ok)



Non planifiée (pas ok)

Méthode

- Comparaisons planifiées vs non planifiées ?
  - Pour des comparaisons non planifiées, on suppose que toutes les différences ont été « observées » et seules les comparaisons pertinentes sont conservées.



Abdi, H. & Williams, L.J. (2010). Contrast analysis. In N.J. Salkind, D.M., Dougherty, & B. Frey (Eds.): *Encyclopedia of Research Design.* Thousand Oaks (CA): Sage. pp. 243-251.

Comparaisons multiples - Solutions

- Pourquoi une différence entre comparaison orthogonales et non orthogonales ?

Planifiée (ok)

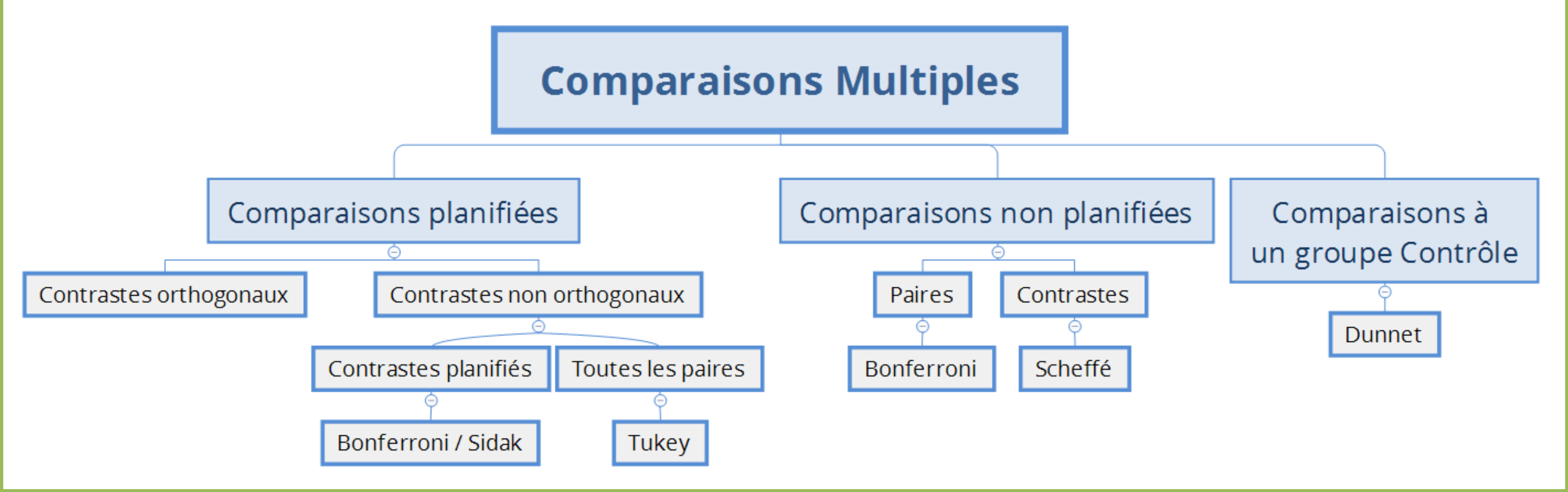
Source	df	SS	CM	F	p
inter	4	700	175	5,46875	0,0011
C1	1	675	675	21,09375	0,0000
C2	1	0	0	0	1,000
C3	1	20	20	0,625	0,433
C4	1	5	5	0,15625	0,695
intra	45	1440	32		
Total	49	2140			

Non planifiée (pas ok)

Source	df	SS	CM	F	p
inter	4	700	175	5,46875	0,0011
C1	1	675	675	21,09375	0,000
C2	1	8,33	8,33	0,260417	0,612
C3	1	200	200	6,25	0,016
intra	0	0	0		
Total	4	700			

Méthode

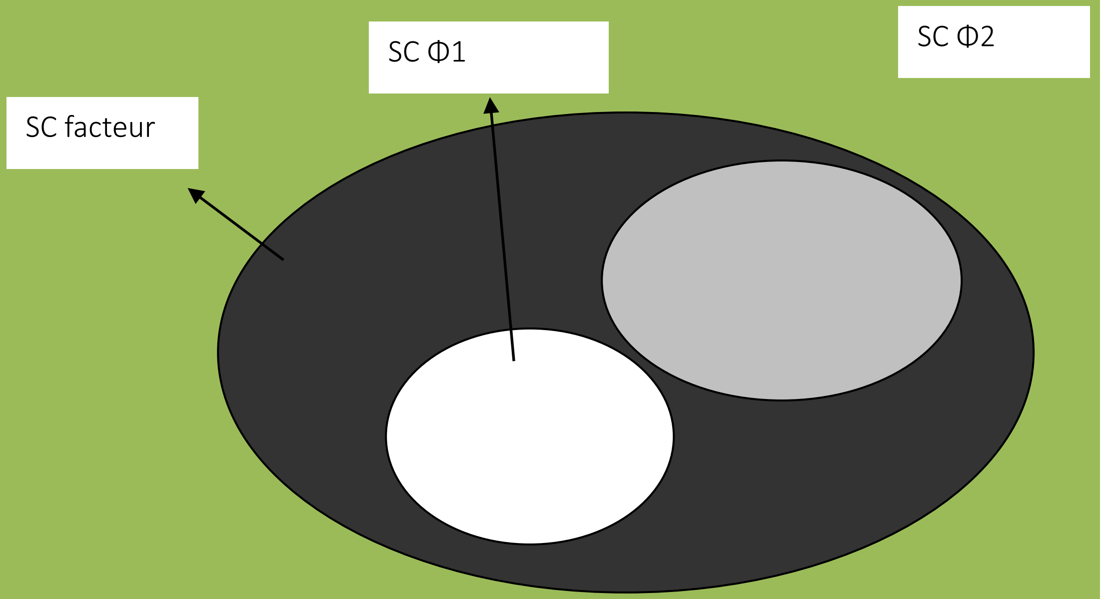
- Comparaisons planifiées vs non planifiées ?
  - Pour des comparaisons non planifiées, on suppose que toutes les différences ont été « observées » et seules les comparaisons pertinentes sont conservées.

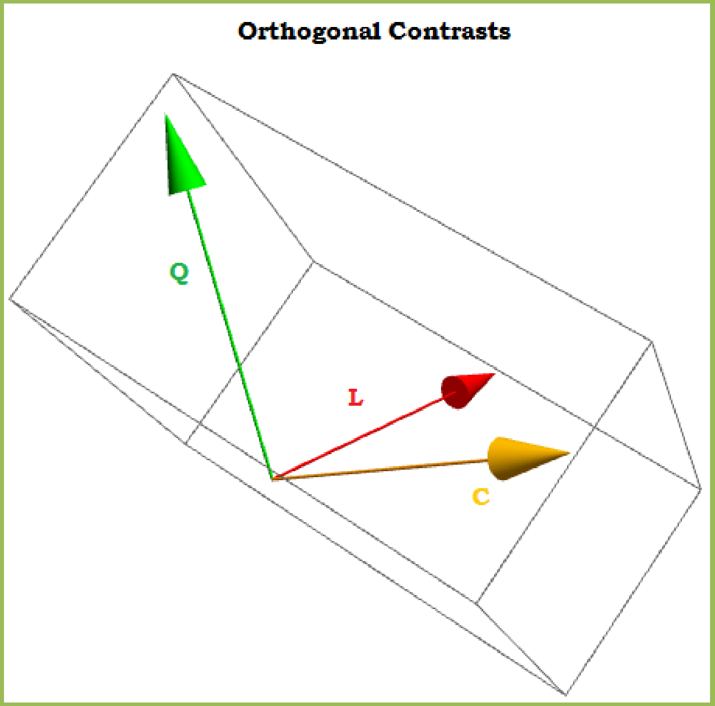


Abdi, H. & Williams, L.J. (2010). [Contrast analysis.](#) In N.J. Salkind, D.M., Dougherty, & B. Frey (Eds.): *Encyclopedia of Research Design.* Thousand Oaks (CA): Sage. pp. 243-251.

Comparaisons multiples – orthogonaux ?

- Orthogonalité des contrastes ?
  - Deux contrastes sont dits orthogonaux s'ils expliquent des parts différentes de la variabilité du facteur





$$\sum_{j}^{k} C_{uj} \times C_{vj} = 0$$

Pour un facteur à k modalités on peut trouver au maximum (k-1) contrastes orthogonaux.

Méthode - contrastes orthogonaux

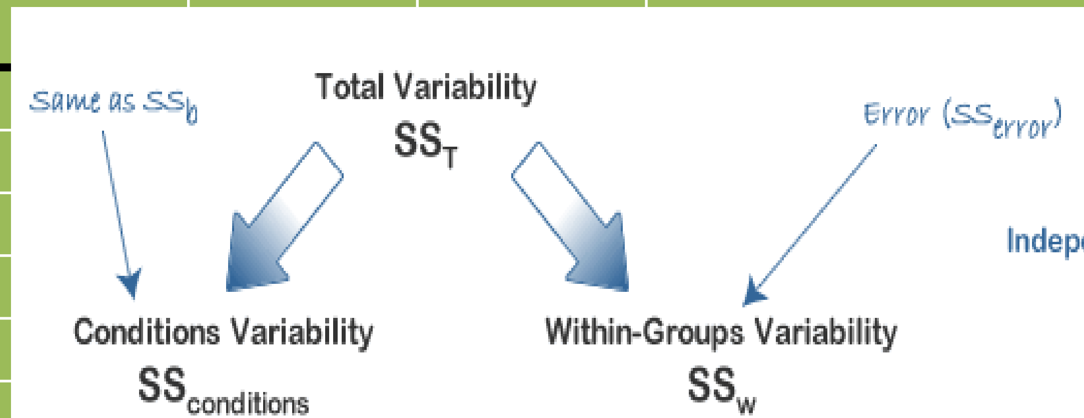
- Correction pour des comparaisons planifiées par contrastes orthogonaux
  - Probabilité d'une erreur de type I : $\alpha = P(RH_0 | H_0 vraie)$

- Si les contrastes sont orthogonaux et les comparaisons planifiées alors la variance totale est décomposée par les contrastes.
  - Pas besoin de correction
    - Attention, les interactions, les effets simples et les effets principaux (Cours de D. Muller) sont aussi des contrastes !

ANOVA – je peux poser autant de question que je veux ?

- Une question = 1 contraste

Source	df	SS			
inter	4	700			
C1	1	675			
C2	1	0			
C3	1	20			
C4	1	5			
intra	45	1440	32		
Total	49	2140			



- Je peux poser autant de questions qu'il me reste de degré de liberté sur mon effet.
  - Comme je décompose, la SC_{Totale}, je décompose l'effet (SC_{Inter}) en SC_{Ci} orthogonales.
  - Tous les contrastes doivent être orthogonaux entre eux (pour éviter les problèmes de redondance (variance partagée) entre les effets testés.

Méthode - contrastes non orthogonaux

- Correction pour des comparaisons planifiées par contrastes non orthogonaux $\alpha = P(RH_0|H_0 vraie)$

$$\alpha[PF] = 1(1-\alpha[PC])^C$$

$$\boxed{\sum_j^k C_{uj} \times C_{vj} \neq 0}$$

- Correction
  - Sidak $\alpha[PC] = 1(1-\alpha[PF])^{1/C}$
  - Bonferroni : $\alpha[PC] \approx \frac{\alpha[PF]}{C}$

$$\alpha[PC] = 1(1-\alpha[PF])^{1/C} \geq \frac{\alpha[PF]}{C}$$

Méthode - contrastes non orthogonaux

- A post
  -

Attention perte de puissance ! Erreur de type II !

- Correction
  - Sidak $\alpha[PC] = 1(1 - \alpha[PF])^{1/C}$
  - Bonferroni : $\alpha[PC] \approx \dfrac{\alpha[PF]}{C}$

$$\alpha[PC] = 1(1 - \alpha[PF])^{1/C} \geq \frac{\alpha[PF]}{C}$$

Méthode - contrastes non orthogonaux

- Correction pour des comparaisons planifiées par contrastes non orthogonaux
  - Pour comparer toutes les moyennes 2 à 2
    - Tukey --> Attention les groupes doivent être équilibrés, sinon le test de Tukey n'est pas adéquat.
    - Le t de Tukey se calcule comme suit
    - Et le t observé se compare à la valeur critique obtenue dans la table du Q de Tukey
      - Avec *k* le nombre de groupes et *N* la taille totale des échantillons

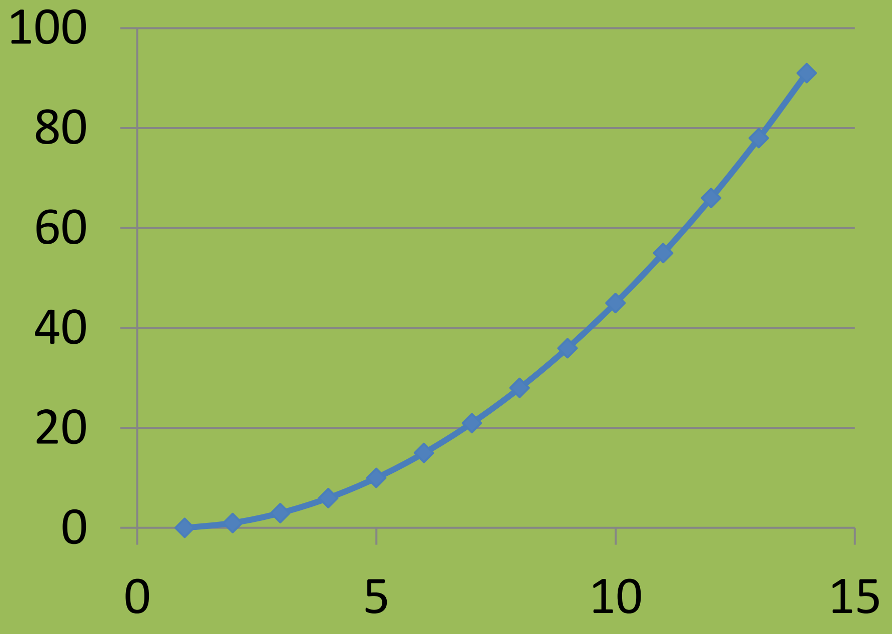
Orthogonaux = planifiées !

