

Inquiries and Answer strategies | Requêtes et stratégies de réponse

How we define and answer questions | Comment nous définissons les questions et y répondons

Inquiry: research question

→ **Estimand:** the true answer to the inquiry

Requête: question de recherche

→ **Estimande:** la vraie réponse à la question

Answer strategy: how you will generate answers from the data

→ **Estimate:** empirical answer to your inquiry | réponse empirique à votre demande

Stratégie de réponse: comment allez-vous générer des réponses à partir des données

→ **Estimation:** réponse empirique à votre demande

Inquiries | Requêtes → estimands | paramètres

- ▶ Your inquiry is your *question*
- ▶ Your estimand is the *true answer* to the question
- ▶ Votre demande est votre *question*
- ▶ Votre estimation est la *vraie réponse*

What is your question?

Is the average effect positive in the sample?

What is the average effect in the sample?

What is the effect among people who comply with treatment?

What is the effect among women in the sample?

Quelle est votre question?

L'effet moyen est-il positif dans l'échantillon ?

Quel est l'effet moyen dans l'échantillon?

Quel est l'effet sur les personnes qui se conforment au traitement?

Quel est l'effet sur les femmes de l'échantillon?

Sample average treatment effect Average difference between treated and control potential outcomes *among sampled units*

Effet moyen du traitement sur l'échantillon Différence moyenne entre les résultats potentiels des unités traitées et des unités de contrôle *parmi les unités échantillonnées*

Sample average treatment effect: | Effet moyen du traitement sur l'échantillon:

$$\frac{1}{n} \left\{ \sum_{i \leq n} Y_i(1) - \sum_{i \leq n} Y_i(0) \right\}$$

Inquiries | Requêtes → estimands | paramètres

Inquiry	Estimand
What is the causal effect of CCTs on gender inequality?	?
What is the causal effect of coffee on whether I got the quiz right?	?
Is the average effect positive?	?

Requêtes	Paramètres
Quel est l'effet causal des CCTs sur l'inégalité entre les sexes ?	?
Quel est l'effet causal du café sur le fait que j'ai bien répondu au questionnaire ?	?
L'effet moyen est-il positif ?	?

Inquiries | Requêtes → estimands | paramètres

Inquiry	Estimand
What is the causal effect of CCTs on gender inequality?	-0.2
What is the causal effect of coffee on whether I got the quiz right?	0.05
Is the average effect positive?	Yes

Requêtes	Paramètre
Quel est l'effet causal des CCTs sur l'inégalité entre les sexes ?	-0.2
Quel est l'effet causal du café sur le fait que j'ai bien répondu au questionnaire ?	0.05
L'effet moyen est-il positif ?	Oui

Answer strategies | Stratégies de réponse

Answer strategy takes *data* and returns an *estimate* (answer)
Many answer strategies could target same inquiry!

Examples: - Linear regression with $Y \sim Z + X$ (take coefficient on Z)

- ▶ Probit regression → difference in predicted probability

La stratégie de réponse prend des *données* et renvoie une *estimation* (réponse) . Plusieurs stratégies de réponse peuvent cibler la même question!

Exemples: - Régression linéaire avec $Y \sim Z + X$ (prendre le coefficient sur Z)

- ▶ Régression probit → différence dans la probabilité prédite

How to select an answer strategy | Comment choisir une stratégie de réponse ?

Analyze as you randomize:

1. Plug-in principle
2. Reverse distortions created by your design

Analysez selon le niveau de randomisation :

1. Principe de l'enfichage
2. Inverser les distorsions créées par votre conception

Plug-in principle | Principe de l'enfichage

To estimate unknown quantities, “plug in” observed data and apply the same function (e.g., average)

Pour estimer des quantités inconnues, il faut “brancher” les données observées et appliquer la même fonction (par exemple, la moyenne).

