

# L'interaction dans une ANOVA à 2 critères de classification croisés

Exemples fictifs pour aider à l'interprétation

Daniel Borcard  
Département de sciences biologiques  
Université de Montréal  
daniel.borcard@umontreal.ca

## **Contexte: l'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs croisés avec réplication**

Ce document traite de l'interaction en analyse de variance. Plus précisément, les exemples sont ceux d'une analyse de variance à deux facteurs croisés (c'est-à-dire indépendants, par opposition à hiérarchisés ou emboîtés), avec plusieurs observations pour toutes les combinaisons de niveaux des deux facteurs.

Ce modèle d'analyse teste s'il existe des différences de moyennes entre les niveaux des facteurs principaux, et s'il existe une interaction.

Les dias qui suivent présentent un exemple de tous les cas de figure où au moins un des tests (facteur principal ou interaction) permet de rejeter l'hypothèse nulle. (Dans le premier cas illustré, ni les facteurs principaux ni l'interaction ne sont significatifs.)

## L'interaction: définition

L'interaction, c'est l'influence que l'état d'un des facteurs a sur l'effet exercé par l'autre facteur sur la variable dépendante.

Il y a interaction lorsque l'effet d'un facteur change selon le niveau de l'autre facteur.

*Exemple: l'accroissement de l'effet d'un anti-hypertension donné à dose plus élevée est plus marqué chez les fumeurs que chez les non-fumeurs.*

## L'interaction – exemple

Les situations fictives présentées ici ont été construites à partir d'un exemple développé par Sokal et Rohlf (1995) dans leur manuel *Biometry*.

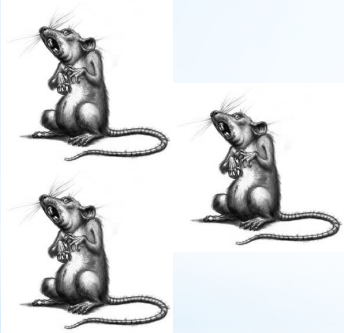
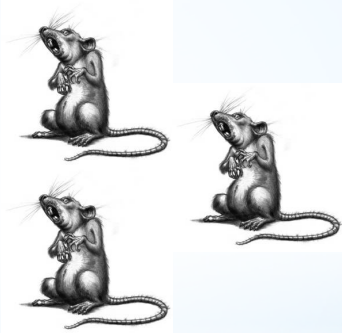
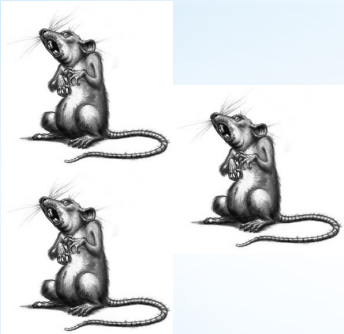
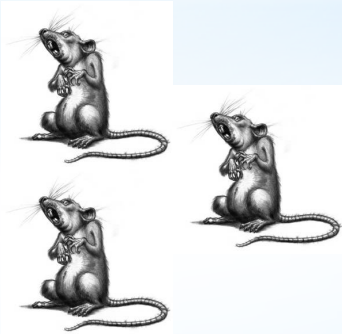
L'expérience consiste à faire ingérer du saindoux frais ou rance à des rats mâles ou femelles. Dans l'exemple de Sokal et Rohlf, on a mesuré la consommation totale (en g) de saindoux sur 73 jours par 12 rats âgés de 30 à 34 jours au début de l'expérience. Cette consommation est la variable réponse, les deux facteurs étant la fraîcheur du saindoux et le sexe des rats.