- Combien de comparaisons par paires ?
  - avec k moyennes, il est possibles de construire

    $c = 0.5k(k-1)$ paires !

Un plan 3x3x3 -> 36 comparaisons

36 comparaisons = 84% de chances d'avoir un test significatif.



Pour un facteur à K modalités on peut trouver au maximum (k-1) contrastes orthogonaux.

Méthode - contrastes non orthogonaux

- Correction pour des comparaisons planifiées par contrastes non orthogonaux
  - Pour comparer toutes les moyennes 2 à 2
    - Tukey --> Attention les groupes doivent être équilibrés, sinon le test de Tukey n'est pas adéquat.
    - Le t de Tukey se calcule comme suit

$$t = \frac{|\overline{Y_u} - \overline{Y_v}|}{\sqrt{CM_{erreur}(\frac{1}{n_u} + \frac{1}{n_v})}}$$

Procédure conservatrice

- Et le t observé se compare à la valeur critique obtenue dans la table du Q de Tukey $q_\alpha(k, N-k)$
  - Avec *k* le nombre de groupes et *N* la taille totale des échantillons

Méthode - contrastes non orthogonaux

- Correction pour des comparaisons planifiées par

TABLE: Q SCORES FOR TUKEY'S METHOD

$\alpha = 0.05$

df \ k	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18.0	27.0	32.8	37.1	40.4	43.1	45.4	47.4	49.1
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
120	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
∞	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47

$\alpha = 0.01$

df \ k	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	90.0	135	164	186	202	216	227	237	246
2	13.90	19.02	22.56	25.37	27.76	29.86	31.73	33.41	34.93
3	8.26	10.62	12.17	13.32	14.24	15.00	15.65	16.21	16.71
4	6.51	8.12	9.17	9.96	10.58	11.10	11.54	11.92	12.26
5	5.70	6.98	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24
6	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10
7	4.95	5.92	6.54	7.00	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37
8	4.75	5.64	6.20	6.62	6.96	7.24	7.47	7.68	7.86
9	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.33	7.49
10	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21
11	4.39	5.15	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99
12	4.32	5.05	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81
13	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67
14	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54
15	4.17	4.84	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44
16	4.13	4.79	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35
17	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27
18	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20
19	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14
20	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09
24	3.96	4.55	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92
30	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76
40	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.26	5.39	5.50	5.60
60	3.76	4.28	4.59	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45
120	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30
∞	3.64	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16

Méthode - contrastes non orthogonaux

- Correction pour des comparaisons planifiées par contrastes non orthogonaux
  - Pour comparer toutes les moyennes 2 à 2
    - Tukey --> Attention les groupes doivent être équilibrés, sinon le test de Tukey n’est pas adéquat.
    - Bonferroni --> aucune condition d’application pour utiliser une correction de Bonferroni, mais si les tests ne sont pas indépendants, la correction est trop forte et la puissance est trop faible.

$$\alpha[PC] = \frac{\alpha[PF]}{C} \text{ avec C le nombre de comparaisons}$$

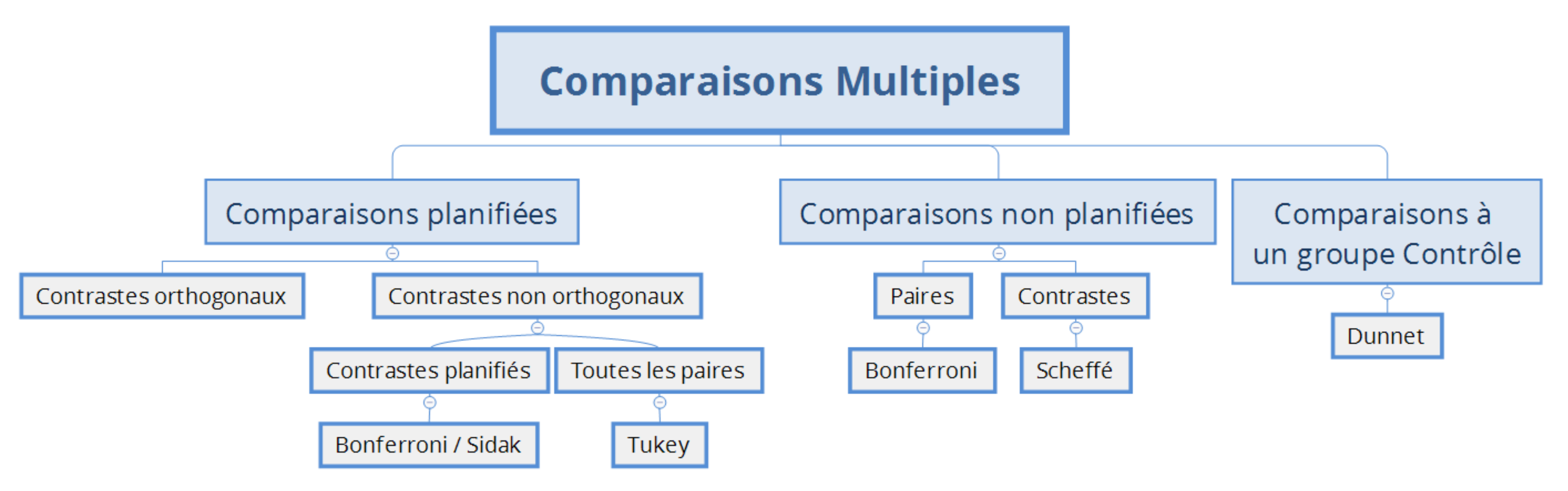
  - Les améliorations du Bonferroni sont le test de Sidak (ou GT2).

Méthode - contrastes non orthogonaux

- Correction pour des comparaisons planifiées par contrastes non orthogonaux
  - Pour comparer toutes les moyennes 2 à 2
    - **Tukey** --> Attention les groupes doivent être équilibrés, sinon le test de Tukey n'est pas adéquat.
    - Bonferroni → aucune condition pour utiliser une correction de Bonferroni, mais si les tests ne sont pas indépendants la corrélation est trop forte et la puissance est trop faible.

Méthode

- Comparaisons planifiées vs non planifiées ?
  - Pour des comparaisons non planifiées, on suppose que toutes les différences ont été « observées » et seules les comparaisons pertinentes sont conservées.



Abdi, H. & Williams, L.J. (2010). Contrast analysis. In N.J. Salkind, D.M., Dougherty, & B. Frey (Eds.): *Encyclopedia of Research Design.* Thousand Oaks (CA): Sage. pp. 243-251.

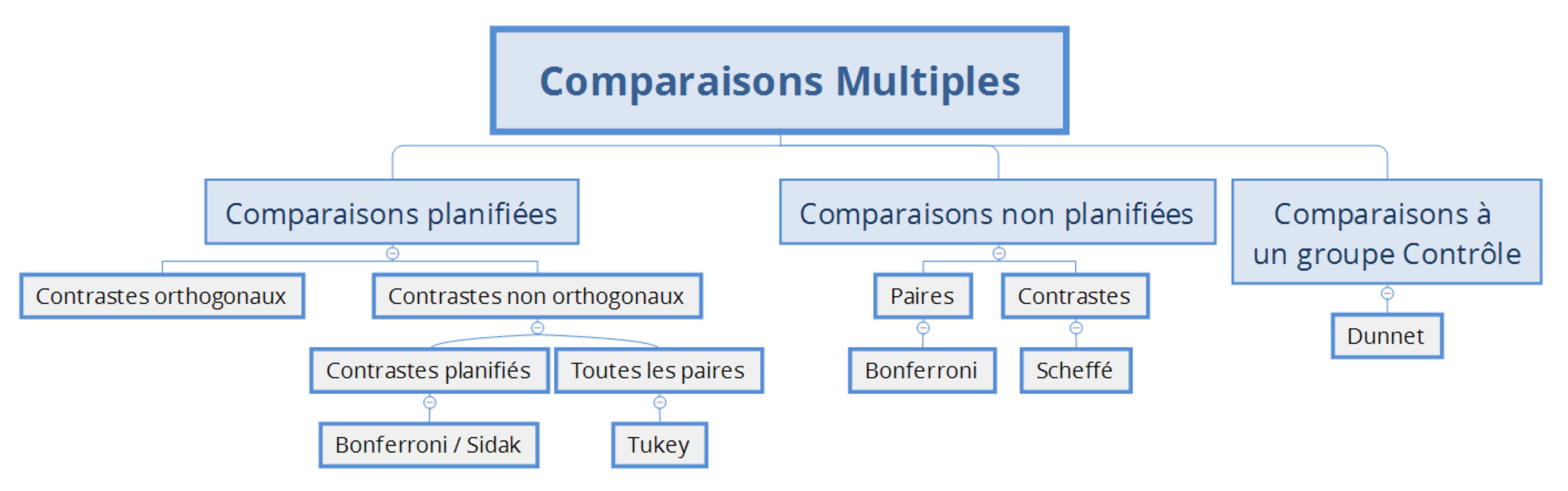
Comparaisons multiples non planifiées

- Correction à *posteriori*
  - Test de Scheffé $F_{crit}(\text{Scheffé}) = (k-1)F_{crit}$
    - Avec F_{crit}, le F critique du test omnibus et *k* le nombre de modalités
    - Ou $F_{\psi} \approx F(k-1;\nu)$, le F calculé pour le contraste ψ est comparé à un F avec k-1 et ν ddl. ν étant le nombre de ddl de l'erreur.

L'analyse de comparaisons non planifiées suppose que nous devons corriger pour toutes les comparaisons possibles.
Car nous n'analysons que les données qui ont l'air intéressantes.
Donc, toutes ont été « implicitement » observées.

Méthode

- Comparaisons planifiées vs non planifiées ?
  – Pour des comparaisons non planifiées, on suppose que toutes les différences ont été « observées » et seules les comparaisons pertinentes sont conservées.



Abdi, H. & Williams, L.J. (2010). Contrast analysis. In N.J. Salkind, D.M., Dougherty, & B. Frey (Eds.): *Encyclopedia of Research Design.* Thousand Oaks (CA): Sage. pp. 243-251.

Comparaisons multiples non planifiées

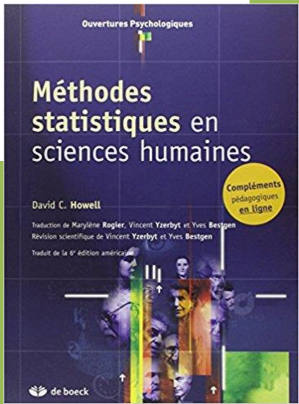
- Pour comparer les moyennes à un contrôle
  - Test de Dunnet
    - Test similaire au Tukey, mais
      - Un terme d’erreur adapté à la comparaison à un groupe contrôle
      - Une distribution sous H_0 spécifique

Concrètement

Test	Error Rate	Comparison	Type	A Priori/ Post Hoc
1. Individual t tests	PC	Pairwise	t	A priori
2. Linear contrasts	PC	Any contrasts	F	A priori
3. Bonferroni t	FW	Any contrasts	$t^{\ddagger}$	
4.				
5.				
6.				
7.				
8. Tukey HSD	FW	Pairwise§	Range‡	
9. Sheffé's test	FW	Any contrasts	$F^{\ddagger}$	
10.Dunnett's test	FW	With control	$F^{\ddagger}$	

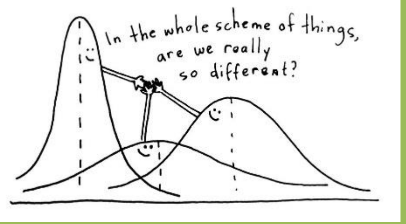
†Against complete null hypothesis
‡Modified

Procédures classiques



Chapitre 12.10

ANOVA – Effet/erreur



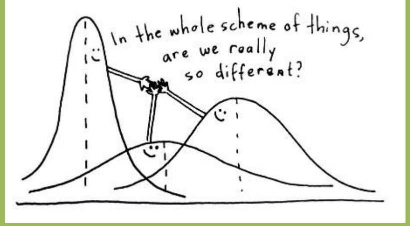
- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale

- Quand vous comparer les moyennes vous comparez à la fois les différences de moyennes et les différences de variances

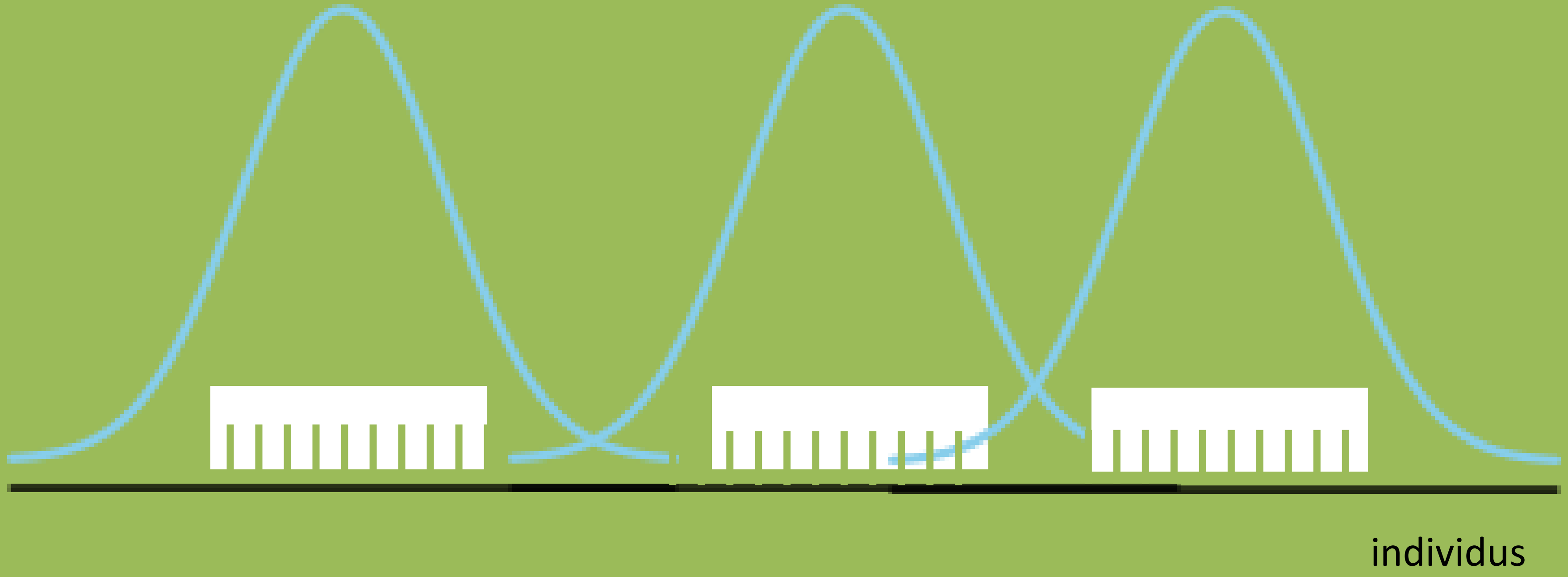
Comment estimer l'effet ?