Plug-in principle | Principe de l'enfichage

Example: sample average treatment effect after complete random assignment

- ▶ Inquiry: Average treated potential outcome - Average control potential outcome
- ▶ Answer strategy: Average outcome in treatment group - Average outcome in control group

Exemple : effet moyen du traitement de l'échantillon après une randomisation complète

- ▶ Enquête : Résultat potentiel moyen du traitement - Résultat potentiel moyen du contrôle
- ▶ Stratégie de réponse : Résultat moyen dans le groupe de traitement - Résultat moyen dans le groupe de contrôle

Plug-in principle | Principe de l'enfichage

Inquiry:

$$\frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(1) - \frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(0)$$

Example: sample average treatment effect after complete random assignment

Answer strategy:

$$\frac{1}{n_1} \sum_{i: Z_i=1} Y_i - \frac{1}{n_0} \sum_{i: Z_i=0} Y_i$$

Requête:

$$\frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(1) - \frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(0)$$

Exemple: effet moyen du traitement de l'échantillon après une randomisation complète

Stratégie de réponse:

$$\frac{1}{n_1} \sum_{i: Z_i=1} Y_i - \frac{1}{n_0} \sum_{i: Z_i=0} Y_i$$

Plug-in principle | Principe de l'enfichage

Example: sample average treatment effect after complete random assignment

Inquiry:

$$\frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(1) - \frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(0)$$

Answer strategy:

`summarize(data, estimate =
mean(Y[Z == 1]) - mean(Y[Z
== 0]))`

Example: effet moyen du traitement de l'échantillon après une randomisation complète

Requête:

$$\frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(1) - \frac{1}{n} \sum_{i \leq n} Y_i(0)$$

Stratégie de réponse:

`summarize(data, estimate =
mean(Y[Z == 1]) - mean(Y[Z
== 0]))`

Applying the answer strategy | Application de la stratégie de réponse

Let's look at just the top six rows in our observed data:

ID	X	Z	Y
001	0	1	-0.03
002	0	1	-0.02
003	0	1	-0.09
004	1	1	1.10
005	0	1	0.08
006	0	1	-0.29

Examinons uniquement les six premières lignes de nos données observées :

ID	X	Z	Y
001	1	0	1.29
002	0	1	-0.14
003	0	1	0.47
004	1	0	0.93
005	0	1	-0.44
006	1	0	1.02

Applying the answer strategy | Application de la stratégie de réponse

Our answer strategy:

```
summarize(data, mean(Y[Z  
== 1]) - mean(Y[Z == 0]))  
(difference-in-means)
```

Our estimate:

```
##          estimate  
## 1 0.005169667
```

Notre stratégie de réponse :

```
summarize(data, mean(Y[Z  
== 1]) - mean(Y[Z == 0]))  
(difference-in-means)
```

Notre estimation :

```
##          estimate  
## 1 0.005169667
```

How to assess your answers | Comment évaluer vos réponses

- ▶ Assess your *answer strategy* through simulation (diagnosis)
- ▶ Assess your *answer* using uncertainty estimate (standard errors, confidence intervals)
- ▶ Évaluer votre *stratégie de réponse* par la simulation (diagnostic)
- ▶ Évaluez votre *réponse* en utilisant une estimation d'incertitude (erreurs type, intervalles de confiance).

Answer strategies | Stratégies de réponse

We want an answer strategy that is:

- (a) *unbiased* (valid),
- (b) *low variance* (reliable), and
- (c) for which we can characterize our uncertainty

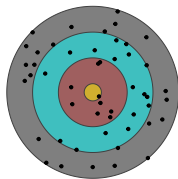
Nous voulons une stratégie de réponse qui soit :

- (a) *non biaisée* (valide),
- (b) *faible variance* (fiable), et
- (c) pour lesquels nous pouvons caractériser notre incertitude

Answer strategies | Stratégies de réponse

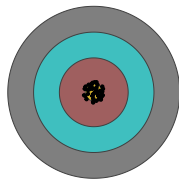
Unbiased, imprecise

SD = 0.24
Bias = 0.00
RMSE = 0.24



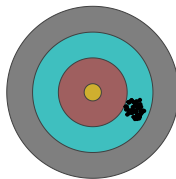
Unbiased, precise

SD = 0.03
Bias = 0.00
RMSE = 0.03



Biased, precise

SD = 0.03
Bias = 0.54
RMSE = 0.54



• Estimates • Estimand

How do we assess answer strategies | Comment évaluer les stratégies de réponse

Sampling distribution:

What happens when we run the experiment many times?

