

# Estimation and Hypothesis Testing 2 |

## *Les estimateurs et les tests d'hypothèses 2*

Name

Date

Covariate Adjustment | *Ajustement des covariables*

Cluster Randomization | *Randomisation par grappe*

Experiments with Multiple Arms | *Les expériences avec plusieurs bras*

Factorial Design | *La conception factorielle*

## A Quick Reminder | *Un petit rappel*

- ▶ Remember: Analyze as you randomize
- ▶ We prefer estimators that are unbiased and have greater precision
- ▶ N'oubliez pas : Analysez comme vous randomisez
- ▶ Nous préférons les estimateurs non biaisés et plus précis.

## Covariate Adjustment | *Ajustement des covariables*

## Estimator: Linear regression with covariates |

### Estimateur : La régression linéaire avec des covariables

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Z_i + \gamma X_i + e_i$$

- ▶ Including a **pre-treatment covariate**  $X$  that is *predictive of* the outcome variable in our regression model is called *covariate adjustment*.
  - ▶ For example: pre-treatment measure of the outcome.
  - ▶ This can bias our estimates, but improve their precision.
- ▶ L'inclusion d'une **covariable pré-traitement**  $X$  qui est *prédictive* de la variable de résultat dans notre modèle de régression est appelée *ajustement des covariables*.
  - ▶ Par exemple: un mesure du résultat avant le traitement.
  - ▶ Cela peut biaiser nos estimations, mais améliorer leur précision.

## Estimator: Linear regression with covariates | *Estimateur : La régression linéaire avec des covariables*

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Z_i + \gamma X_i + e_i$$

- ▶ The coefficient on the treatment variable ( $\beta_1$ ) is again our estimate of the ATE.
- ▶ The coefficient on the covariate ( $\gamma$ ) is *not* an estimate of the causal effect of that variable.
- ▶ Le coefficient sur la variable de traitement ( $\beta_1$ ) est encore notre estimation de l'ATE.
- ▶ Le coefficient de la covariable ( $\gamma$ ) n'est *pas* une estimation de l'effet causal de cette variable.

## Estimator: Linear regression with covariates | *Estimateur : La régression linéaire avec des covariables*

Example reading a table

## Cluster Randomization | *Randomisation par grappe*



## Estimator: Regression with cluster-robust standard errors | *Estimateur : La régression avec des erreurs types robustes au niveau du cluster*

$$Y_{ic} = \beta_0 + \beta_1 Z_c + e_{ic}$$

- ▶ Our analysis has to take into account the fact that treatment is assigned at the cluster level with *cluster-robust standard errors*.
- ▶  $\beta_1$  is the ATE of the treatment at the individual level.
- ▶ We can also do covariate adjustment at the same time.
- ▶ Notre analyse doit prendre en compte le fait que le traitement est attribué au niveau du cluster avec des *erreurs types robustes au niveau du cluster*.
- ▶  $\beta_1$  est l'ATE du traitement au niveau individuel.
- ▶ Nous pouvons également effectuer un ajustement covariable en même temps.

## Cluster Randomization | *Randomisation par grappe*

- ▶ Remember: we have assumed non-interference (part of SUTVA).
- ▶ If we are concerned about interference within clusters (but can assume non-interference across clusters), we can shift the analysis to the cluster level by using the average or other summary measure at the cluster level as our outcome variable.
- ▶ N'oubliez pas : nous avons supposé la non-contamination (qui fait partie de la SUTVA).
- ▶ Si nous sommes préoccupés par la contamination au sein des clusters (mais pouvons supposer qu'il n'y a pas de contamination entre les clusters), nous pouvons déplacer l'analyse au niveau du cluster en utilisant la moyenne ou une autre mesure récapitulative au niveau du cluster comme variable de résultat.

## Cluster Randomization | *Randomisation par grappe*

Example table

## Experiments with Multiple Arms | *Les expériences avec plusieurs bras*

## Estimator 1: Difference-in-Means | *Estimateur 1 : La différence en moyennes*

$Z_A$ only	$Z_B$ only	Neither (control)
------------	------------	-------------------

- ▶ We can always take the difference-in-means between any two groups.
- ▶ But hypothesis testing is simpler with regression.
- ▶ Nous pouvons toujours tenir compte de la différence de moyens entre deux groupes.
- ▶ Mais le test d'hypothèse est plus simple avec la régression.

## Estimator 2: Linear regression | *Estimateur 2 : La régression linéaire*

$$Y_i = \alpha + \beta_A Z_{Ai} + \beta_B Z_{Bi} + e_i$$

- ▶ Regression with an indicator variable for each of the two treatment arms.
- ▶ We can also do covariate adjustment at the same time.
- ▶ Régression avec une variable indicatrice pour chacun des deux bras de traitement.
- ▶ Nous pouvons également effectuer un ajustement covariable en même temps.

## Estimator 2: Linear regression | *Estimateur 2 : La régression linéaire*

$$Y_i = \alpha + \beta_A Z_{Ai} + \beta_B Z_{Bi} + e_i$$

- ▶  $\beta_A$  is the ATE of  $Z_A$  (compared with control).
- ▶  $\beta_B$  is the ATE of  $Z_B$  (compared with control).
- ▶  $\beta_A$  est l'ATE de  $Z_A$  (par rapport au contrôle).
- ▶  $\beta_B$  est l'ATE de  $Z_B$  (par rapport au contrôle).