Comment estimer l'erreur ?

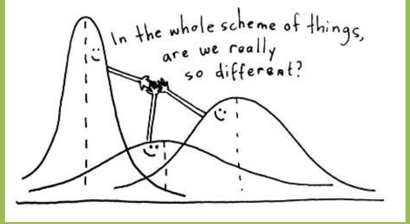
ANOVA – Effet/erreur



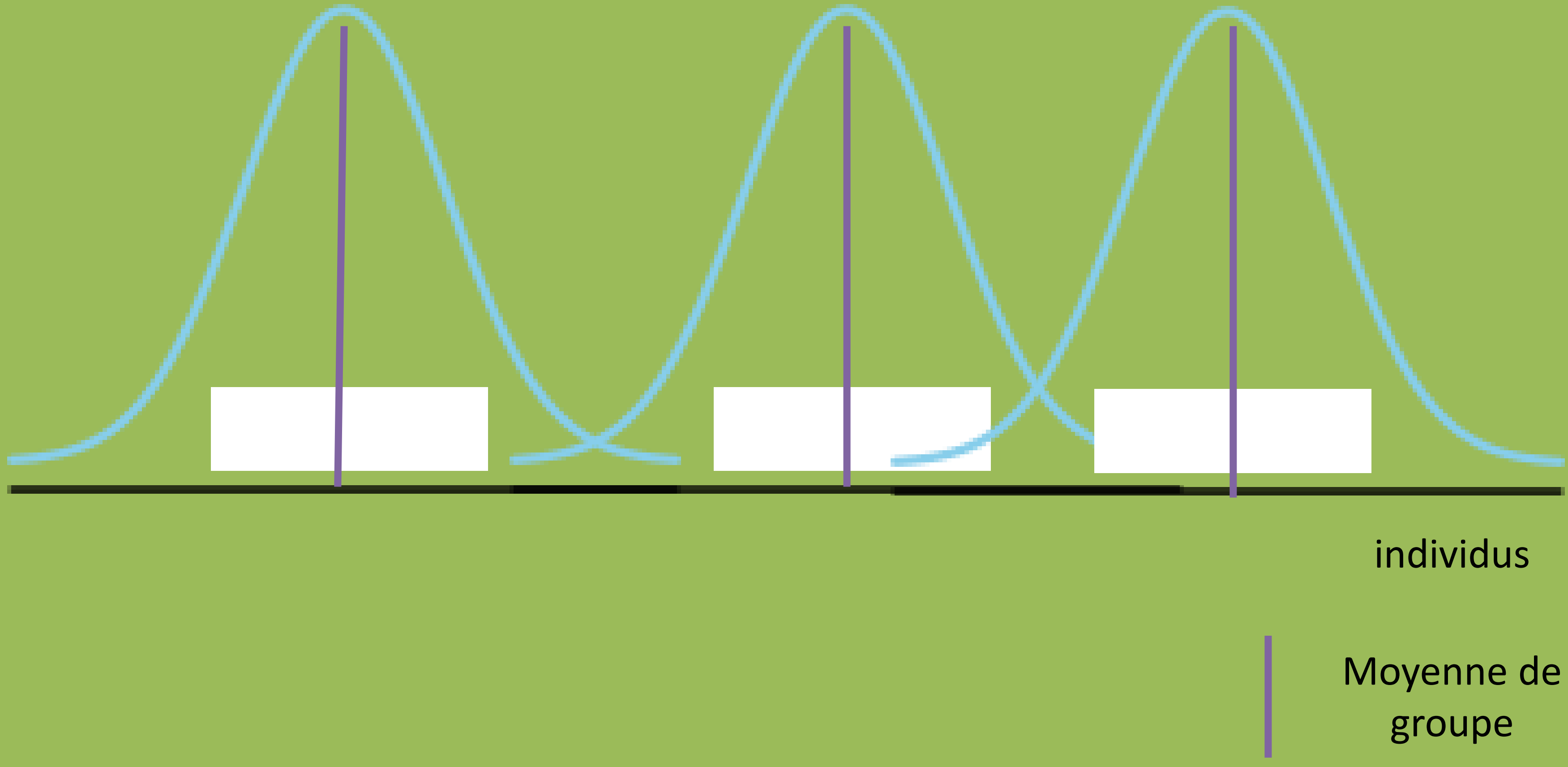
- Estimer l'erreur



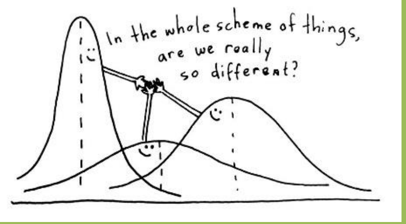
ANOVA – Effet/erreur



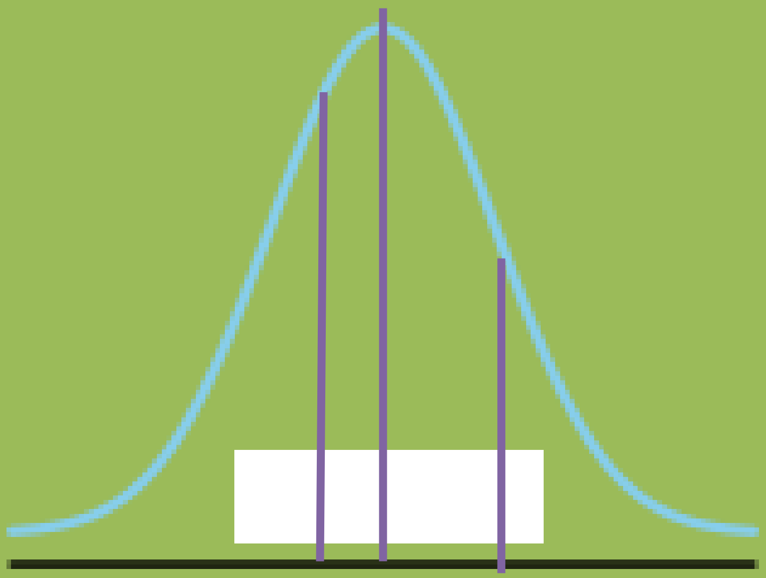
- Estimer l'effet



ANOVA – Effet/erreur



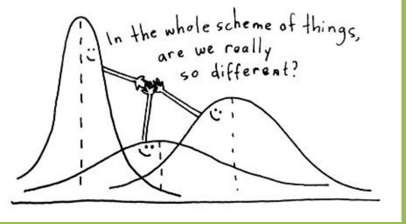
- Estimer l'effet ou pas
  - L'absence !



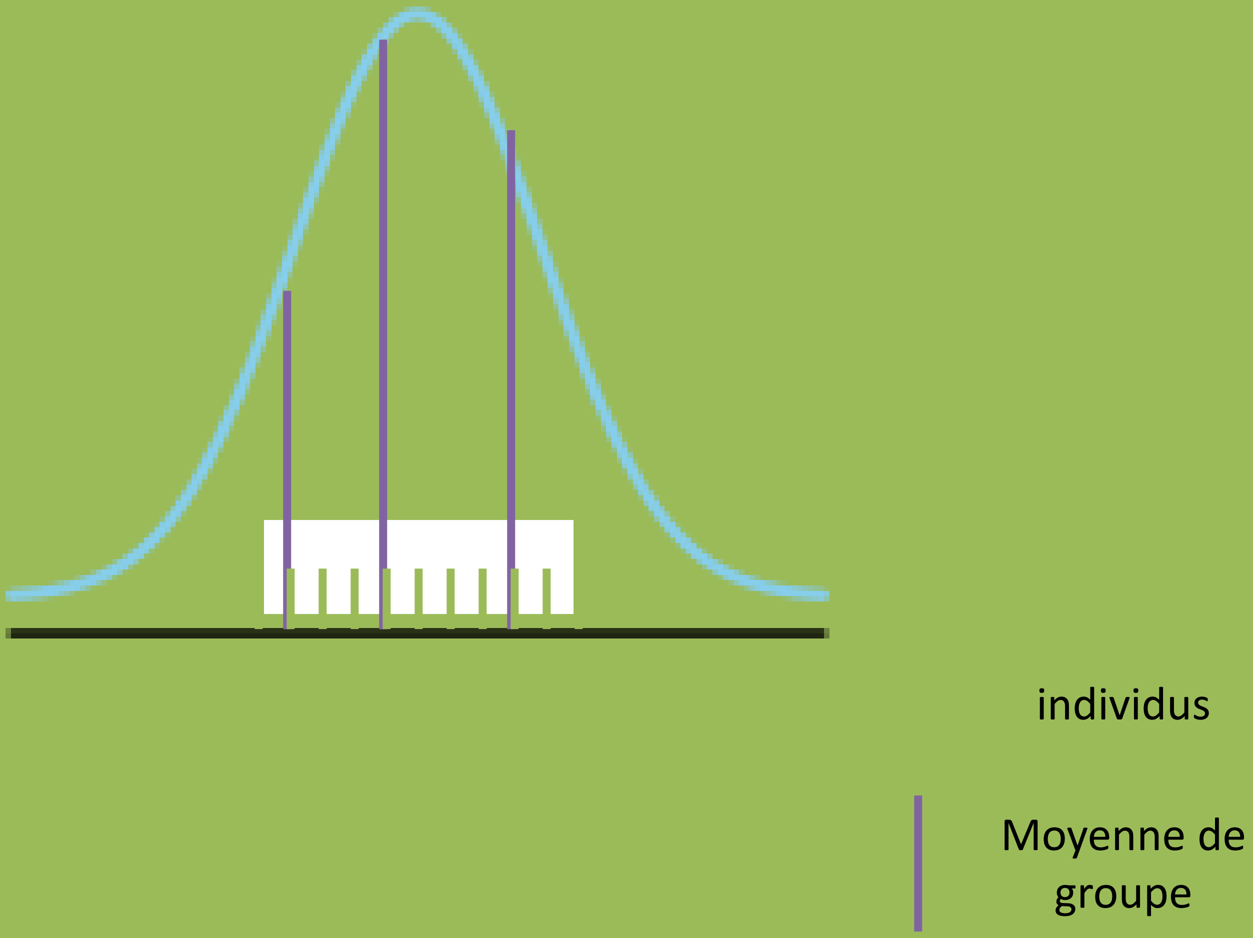
individus

Moyenne de groupe

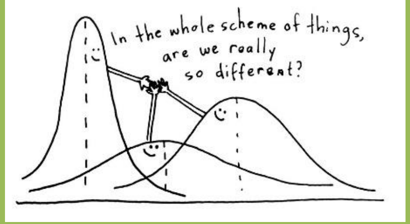
ANOVA – Effet/erreur



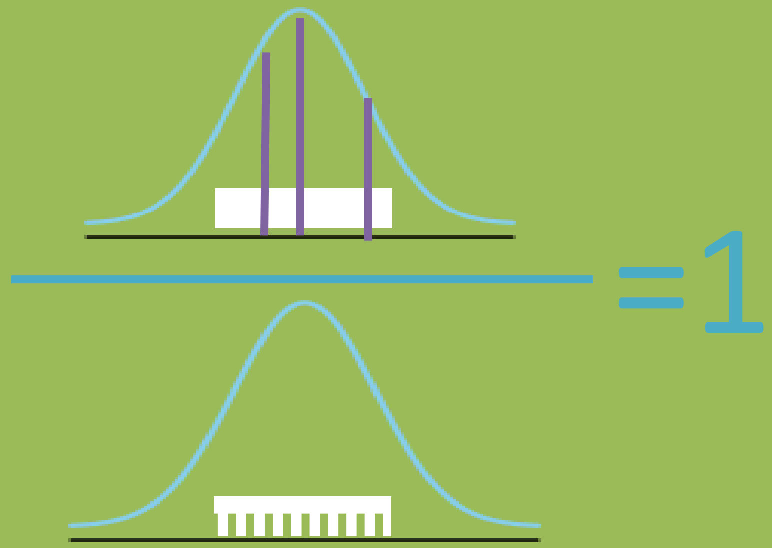
- Si pas d'effet, deux manières d'estimer l'erreur !