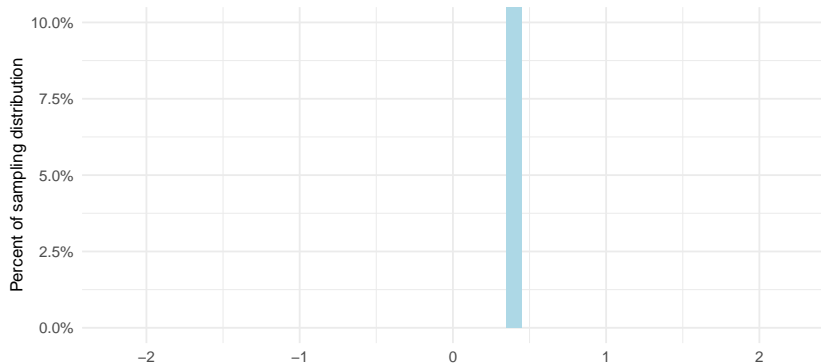
Distribution

d'échantillonnage:

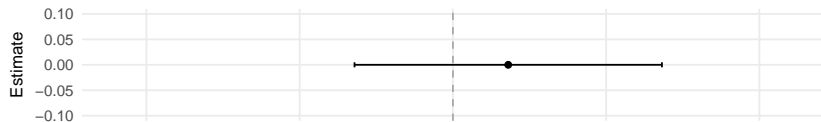
Que se passe-t-il si nous répétons l'expérience plusieurs fois ?

What is a sampling distribution? | Qu'est-ce qu'une distribution d'échantillonnage ?

Sampling distribution of estimates

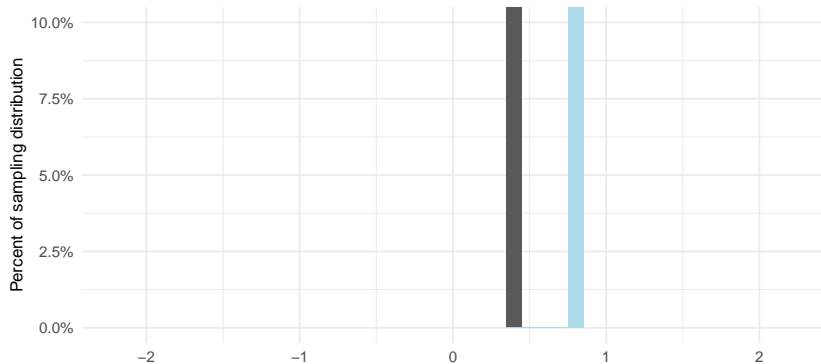


Estimate #1

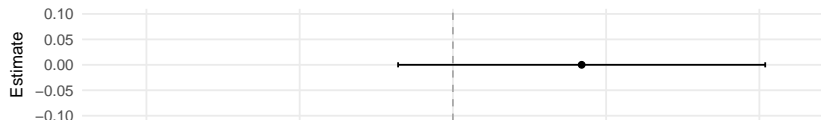


What is a sampling distribution? | Qu'est-ce qu'une distribution d'échantillonnage ?

Sampling distribution of estimates

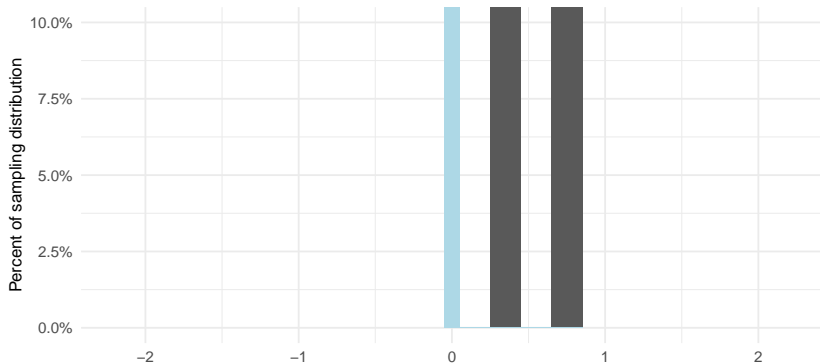


Estimate #2



What is a sampling distribution? | Qu'est-ce qu'une distribution d'échantillonnage ?