# L'interaction – exemple

Variable réponse  $y$ : consommation de saindoux (g)

Facteur A: sexe des rats (**mâle – femelle**)

Facteur B: fraîcheur du saindoux **frais ou rance**

	Frais	Rance
Mâle		
Femelle		

3 rats par  
combinaison sexe  
x fraîcheur



# ***ANOVA à 2 critères croisés***

## **L'interaction – exemple**

*Comment interpréteriez-vous une interaction significative?*

# ***ANOVA à 2 critères croisés***

## **L'interaction – exemple**

*Comment interpréteriez-vous une interaction significative?*

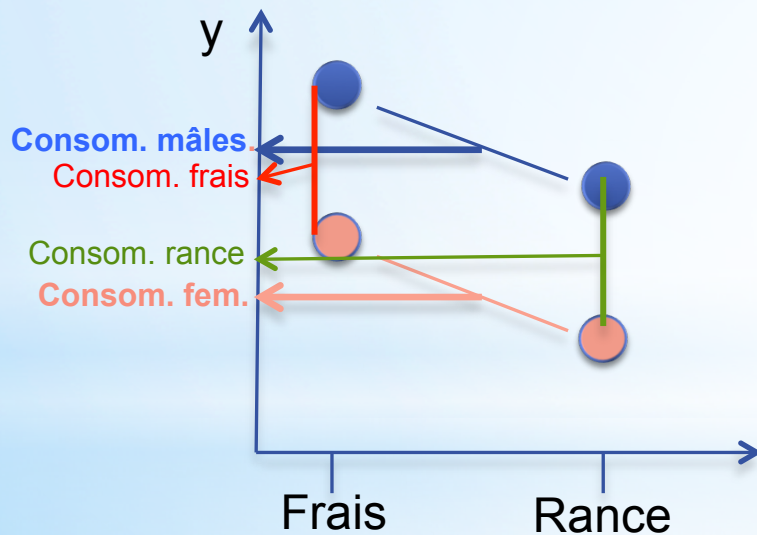
La préférence entre saindoux frais ou rance dépend du sexe!

## L'interaction – exemple

Les diapositives qui suivent présentent chacune deux ou trois diagrammes d'interaction. Chaque diagramme illustre un résultat différent de l'expérience.

Dans le diagramme, l'ordonnée représente la valeur de la variable réponse, l'abscisse la fraîcheur du saindoux et les pastilles le sexe des rats.

L'interprétation se fait en projetant les facteurs (combinaisons de niveaux) sur l'ordonnée.





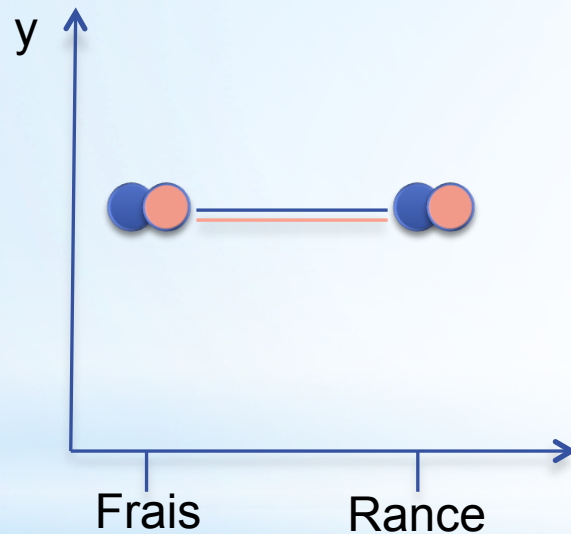
# L'interaction – illustration

## 1. Pas d'interaction

y = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles                      n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

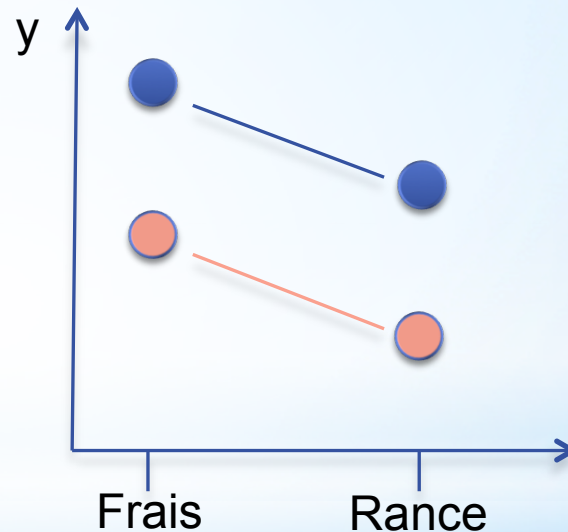
● = femelles                    \*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Fraîcheur : n.s.