ANOVA – Effet/erreur



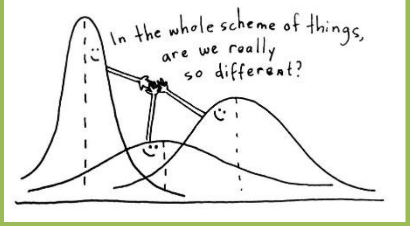
- Si pas d’effet, on peut les comparer



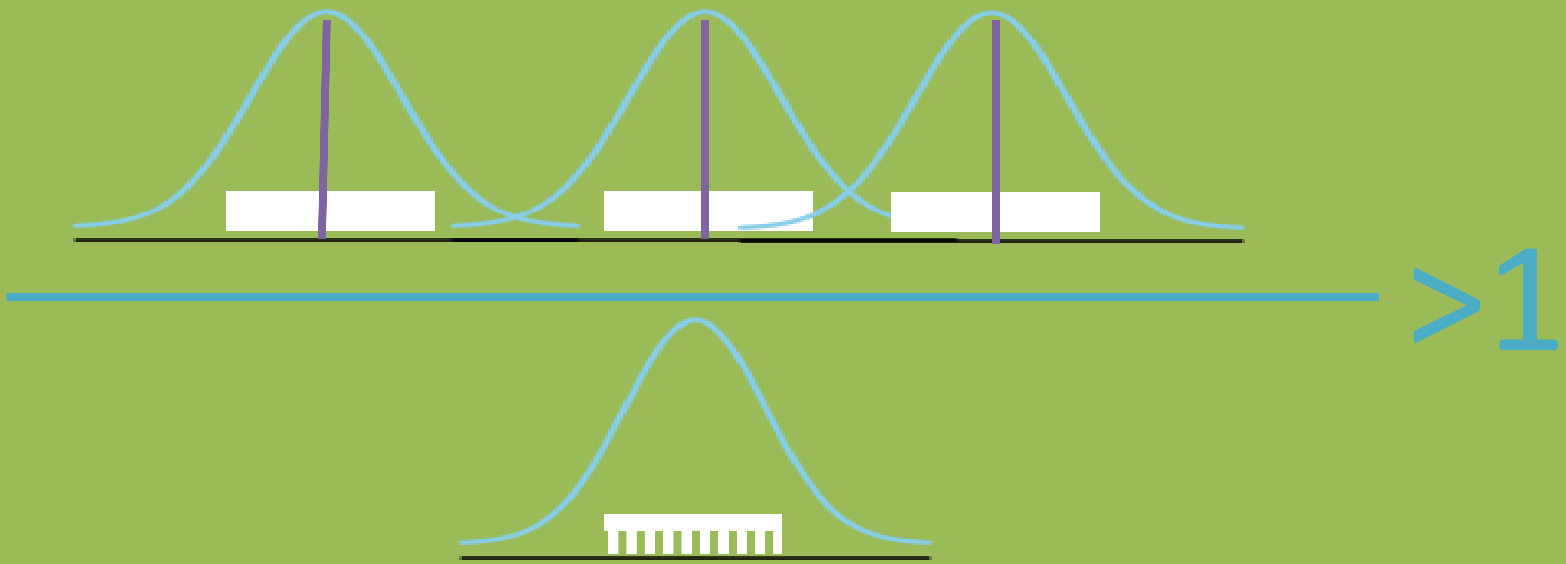
individus

Moyenne de groupe

ANOVA – Effet/erreur



- Si un effet, on peut aussi les comparer



individus

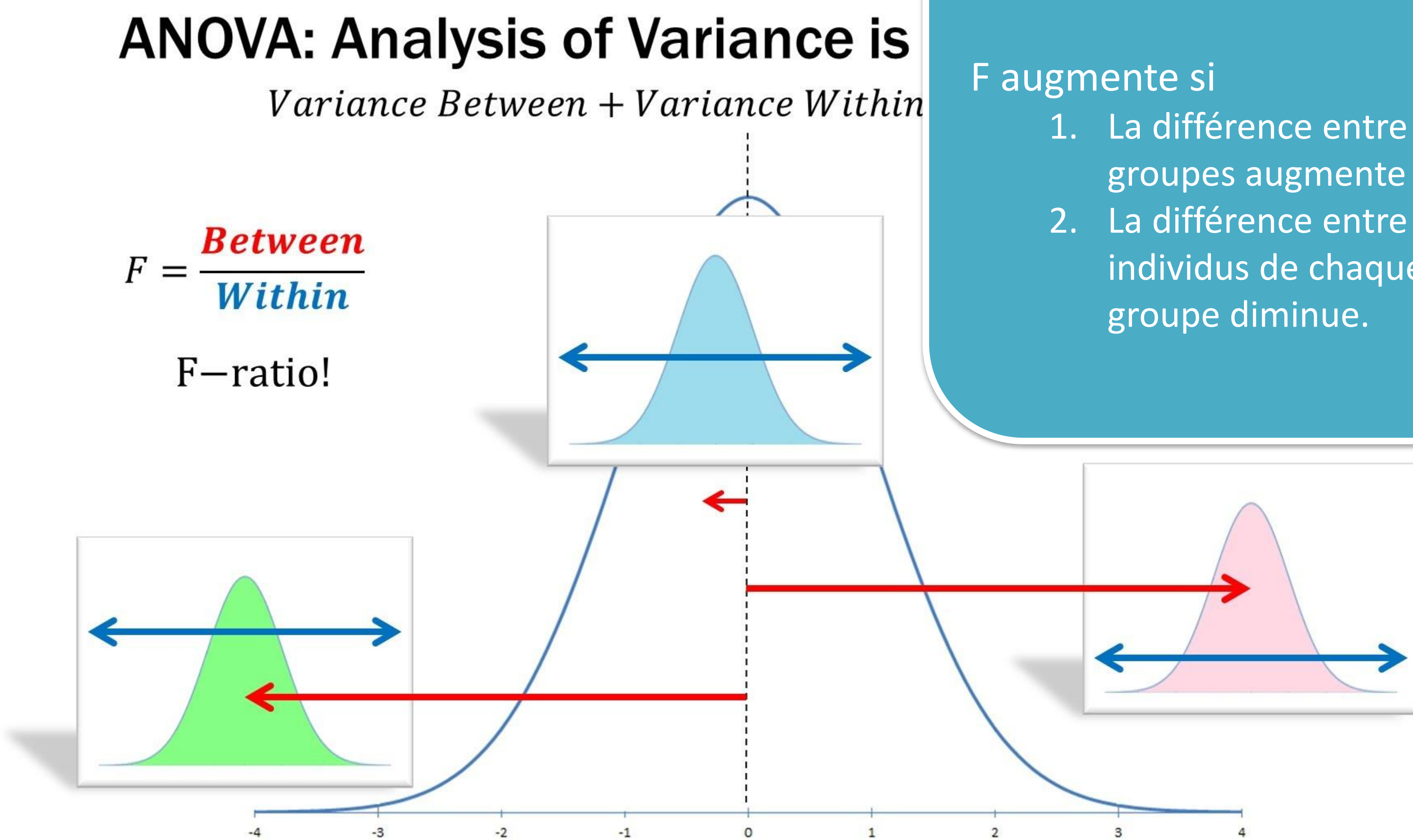
Moyenne de groupe

ANOVA – F

Le F est une statistique qui mesure la quantité de recouvrement entre les distributions.

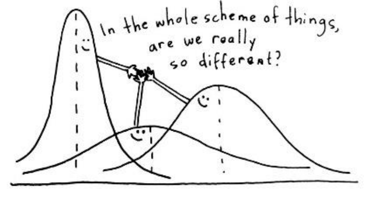
F augmente si

1. La différence entre les groupes augmente
2. La différence entre les individus de chaque groupe diminue.

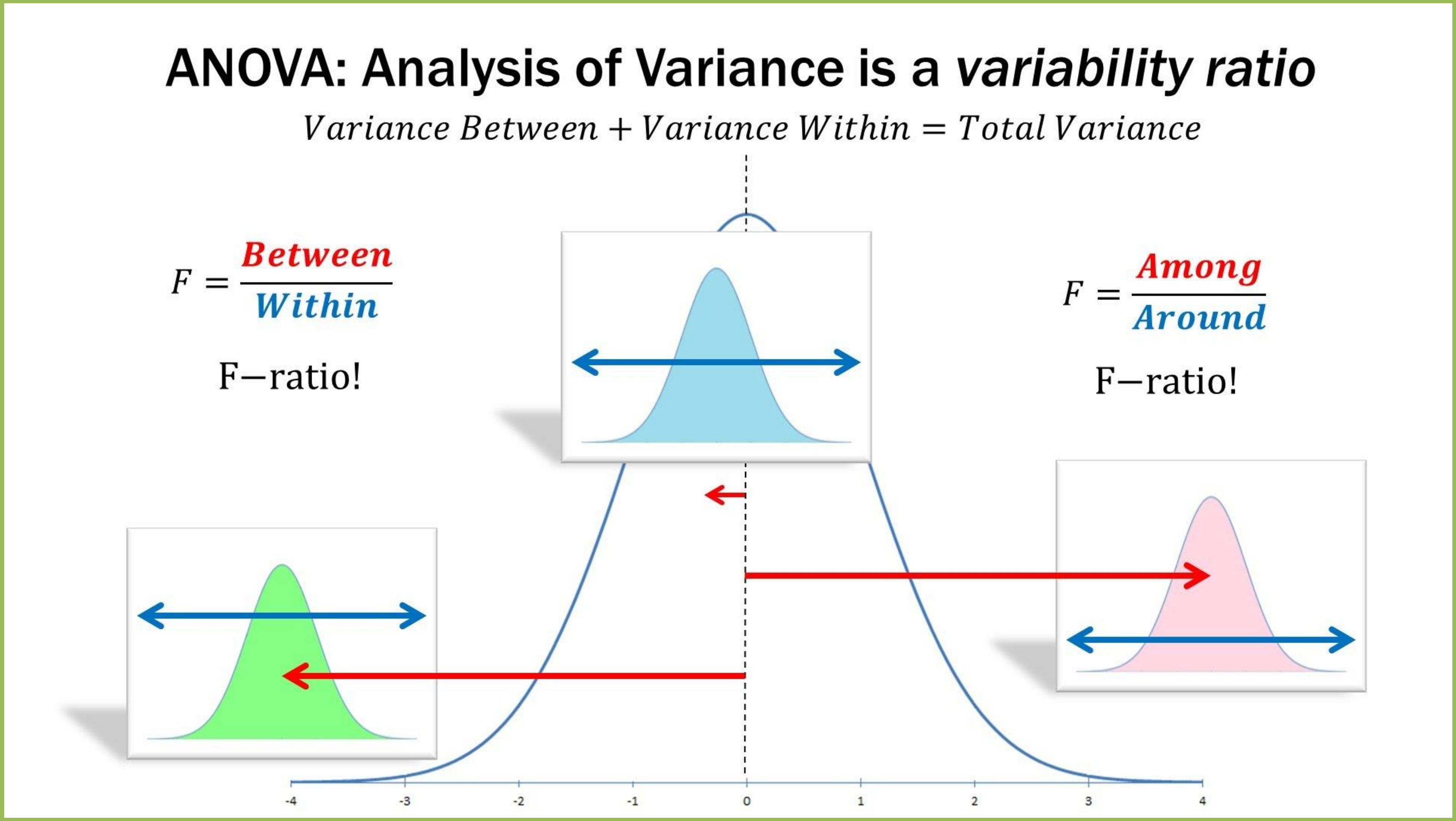


https://www.linkedin.com/pulse/anova-analysis-variance-kumar-p/

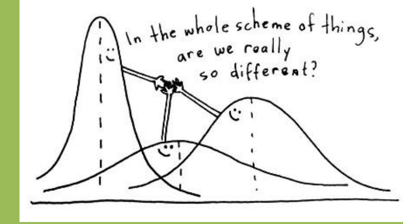
ANOVA



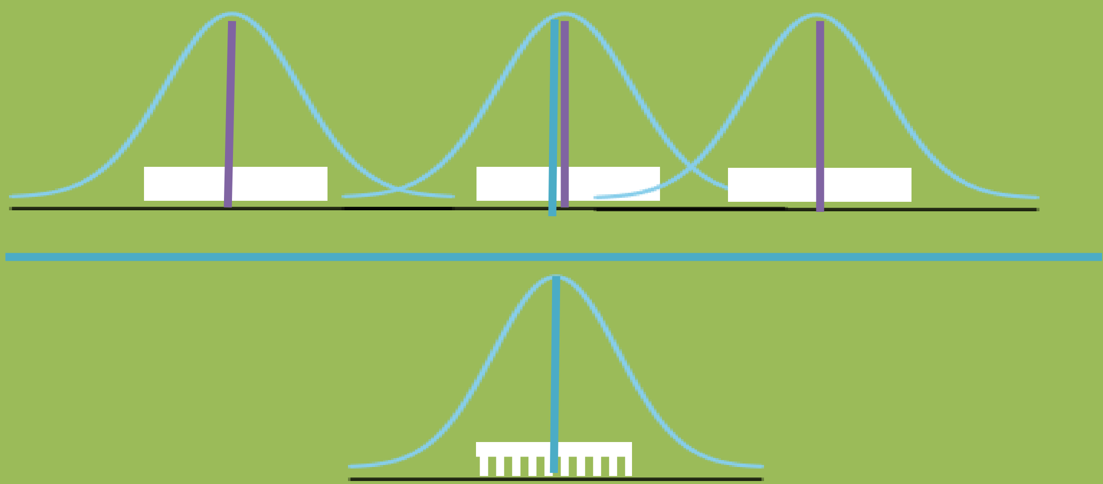
- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale (erreur de mesure, erreur d'échantillonnage, variabilité intra-individuelle, etc.)