Sampling distribution of estimates

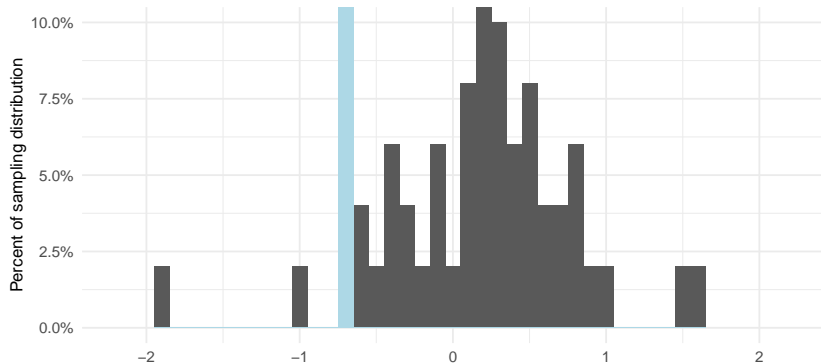


Estimate #5

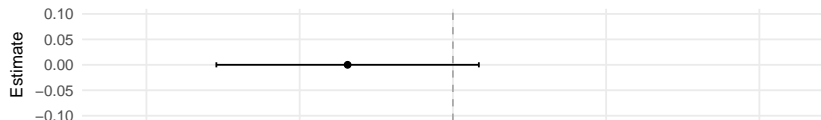


What is a sampling distribution? | Qu'est-ce qu'une distribution d'échantillonnage ?

Sampling distribution of estimates

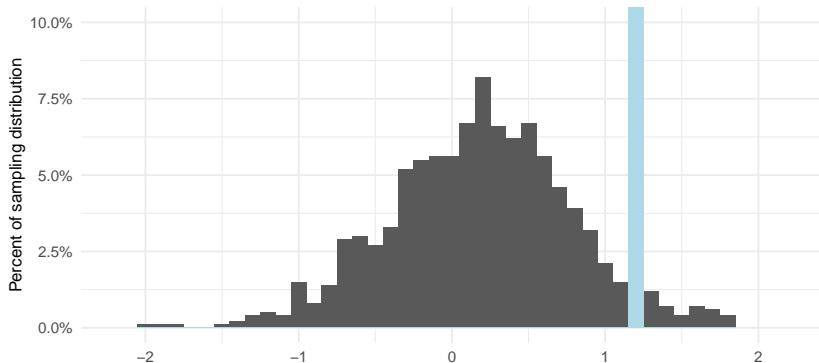


Estimate #50

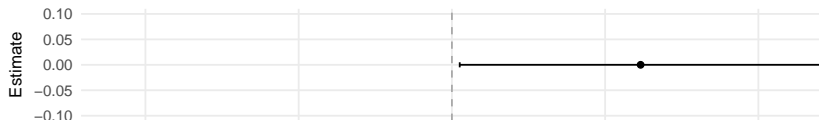


What is a sampling distribution? | Qu'est-ce qu'une distribution d'échantillonnage ?

Sampling distribution of estimates

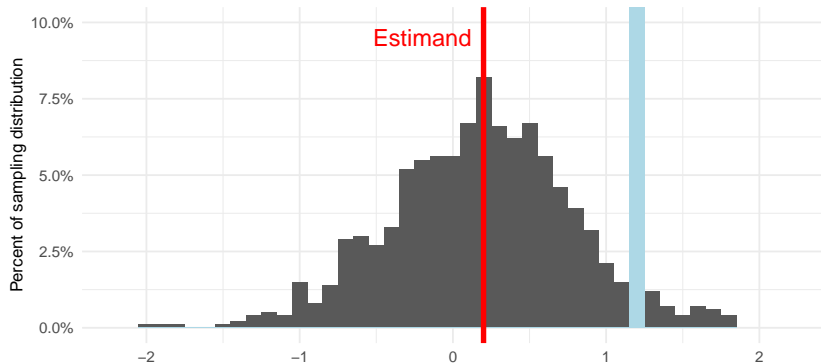


Estimate #1000

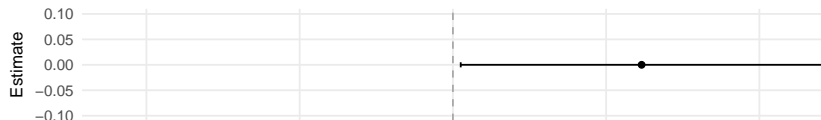


What is a sampling distribution? | Qu'est-ce qu'une distribution d'échantillonnage ?