Sexe: n.s.

Interaction: n.s.



Fraîcheur : \*\*\*

Sexe: \*\*\*

Interaction: n.s.

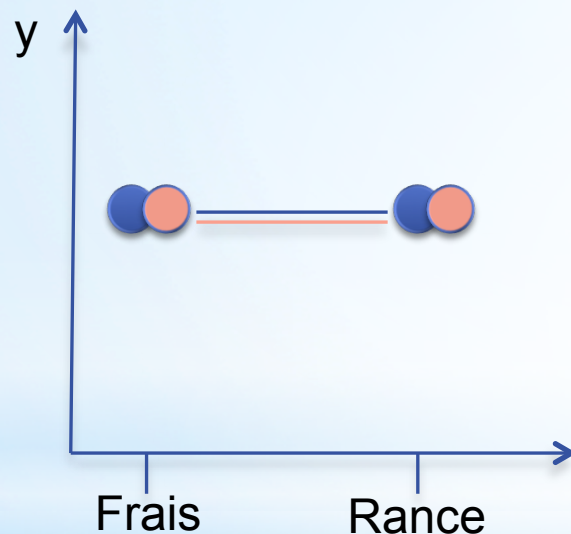
# L'interaction – illustration

## 1. Pas d'interaction

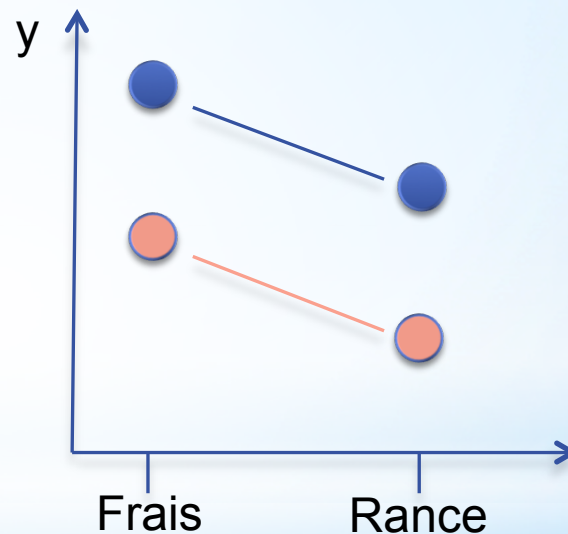
$y$  = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles                      n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

● = femelles                    \*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Les mâles mangent la même quantité de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent la même quantité de saindoux frais que de saindoux rance.  
Les droites sont superposées (pas d'interaction).



Les mâles mangent plus de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent plus de saindoux frais que de saindoux rance.  
Les droites sont parallèles (pas d'interaction).

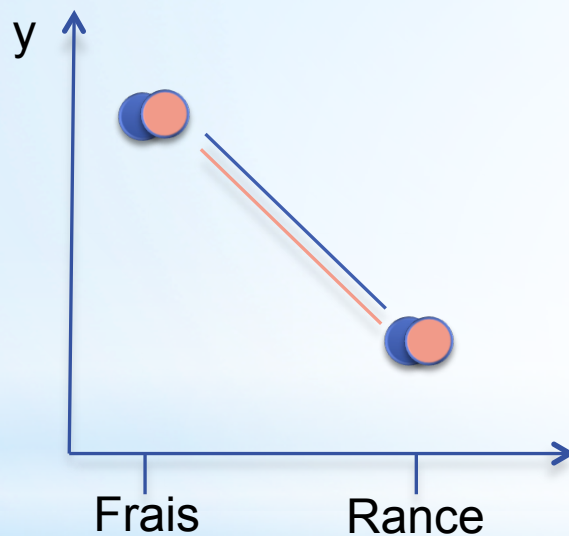
# L'interaction – illustration

## 1. Pas d'interaction

$y$  = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles                      n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