## Factorial Design | *La conception factorielle*



## Estimator 1: Difference-in-Means | *Estimateur 1 : La différence en moyennes*

Neither	$Z_2$ only
$Z_1$ only	Both $Z_1$ and $Z_2$

- ▶ If we have a  $2 \times 2$  factorial design, we have four groups.
- ▶ We can always take the difference-in-means between any two groups.
- ▶ Si nous avons une conception factorielle  $2 \times 2$ , nous avons 4 groupes.
- ▶ Nous pouvons toujours tenir compte de la différence de moyens entre deux groupes.

## Estimator 2: Linear Regression | *Estimateur 2 : La régression linéaire*

$$Y_i = \gamma_0 + \gamma_1 Z_{1only,i} + \gamma_2 Z_{2only,i} + \gamma_3 Z_{both1\&2,i} + e_i$$

- ▶ Regression makes it easier to do hypothesis testing.
- ▶ An indicator variable for each of the three treatment conditions.
- ▶ We can also do covariate adjustment at the same time.
- ▶ La régression facilite les tests d'hypothèses.
- ▶ Régression avec une variable indicatrice pour chacun des trois bras de traitement.
- ▶ Nous pouvons également effectuer un ajustement covariable en même temps.

## Estimator 2: Linear Regression | *Estimateur 2 : La régression linéaire*

$$Y_i = \gamma_0 + \gamma_1 Z_{1\text{only},i} + \gamma_2 Z_{2\text{only},i} + \gamma_3 Z_{\text{both1\&2},i} + e_i$$

- ▶  $\gamma_1$ : ATE of  $Z_1$  conditional on  $Z_2 = 0$  | *l'ATE de  $Z_1$  conditionnel à  $Z_2 = 0$ ,  $(E[Y(Z_1 = 1) - Y(Z_1 = 0)|Z_2 = 0])$*
- ▶  $\gamma_2$ : ATE of  $Z_2$  conditional on  $Z_1 = 0$  | *l'ATE de  $Z_2$  conditionnel à  $Z_1 = 0$ ,  $(E[Y(Z_2 = 1) - Y(Z_2 = 0)|Z_1 = 0])$*
- ▶  $\gamma_3$ : ATE of having both  $Z_1$  and  $Z_2$  compared with having neither | *l'ATE d'avoir à la fois  $Z_1$  et  $Z_2$  par rapport à n'avoir ni l'un ni l'autre*

## Estimator 2: Linear Regression | *Estimateur 2 : La régression linéaire*

Example of reading a table

## Estimator 3: Linear Regression with an Interaction Term | *Estimateur 3 : La régression linéaire avec un terme d'interaction*

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \beta_3 Z_{1i} * Z_{2i} + e_i$$

- ▶ Indicator variables for  $Z_1$  and  $Z_2$ .
- ▶ We can also do covariate adjustment at the same time.
- ▶ Variables indicatrices pour  $Z_1$  et  $Z_2$ .
- ▶ Nous pouvons également effectuer un ajustement covariable en même temps.

## Estimator 3: Linear Regression with an Interaction Term | *Estimateur 3 : La régression linéaire avec un terme d'interaction*

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \beta_3 Z_{1i} Z_{2i} + e_i$$

- ▶  $\beta_1$  is the ATE of  $Z_1$  conditional on  $Z_2 = 0$  | *l'ATE de  $Z_1$  conditionnel à  $Z_2 = 0$ ,  $(E[Y(Z_1 = 1) - Y(Z_1 = 0)|Z_2 = 0])$*
- ▶  $\beta_2$  is the ATE of  $Z_2$  conditional on  $Z_1 = 0$  | *l'ATE de  $Z_2$  conditionnel à  $Z_1 = 0$ ,  $(E[Y(Z_2 = 1) - Y(Z_2 = 0)|Z_1 = 0])$*

## Estimator 3: Linear Regression with an Interaction Term | *Estimateur 3 : La régression linéaire avec un terme d'interaction*

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \beta_3 Z_{1i} Z_{2i} + e_i$$

- ▶  $\beta_1 + \beta_3 = \text{ATE of } Z_1 \text{ conditional on } Z_2 = 1$  | *l'ATE de  $Z_1$  conditionnel à  $Z_2 = 1$ ,  $(E[Y(Z_1 = 1) - Y(Z_1 = 0)|Z_2 = 1])$*
- ▶  $\beta_2 + \beta_3 = \text{ATE of } Z_2 \text{ conditional on } Z_1 = 1$  | *l'ATE de  $Z_2$  conditionnel à  $Z_1 = 1$ ,  $(E[Y(Z_2 = 1) - Y(Z_2 = 0)|Z_1 = 1])$*
- ▶  $\beta_3$  is called the interaction effect.  $\beta_3$  est appelé l'effet d'interaction.

## Estimator 3: Linear Regression with an Interaction Term | *Estimateur 3 : La régression linéaire avec un terme d'interaction*

Example reading a table