ANOVA – F, Effet et erreur



- Estimer l'effet c'est estimer la variance inter groupe et la variance intra groupes



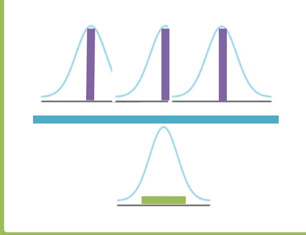
Y_{ij} individu *i* groupe s

$\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j*

$\overline{Y}$ Moyenne Totale

$$\frac{\mathrm{VAR}_{inter} \propto \sum_j^k (Y_{.j} - \overline{Y})^2}{\mathrm{VAR}_{intra} \propto \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2} = F$$

ANOVA – la vraie formule



- Estimer l'effet c'est estimer la variance inter groupe et la variance intra groupes

$$SS_{inter} = \sum_j^k n(\overline{Y_j} - \overline{Y})^2$$

$$df_{inter} = k - 1$$

$$CM_{inter} = \frac{SS_{inter}}{df_{inter}}$$

$$F = \frac{CM_{inter}}{CM_{intra}}$$

$$CM_{intra} = \frac{SS_{intra}}{df_{intra}}$$

$$SS_{intra} = \sum_i^n \sum_j^k (Y_{ij} - \overline{Y_j})^2$$

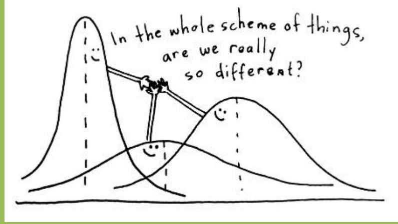
$$df_{intra} = k \times (n-1) = N - k$$

Y_{ij} individu *i* groupe *j*

$\overline{Y_j}$ Moyenne du groupe *j*

$\overline{Y}$ Moyenne Totale

ANOVA – Grand F



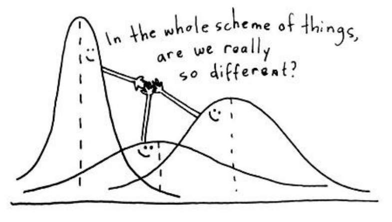
- F > 1 !
  - 1 c'est suffisant ?
  - 2
  - 3
  - 10
  - 100

Un dessin : toutes les valeurs possibles sous H_0

http://shiny-shs.univ-grenoble-alpes.fr/sample-apps/dist-calc/

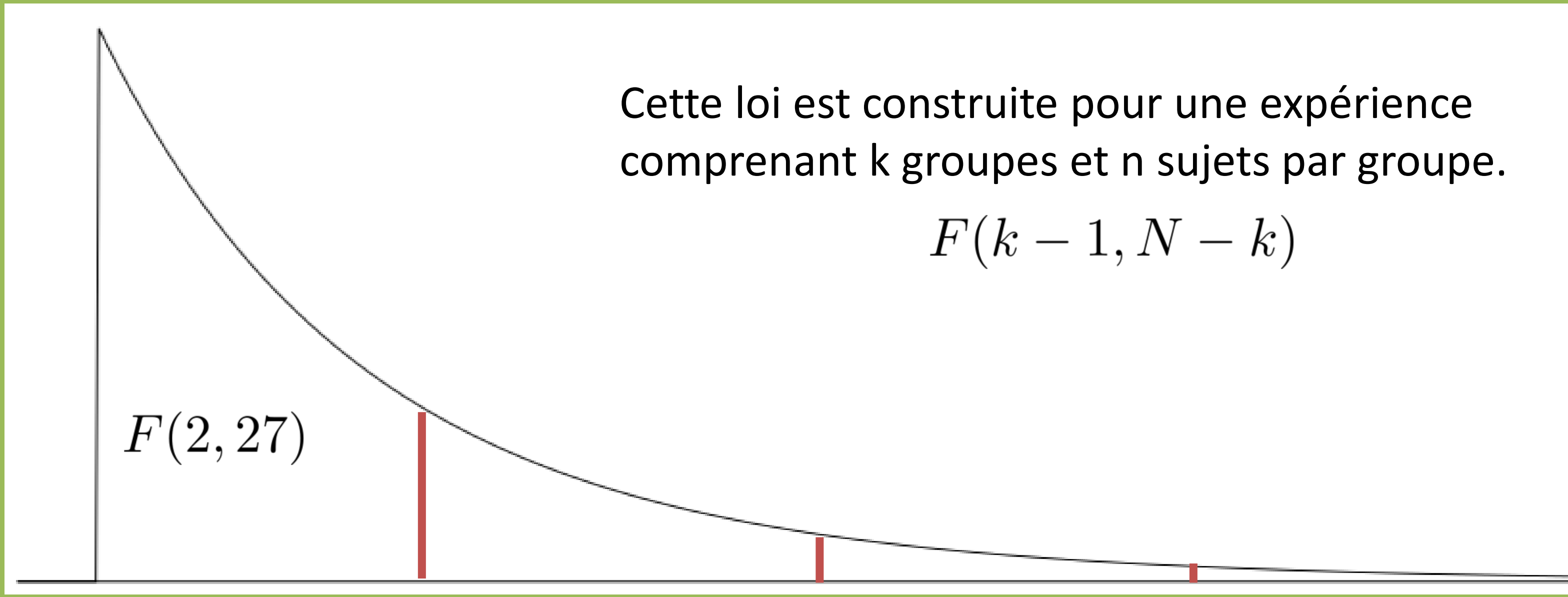
$N = k \times n$

ANOVA – Grand F



- F > 1 !
  - 1 c'est suffisant ?
  - 2
  - 3
  - 10
  - 100

F est une variable aléatoire qui suit une loi de Fisher



Cette loi est construite pour une expérience comprenant k groupes et n sujets par groupe.

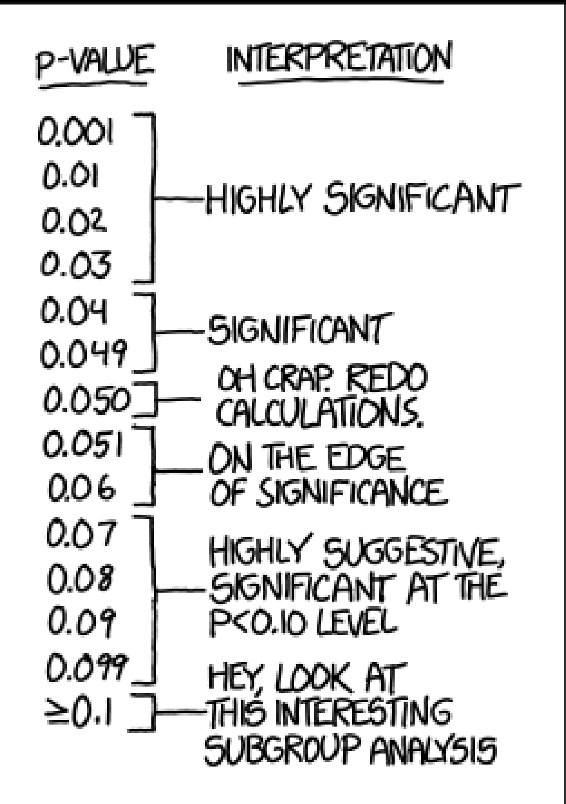
$$F(k-1, N-k)$$

http://shiny-shs.univ-grenoble-alpes.fr/sample-apps/dist-calc/

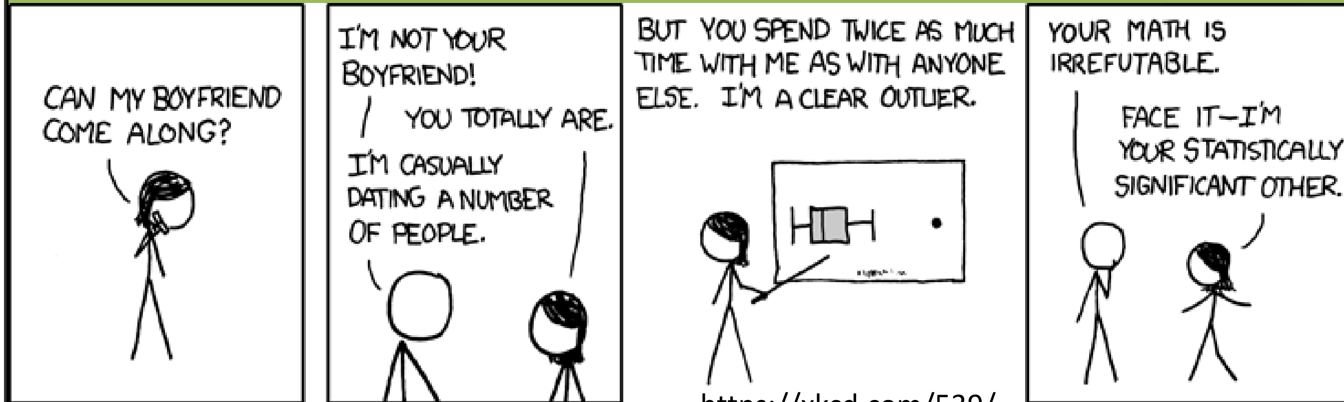
$$N = k \times n$$

Quelques questions de compréhension

- Faut-il préférer un facteur aléatoire ou fixe ?
- Pourquoi ne doit-on pas discrétiser un facteur continu ?
- Quelle est la conséquence de supprimer des variables du plan d’analyse selon la significativité de leur effet ?
- Quel est l’effet de réaliser plusieurs tests pendant l’acquisition de données ? Sequential testing.
- Pourquoi ne pas mettre beaucoup de variables dans le plan d’expérience afin de contrôler de le maximum d’effet confondus ?

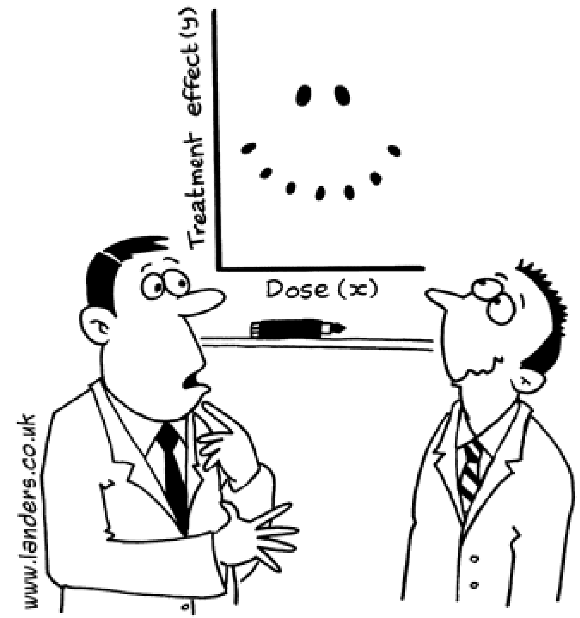


https://www.xkcd.com/1478/



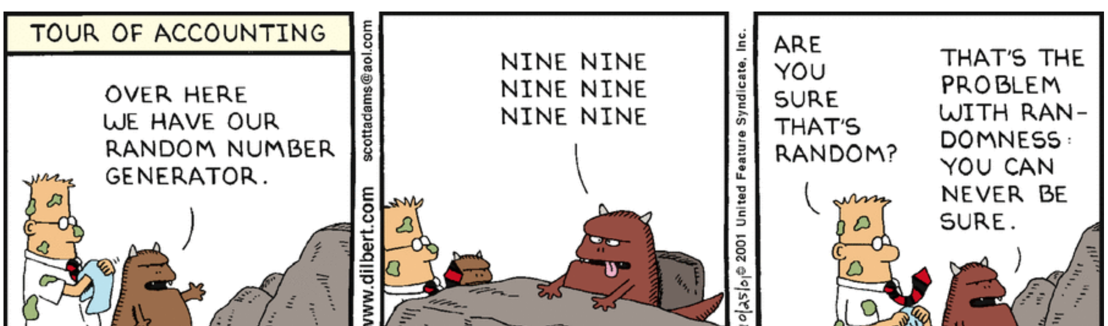
https://xkcd.com/539/

FINI



"It's a non-linear pattern with outliers.....but for some reason I'm very happy with the data."

http://analyticstraining.com/2014/popular-applications-of-linear-regression-for-businesses/

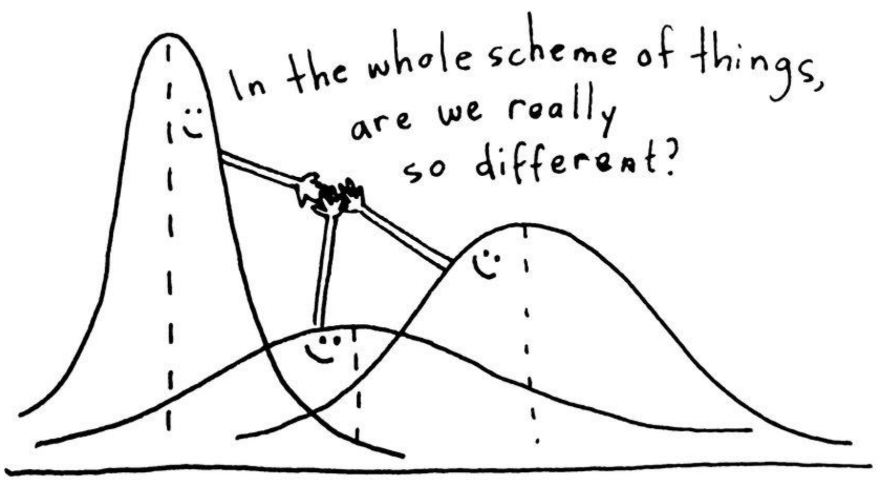


http://dilbert.com/strip/2001-10-25

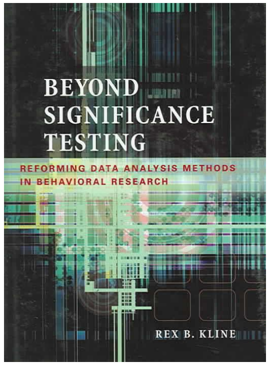

C'EST TOUT POUR AUJOURD'HUI.

Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples



- L'anova en dessin
- L'anova en formule
  - Estimer l'erreur c'est estimer l'effet
  - Equations inter
  - Distribution sous H0
  - Equations inter
- Une hypothèse c'est un contraste
  - Les contrastes



www.questionpro.com/blog/anova-testing/

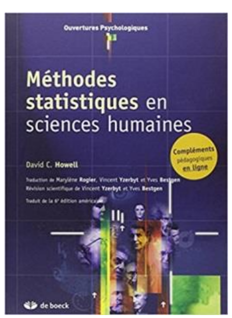
Lecture

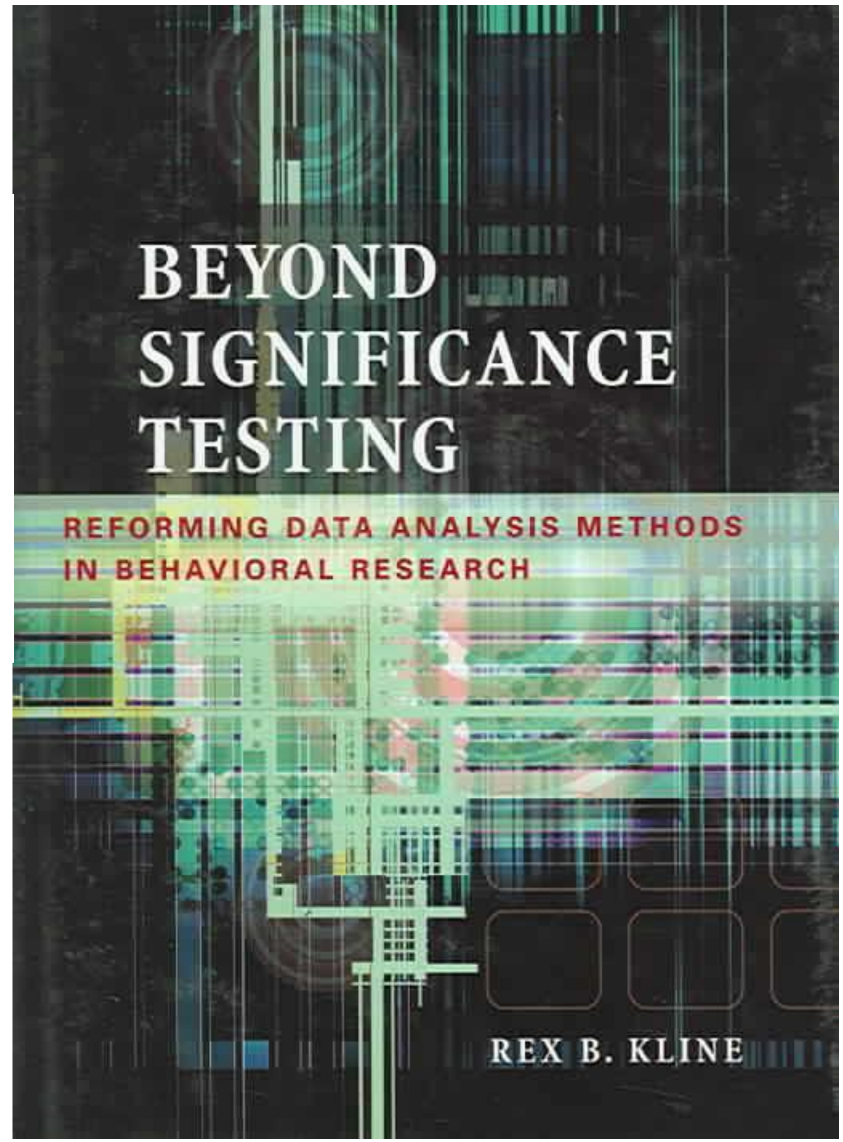
- Chapitre 2 du livre de Rex B. Kline

2

FUNDAMENTAL CONCEPTS

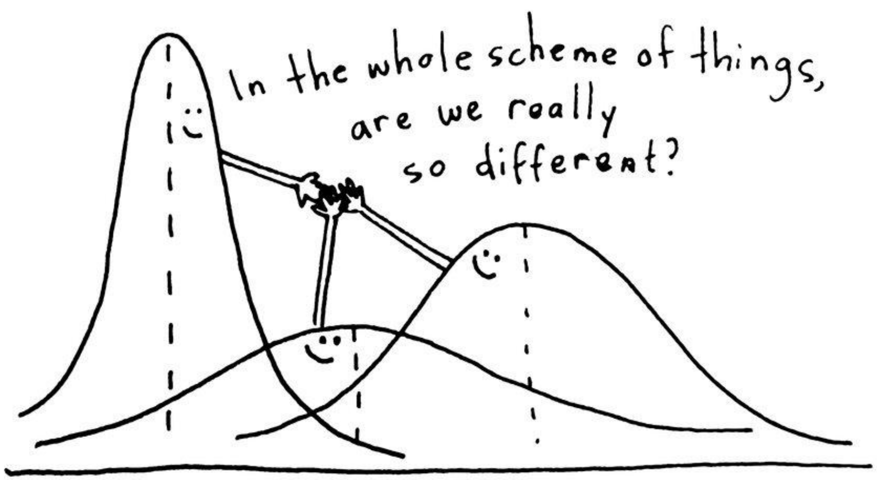
Howell, ch 11 à 14



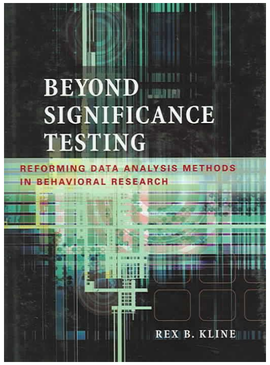


Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples



- L'anova en dessin
- L'anova en formule
  – Estimer l'erreur c'est estimer l'effet
  – Equations inter
  – Une hypothèse c'est un contraste
  – Distribution sous H0
  – Plus de 2 variables
  – Equations intra



www.questionpro.com/blog/anova-testing/

ANOVA

- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale
  - Exemples avec 1 moyenne ?

$$Effet = (\bar{X} - m_0)$$

$$\boxed{\overline{X}_n = \frac{X_1 + X_2 + \ldots + X_n}{n}}$$

$$\overline{X}_n \xrightarrow{L} N\left(\mu_X, \frac{\sigma_X}{\sqrt{N}}\right)$$

ANOVA

- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale
  - Exemples avec 1 moyenne ?

$$Effet = (\bar{X} - m_0)$$

$$Erreur = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

ANOVA

- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale
  - Exemples avec 1 moyenne ?

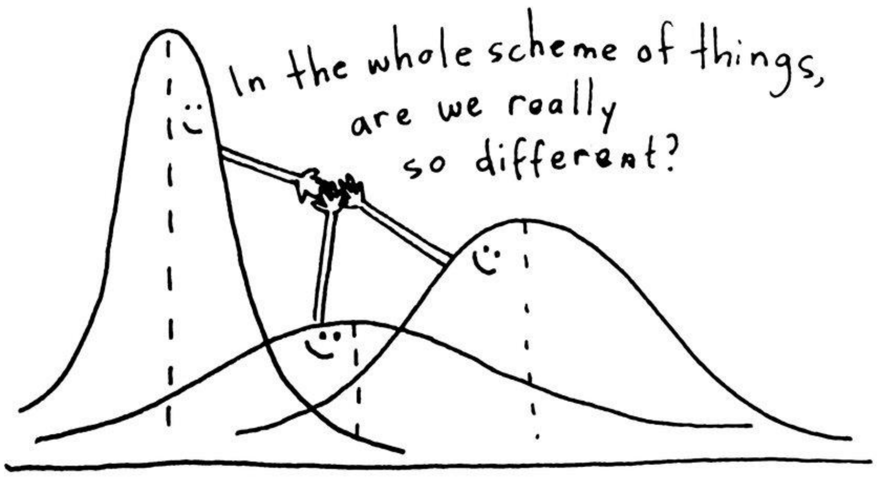
$$Effet = (\bar{X} - m_0)$$

$$T = \frac{(\bar{X} - m_0)}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$Erreur = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

ANOVA

- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale
  - Exemples avec 1 moyenne ?



$$T = \frac{(\bar{X} - m_0)}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

ANOVA

- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale
  - Pour comparer 2 moyennes ?

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\frac{S^2}{\sqrt{n}}} \rightsquigarrow t_{n-1}$$

$$IC_{1-\alpha}(\mu_1 - \mu_2) = [(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - t_{n_1+n_2-2;1-\frac{\alpha}{2}} \times S_p\sqrt{(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})};$$
$$(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) + t_{n_1+n_2-2;1-\frac{\alpha}{2}} \times S_p\sqrt{(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}]$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

ANOVA

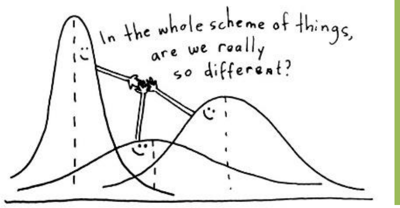
- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale
  - Pour comparer 2 moyennes ?

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

- avec

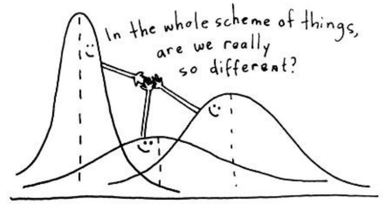
$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

ANOVA

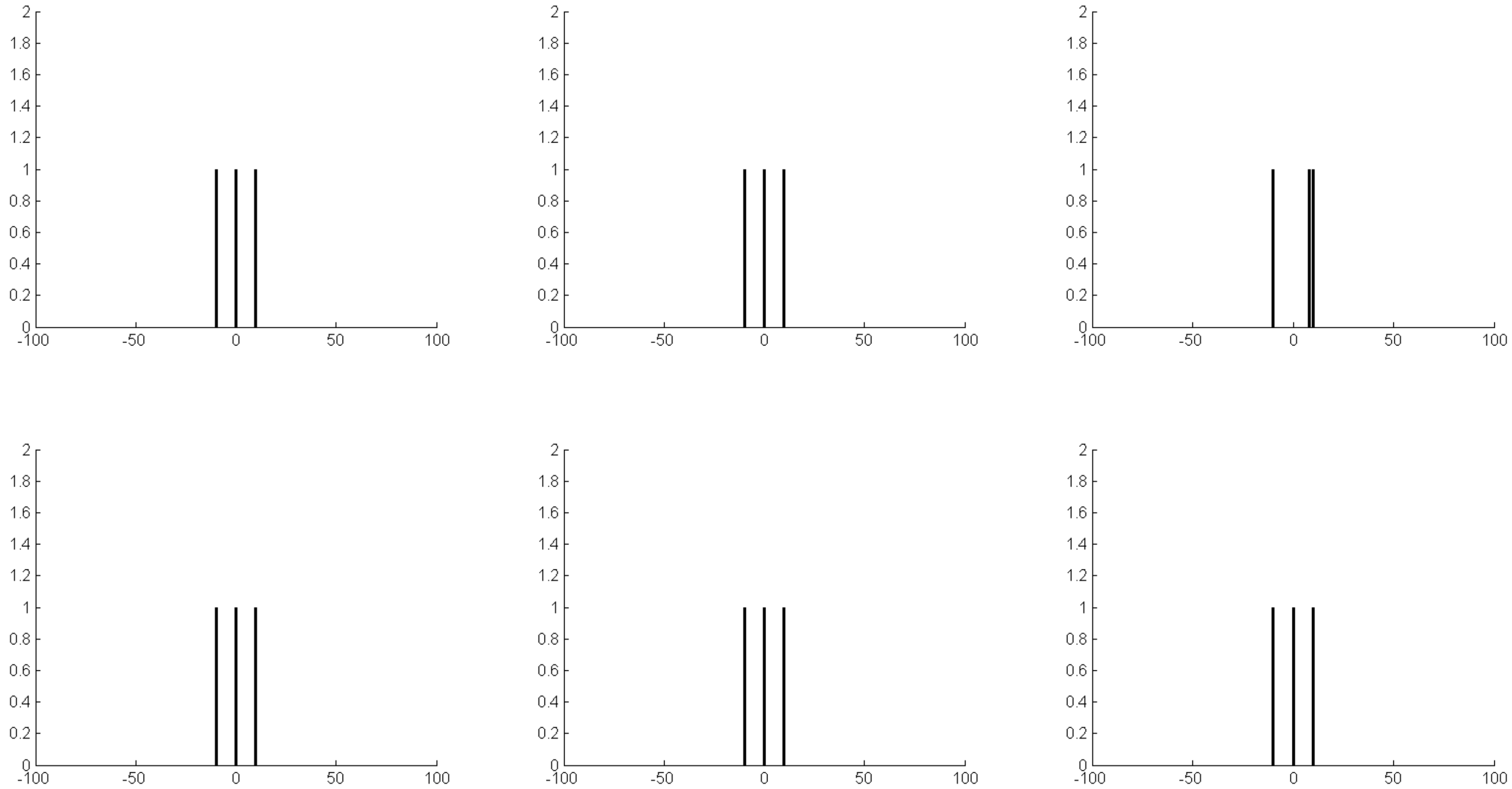


- Comparer des groupes c’est comparer un effet à l’erreur expérimentale
  - Comment comparer trois moyennes simultanément ?
    - On les compare toutes entre elles.