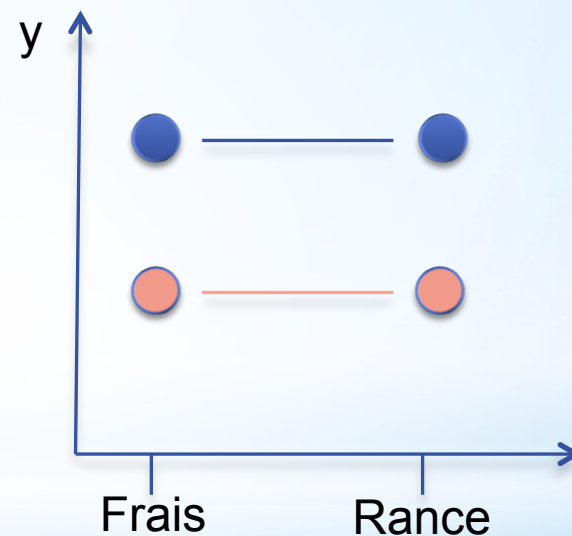
● = femelles                    \*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Fraîcheur : \*\*\*

Sexe: n.s.

Interaction: n.s.



Fraîcheur : n.s.

Sexe: \*\*\*

Interaction: n.s.

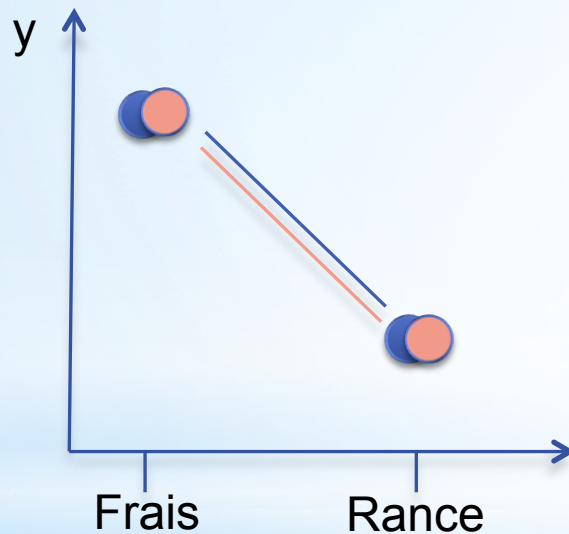
# L'interaction – illustration

## 1. Pas d'interaction

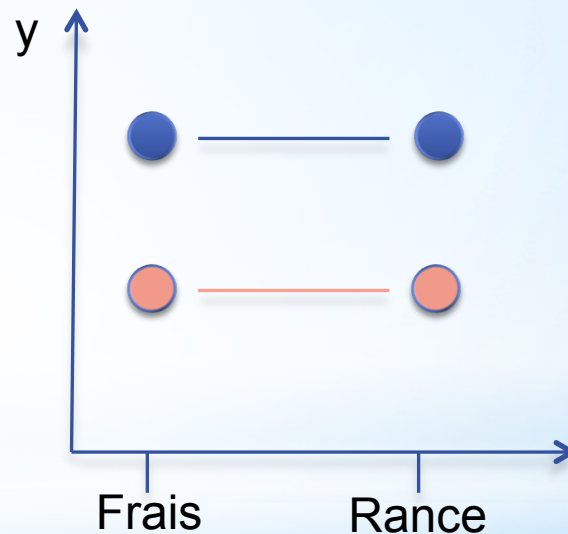
$y$  = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles                      n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

● = femelles                 \*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Les mâles mangent la même quantité de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent plus de saindoux frais que de saindoux rance.  
Les droites sont superposées (pas d'interaction).



Les mâles mangent plus de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent la même quantité de saindoux frais que de saindoux rance.  
Les droites sont parallèles (pas d'interaction).

# L'interaction – illustration

## 2. Interaction significative

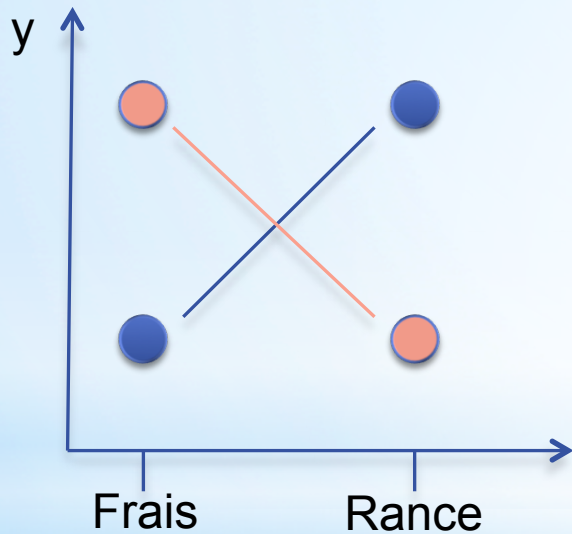
y = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles

n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

● = femelles

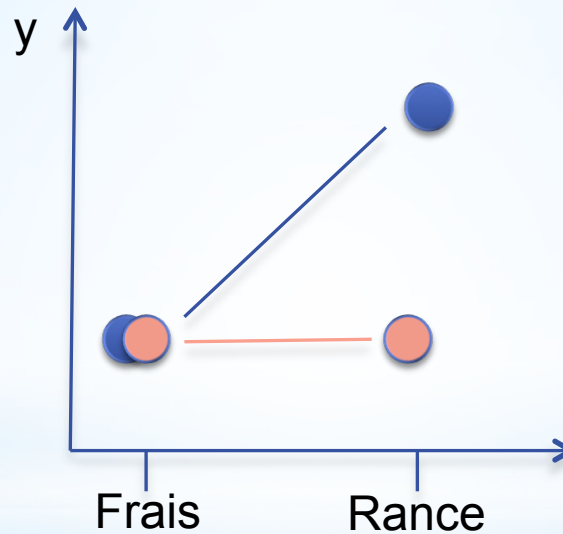
\*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Fraîcheur : n.s.

Sexe: n.s.

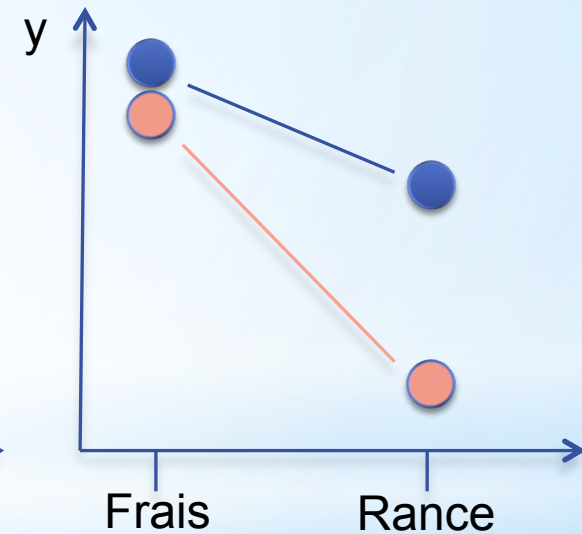
Interaction: \*\*\*



Fraîcheur : \*\*\*

Sexe: \*\*\*

Interaction: \*\*\*



Fraîcheur : \*\*\*

Sexe: \*\*\*

Interaction: \*\*\*

# L'interaction – illustration

## 2. Interaction significative

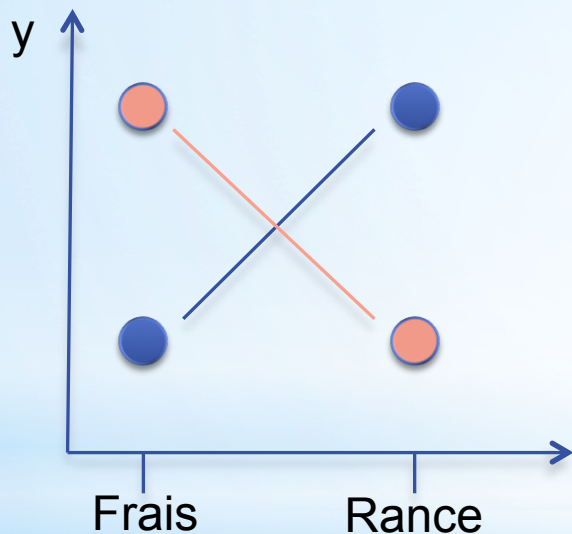
y = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles

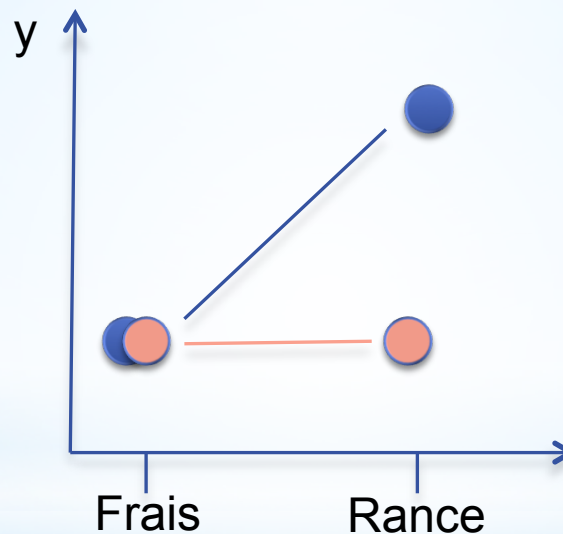
n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

● = femelles

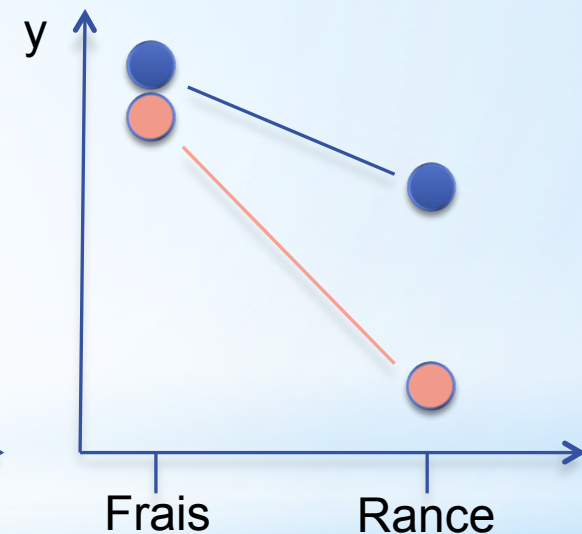
\*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Les mâles mangent la même quantité de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent la même quantité de saindoux frais que de saindoux rance.  
Les droites sont croisées: les mâles préfèrent le rance, les femelles préfèrent le frais. **Interaction.**



Les mâles mangent plus de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent moins de saindoux frais que de saindoux rance.  
Droites non parallèles: les mâles préfèrent le rance, les femelles sont indifférentes à la fraîcheur. **Interaction.**



Les mâles mangent plus de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent plus de saindoux frais que de saindoux rance.  
Droites non parallèles: la préférence des mâles pour le saindoux frais est moins marquée que celle des femelles. **Interaction.**

# L'interaction – illustration

## 2. Interaction significative

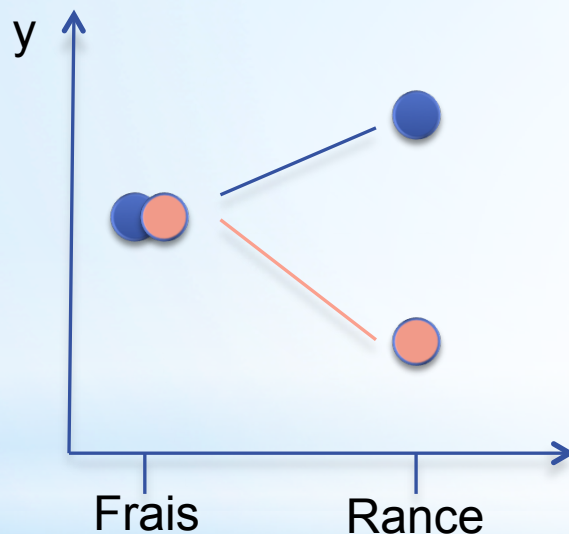
y = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles

n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

● = femelles

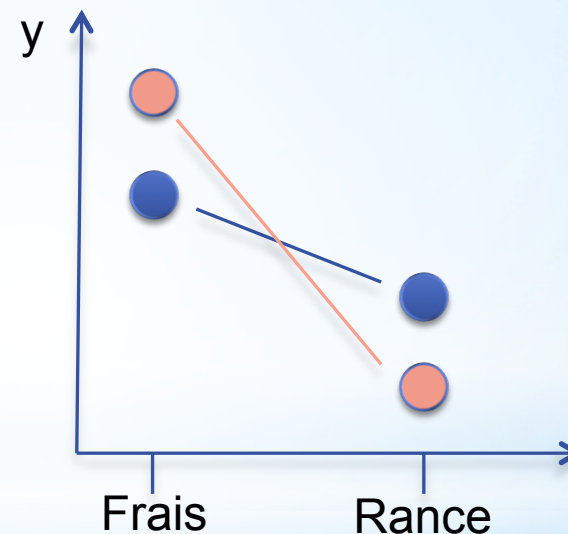
\*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Fraîcheur : n.s.

Sexe: \*\*\*

Interaction: \*\*\*



Fraîcheur : \*\*\*

Sexe: n.s.

Interaction: \*\*\*

# L'interaction – illustration

## 2. Interaction significative

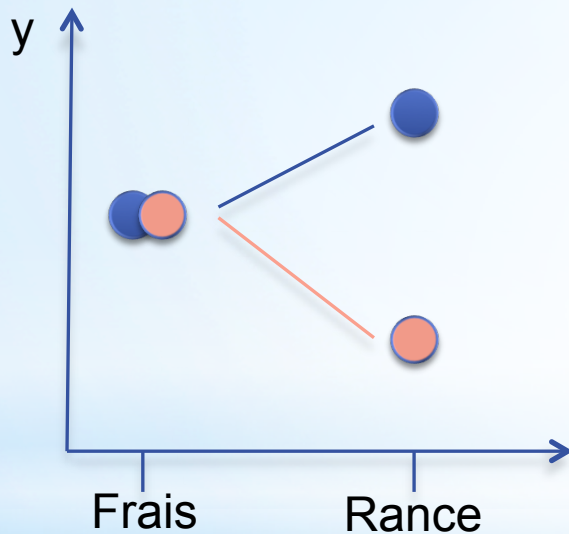
$y$  = quantité de saindoux mangée (variable réponse)

● = mâles

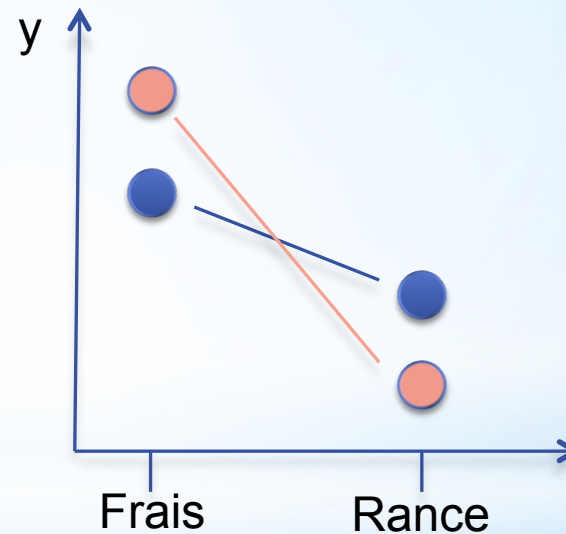
n.s. = non significatif ( $p > 0.05$ )

● = femelles

\*\*\* = significatif ( $p \leq 0.05$ )



Les mâles mangent plus de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent la même quantité de saindoux frais que de saindoux rance.  
Droites non parallèles: les mâles préfèrent le saindoux rance, les femelles préfèrent le frais. **Interaction.**