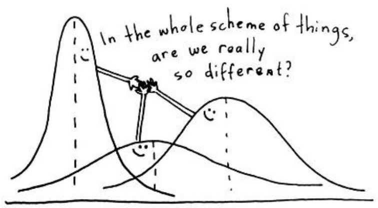
ANOVA



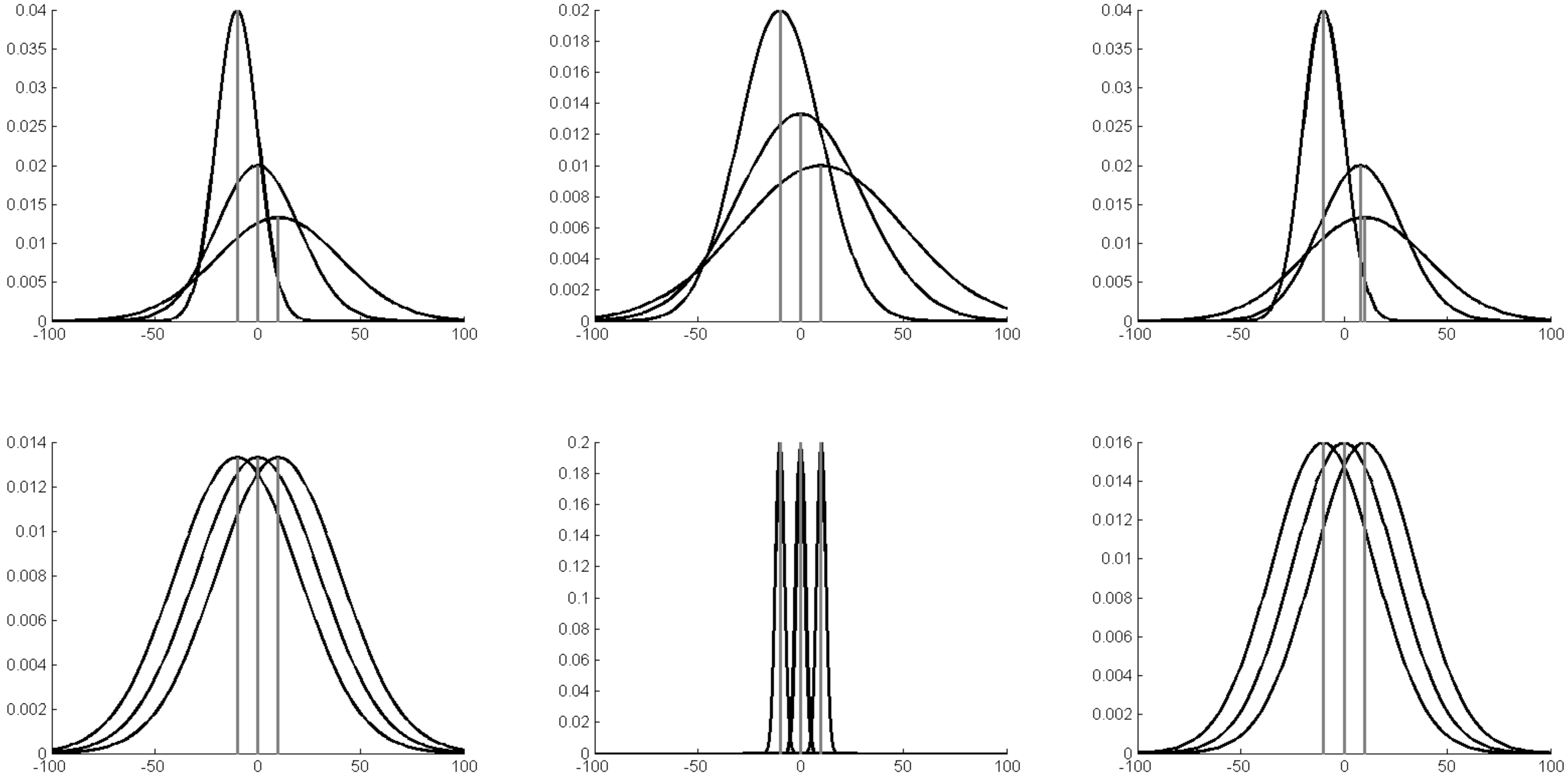
- Comparer 3 groupes
  - Quelles sont les images pour lesquelles p≤0,05



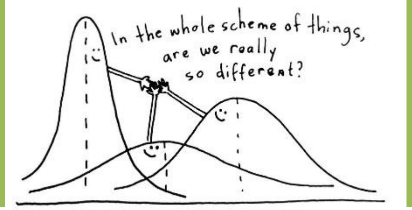
ANOVA



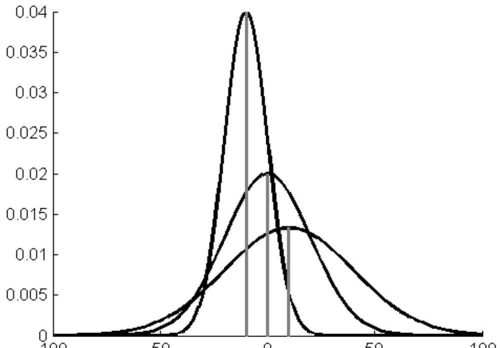
- Comparer 3 groupes
  - Quelles sont les images pour lesquelles p≤0,05



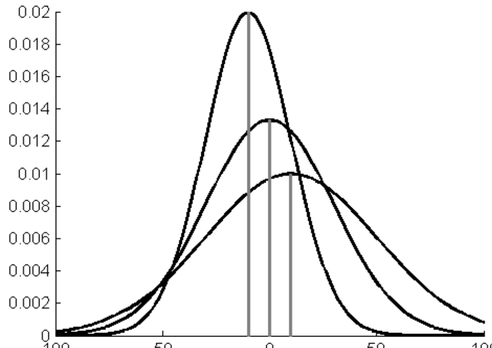
ANOVA



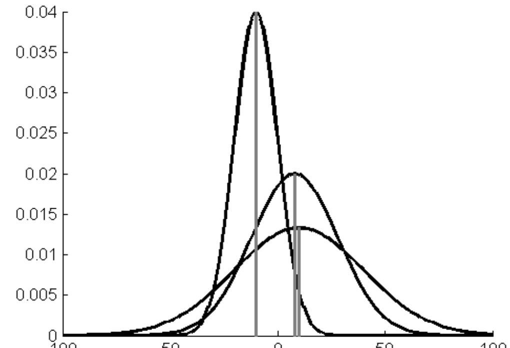
- Comparer des groupes c'est comparer un effet à l'erreur expérimentale
  - Comment comparer trois moyennes simultanément ?



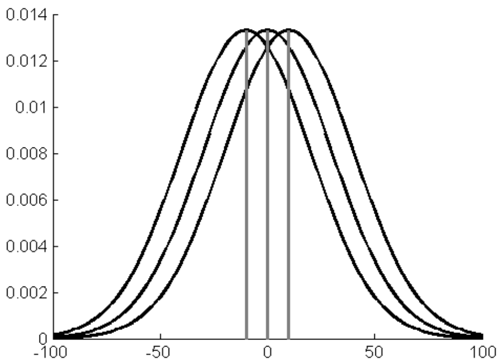
F(2,18)=4.29, p = .018



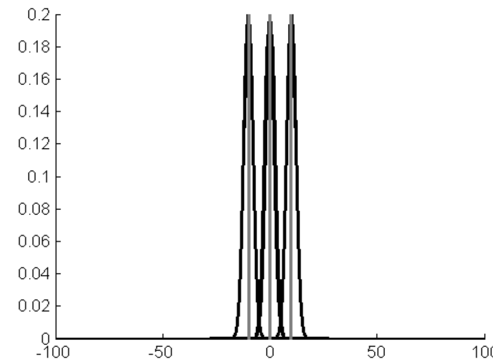
F(2,18)= 2.07, p = .136



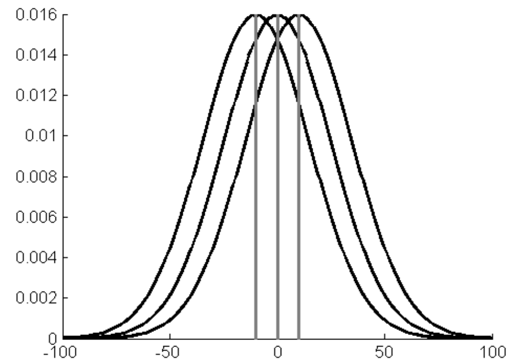
F(2,18)= 5.2, p = .008



F(2,18)= 2.22, p = .118



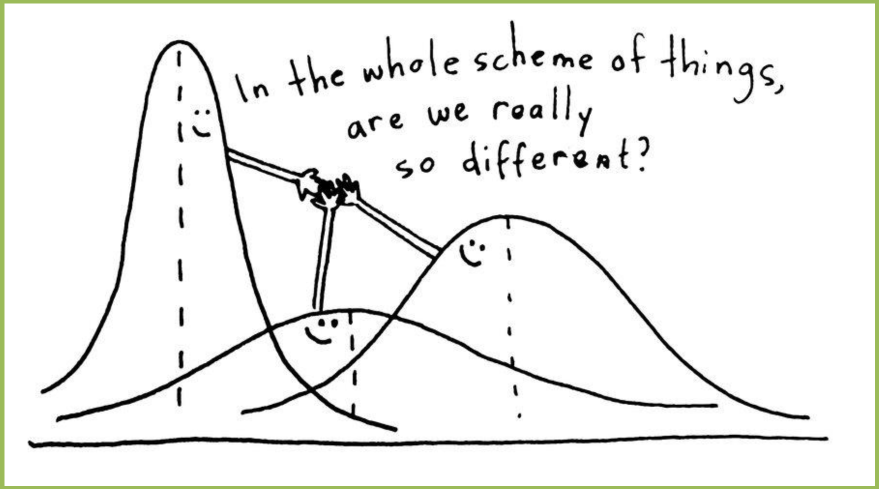
F(2,18)= 500, p < .0001



F(2,18)= 3.2, p = .048

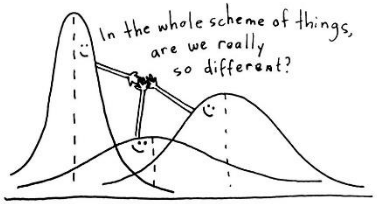
ANOVA

- Comparer des groupes c’est comparer un effet à l’erreur expérimentale



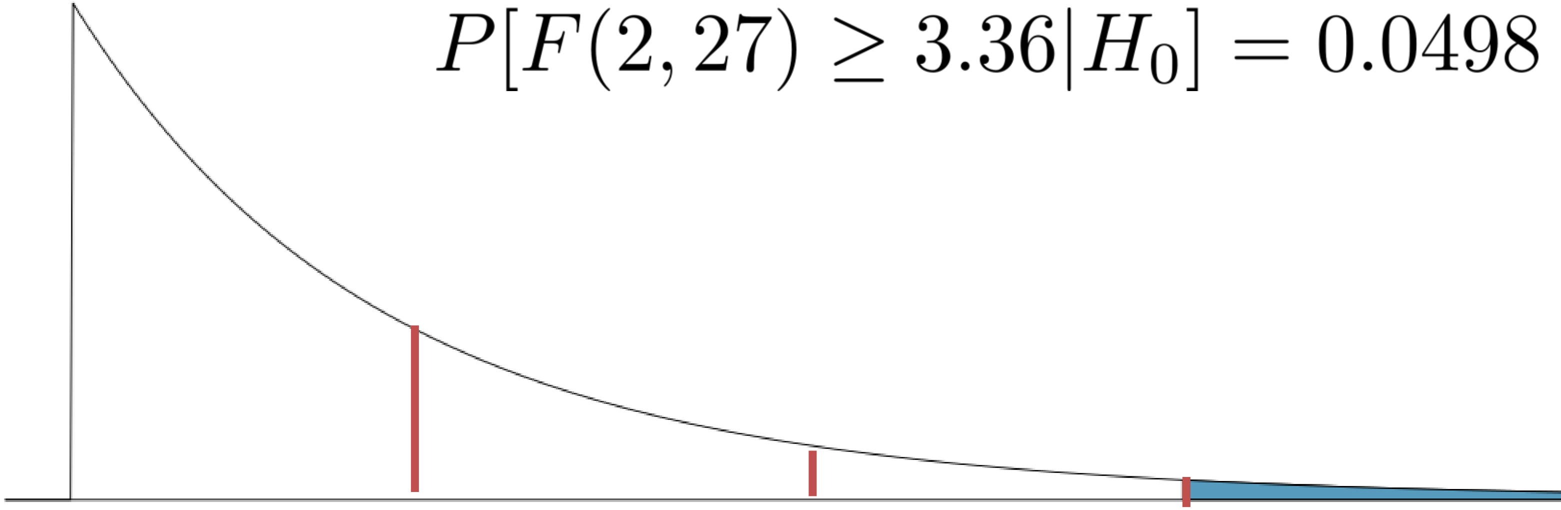
- Pourquoi ANOVA ?
- Pourquoi indépendance des résidus ?
- Pourquoi normalité des résidus ?
- Pourquoi homogénéité des variances ?

ANOVA – Grand F



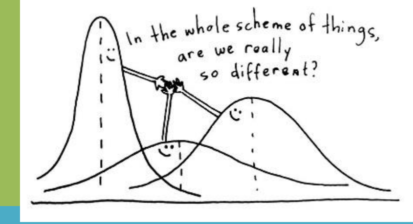
- F > 1 !
  - F est grand quand il est improbable.
  - F est improbable quand $P[F(2,27) \geq f_{obs}|H_0] \leq 0.05$

$$P[F(2,27) \geq 3.36|H_0] = 0.0498$$

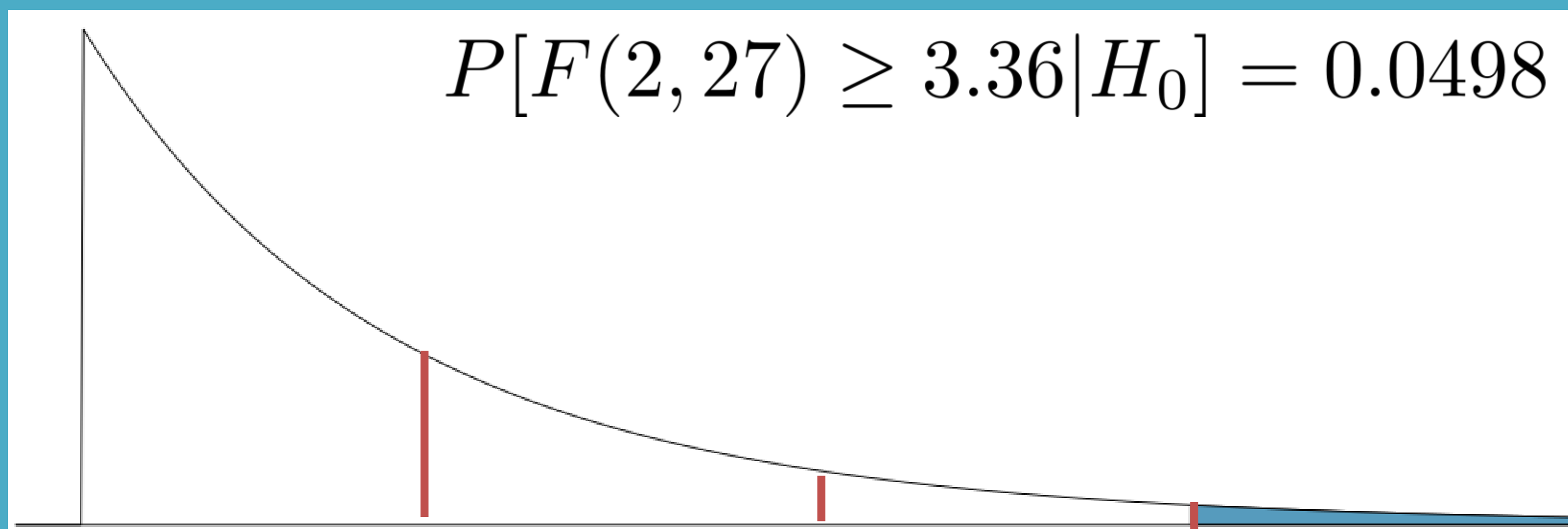


http://shiny-shs.univ-grenoble-alpes.fr/sample-apps/dist-calc/

ANOVA – Grand F



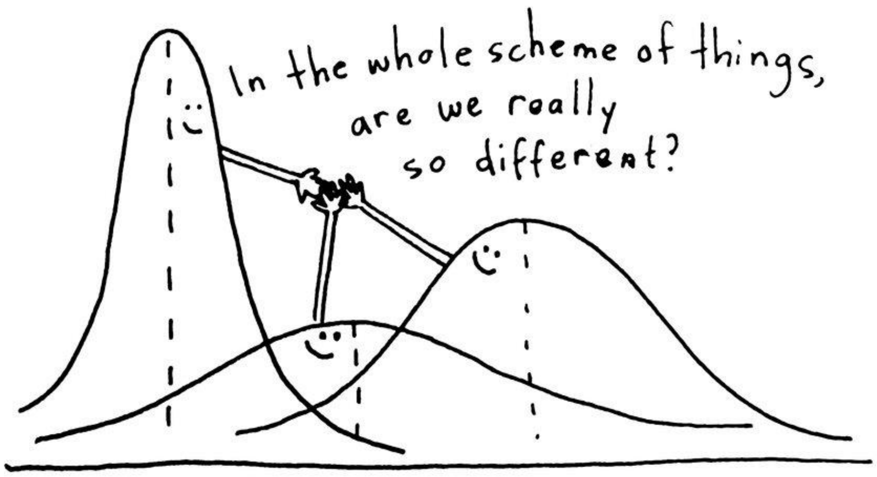
- F > 1 !
  - F est grand quand il est improbable.
  - F est improbable quand $P[F(2,27) \geq f_{obs}|H_0] \leq 0.05$



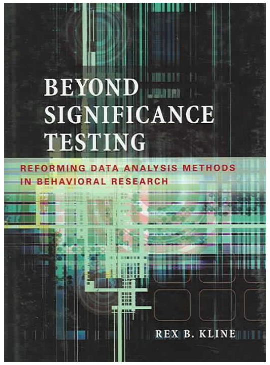
http://shiny-shs.univ-grenoble-alpes.fr/sample-apps/dist-calc/

Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples



- L'anova en dessin
- L'anova en formule
  - Estimer l'erreur c'est estimer l'effet
  - Equations inter
  - Distribution sous H0
  - Equations intra
- Une hypothèse c'est un contraste
  - Les contrastes



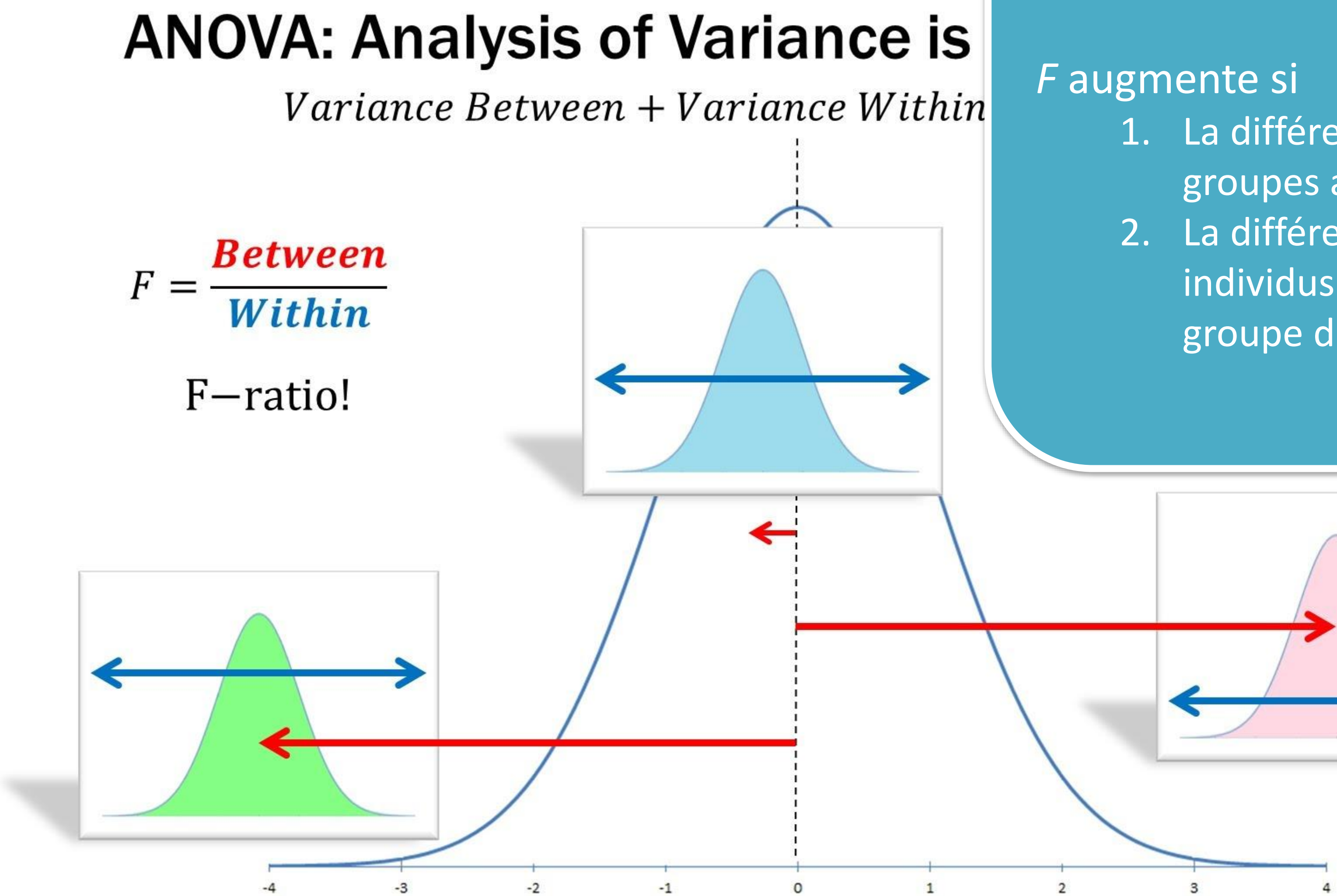
www.questionpro.com/blog/anova-testing/

ANOVA – F

Le *F* est une statistique qui mesure la quantité de recouvrement entre les distributions.

F augmente si

1. La différence entre les groupes augmente
2. La différence entre les individus de chaque groupe diminue.



https://www.linkedin.com/pulse/anova-analysis-variance-kumar-p/

Exemple 2 – Comment avoir un effet significatif ?

	Groupe			
	1	2	3	
$\widehat{Y}_j$	13	11	12	12
s_j^2	7,5	5	4	

Source	SS	df	MS	F	p
Inter (A)	10	2	5	0,91	0,429
Intra (Erreur)	66	12	5,5		
Total	76	14			

Groupe			
1	2	3	
13	11	12	12,12
5	2	3	

Source	SS	df	MS	F	p
Inter (A)	10	2	5	1,50	0,003
Intra (Erreur)	40	12	3,3		
Total	50	14			

Groupe			
1	2	3	
15	10	12	12,33333
7,5	5	4	

Source	SS	df	MS	F	p
Inter (A)	65	2	33	5,91	0,016
Intra (Erreur)	66	12	5,5		
Total	131	14			

Le F est une statistique qui mesure la quantité de recouvrement entre les distributions.

F augmente si

1. La différence entre les groupes augmente
2. La différence entre les individus de chaque groupe diminue.

Exemple 2 – Comment avoir un effet significatif ?

	Groupe			
	1	2	3	
$\widehat{Y}_j$	13	11	12	12
s_j^2	7,5	5	4	

Source	SS	df	MS	F	p
Inter (A)	10	2	5	0,91	0,429
Intra (Erreur)	66	12	5,5		
Total	76	14			

$n_k=5$

Inter (A)	30	2	15	2,73	0,077
Intra (Erreur)	231	42	5,5		
Total	261	44			

$n_k=15$

Inter (A)	60	2	30	5,45	0,006
Intra (Erreur)	478,5	87	5,5		
Total	538,5	89			

$n_k=30$

	Groupe			
	1	2	3	
$\widehat{Y}_j$	15	10	12	12,33
s_j^2	7,5	5	4	

Source	SS	df	MS	F	p
Inter (A)	65	2	33	5,91	0,016
Intra (Erreur)	66	12	5,5		
Total	131	14			

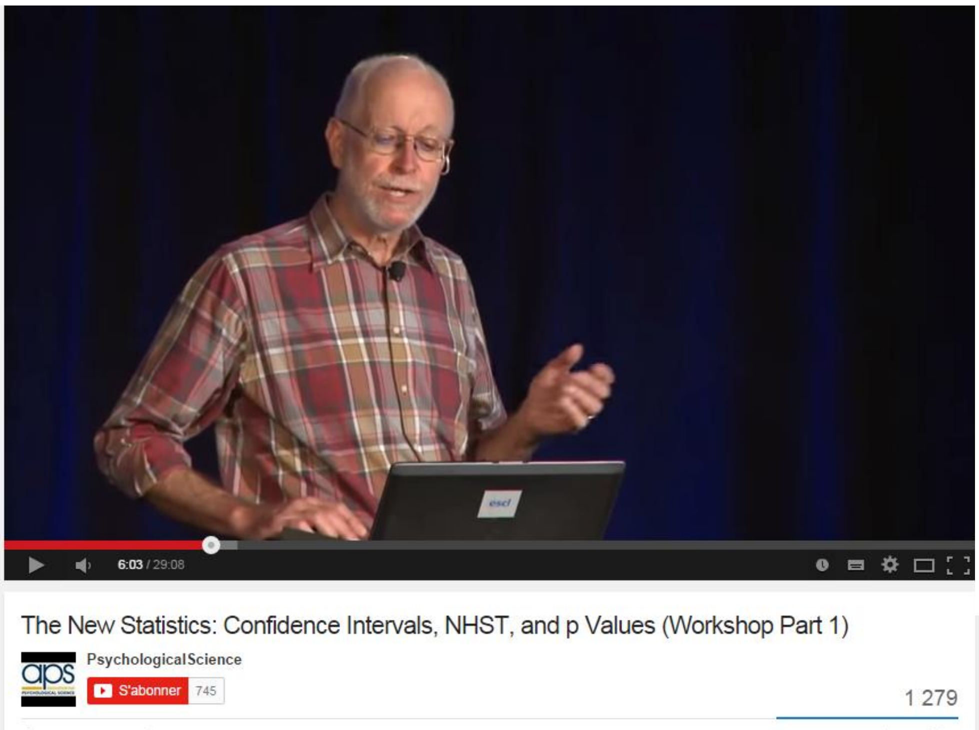
p est une mesure qui dépends de F_{obs} et du nombre d'individu *n*

p diminue si

- La différence entre les groupes augmente
- Pour un même recouvrement et Pour un F constant, si on augmente la taille de l'échantillon

L'analyse de la variance (ANOVA)

Approche NSHST - Null Hypothesis Significance Testing :
Approche critique :



https://www.youtube.com/watch?v=iJ4kqk3V8jQ

The New Statistics: Why and How

Psychological Science
2014, Vol. 25(1) 7–29

Reprints and permissions:
sagepub.com/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/0956797613504966
pss.sagepub.com
SAGE

Geoff Cumming
La Trobe University

Abstract
We need to make substantial changes to how we conduct research. First, in response to heightened concern that our published research literature is incomplete and untrustworthy, we need new requirements to ensure research integrity. These include prespecification of studies whenever possible, avoidance of selection and other inappropriate data-analytic practices, complete reporting, and encouragement of replication. Second, in response to renewed recognition of the severe flaws of null-hypothesis significance testing (NHST), we need to shift from reliance on NHST to estimation and other preferred techniques. *The new statistics* refers to recommended practices, including estimation based on effect sizes, confidence intervals, and meta-analysis. The techniques are not new, but adopting them widely would be new for many researchers, as well as highly beneficial. This article explains why the new statistics are important and offers guidance for their use. It describes an eight-step new-statistics strategy for research with integrity, which starts with formulation of research questions in estimation terms, has no place for NHST, and is aimed at building a cumulative quantitative discipline.

Keywords
research integrity, the new statistics, estimation, meta-analysis, replication, statistical analysis, research methods

Received 7/8/13; Revision accepted 8/20/13

Psychological Science
2014, Vol. 25(1) 7–29
© The Author(s) 2013
Reprints and permissions:
sagepub.com/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/0956797613504966
pss.sagepub.com
SAGE

Plan

- Démarche expérimentale
- Vocabulaire et méthode expérimentale
- Approche intuitive de l'ANOVA
- Le problème des comparaisons multiples
- Les problèmes
  - Trop de variables
  - Trop de modalités
  - Trop (ou pas) de questions
- Les solutions
  - « Soft control »
  - Imagerie : Permutation, RFT et FDR
  - Comparaisons planifiées (à priori)
  - Comparaisons on planifiées (à posteriori)