Les mâles mangent la même quantité de saindoux que les femelles.  
Les rats mangent plus de saindoux frais que de saindoux rance.  
Les droites sont croisées: la préférence des mâles pour le saindoux frais est moins marquée que celle des femelles. **Interaction.**



## L'interaction – une conséquence importante

En présence d'une interaction significative, **on ne peut pas interpréter les effets principaux de façon globale.**

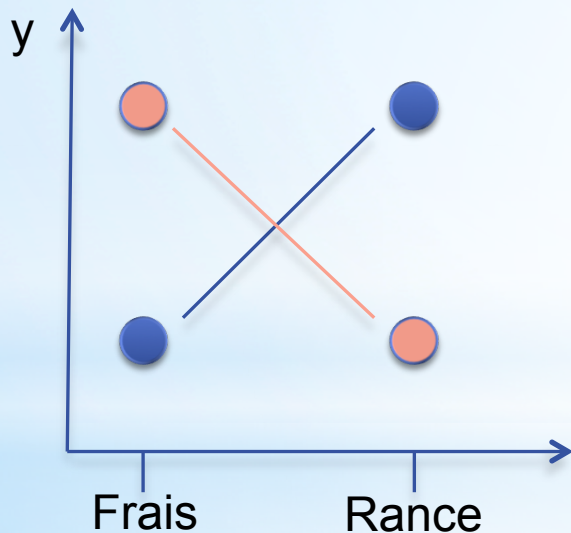
*Pourquoi?*

Parce que l'effet principal d'un facteur varie selon l'état de l'autre.

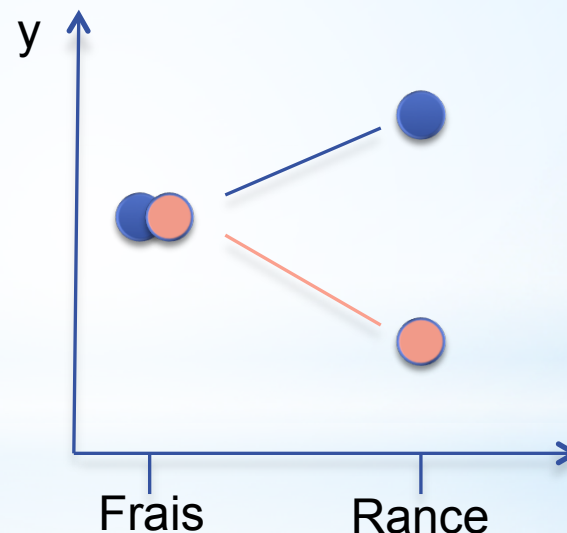
Chez nos rats, lorsque l'interaction est significative, on ne peut rien dire de la préférence du saindoux frais ou rance *sans tenir compte du sexe de l'animal!*

## L'interaction – une conséquence importante

En particulier, quand l'interaction est significative, on ne peut rien déduire du fait qu'un des facteurs principaux est non-significatif.



~~Ni fraîcheur ni sexe significatifs~~



~~Sexe significatif, fraîcheur non~~

→ Tests globaux impossibles à interpréter!

## L'interaction – une conséquence importante

Par conséquent, lorsque l'interaction est significative, **il faut reprendre l'analyse de chaque facteur en la limitant à une classe de l'autre facteur à la fois.**

Dans l'exemple des rats, une interaction significative peut donc amener à faire jusqu'à quatre analyses supplémentaires:

- effet de la fraîcheur sur les rats mâles seulement
- effet de la fraîcheur sur les rats femelles seulement
- effet du sexe pour le saindoux frais seulement
- effet du sexe pour le saindoux rance seulement

Le contexte de l'étude permet parfois de limiter le nombre d'analyses supplémentaires à celles qui sont les plus pertinentes.

## L'interaction – un dernier point

Une interaction significative entre deux facteurs croisés donne toujours lieu à deux interprétations valides sur le plan mathématique, quoique le contexte favorise souvent l'une des deux. Pour l'exemple des rats:

La préférence entre saindoux frais ou rance dépend du sexe.

La quantité de saindoux consommé par les mâles ou les femelles dépend de la fraîcheur du saindoux.