Sampling distribution of estimates



Estimate #1000



How do we assess answer strategies | Comment évaluer les stratégies de réponse

Bias:

What's the average difference between our estimates and the estimand?

Standard deviation of estimates:

How much do our estimates vary?

Root mean squared error:

How far off are we on average?
(Combines bias and s.d.!))

Bias:

Quelle est la différence moyenne entre nos estimations et le paramètre ?

Écart-type des estimations:

De combien varient nos estimations ?

Erreur quadratique moyenne:

Quelle est la différence moyenne entre nos estimations et le paramètre ? (Combine le biais et l'écart-type !)

How do we assess answer strategies | Comment évaluer les stratégies de réponse

Bias:

`mean(estimate - estimand)`

Standard deviation of estimates:

`sd(estimate))`

Mean squared error:

`sqrt(mean((estimate - estimand)^2))`

Bias:

`moyenne(estimation - paramètre)`

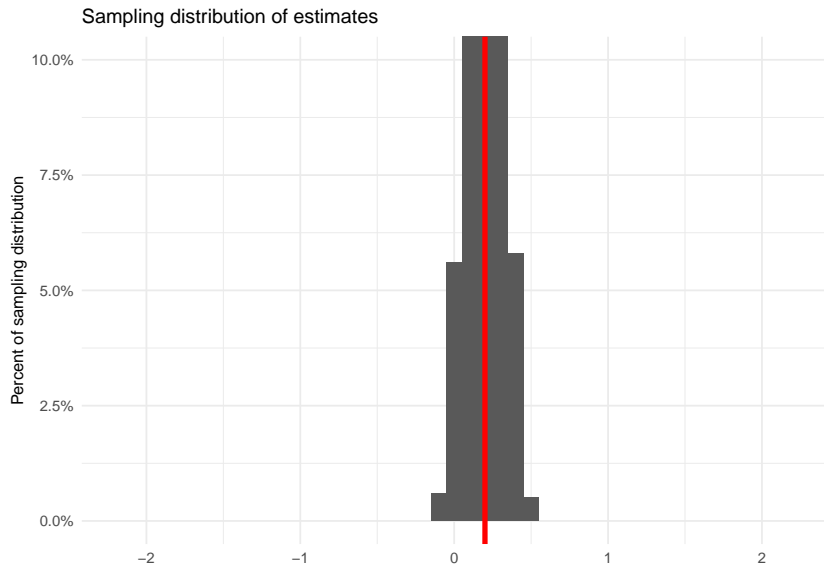
Écart-type des estimations:

`sd(estimation))`

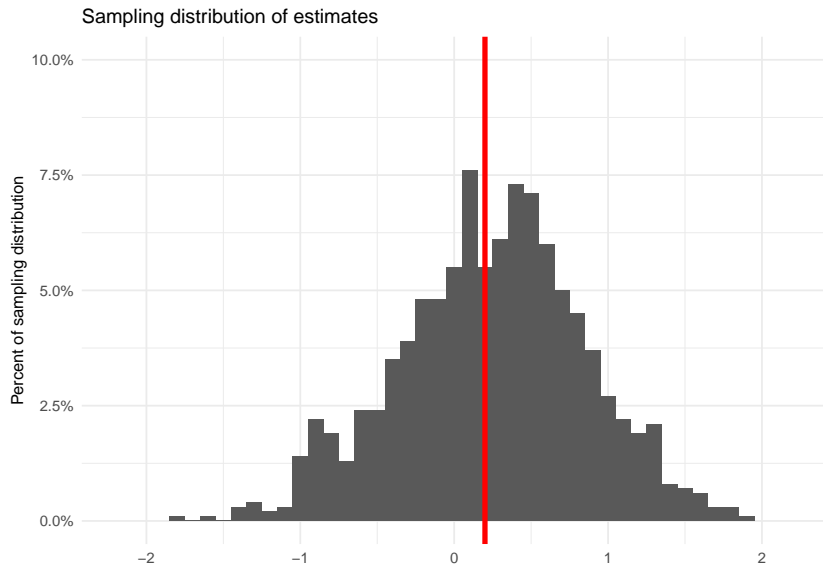
Erreur quadratique moyenne:

`sqrt(mean((estimate - estimand)^2))`

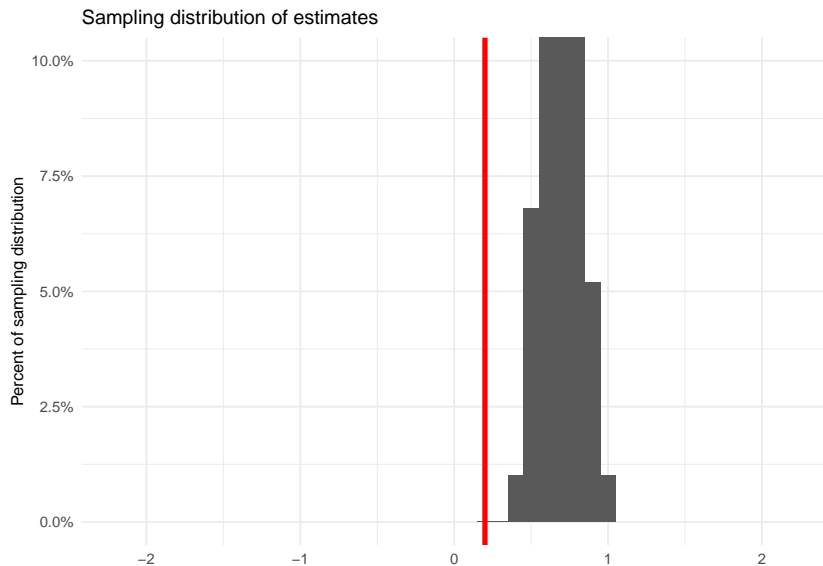
Unbiased, precise | Sans biais, précis



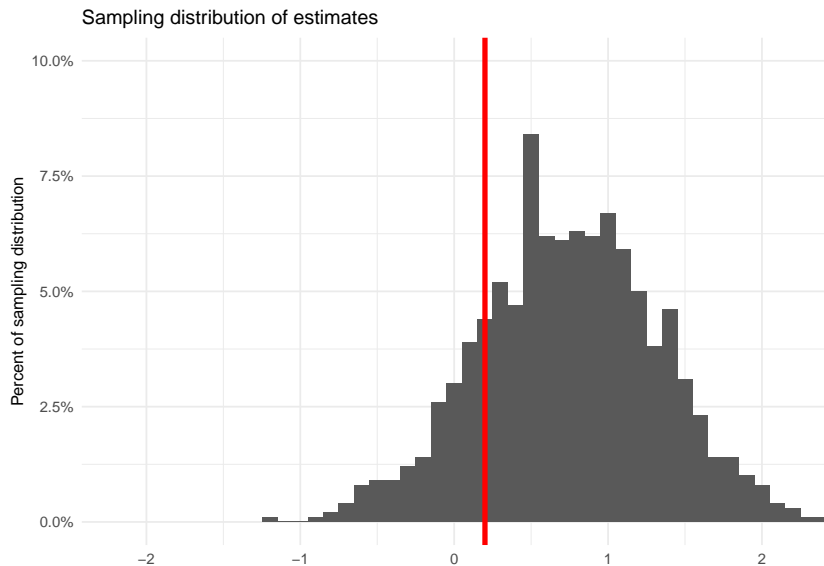
Unbiased, imprecise | Sans biais, imprécis



Biased, precise | Biaisé, précis



Biased, imprecise | Biaisé, imprécis



Assessing the answer strategy | Évaluation de la stratégie de réponse

Back to example:

- ▶ **Experiment:** complete random assignment
- ▶ **Inquiry:** sample average treatment effect
- ▶ **Answer strategy:** difference-in-means

Retour à l'exemple :

- ▶ **Expérience:** Randomisation complète
- ▶ **Interrogation:** effet moyen du traitement sur l'échantillon
- ▶ **Stratégie de réponse:** différence de moyenne

assignment	answer strategy	diagnosand	estimate
complete	difference-in-means	bias	0.00
complete	difference-in-means	sd_estimate	0.07
complete	difference-in-means	rmse	0.07

Assessing answers | Évaluer les réponses

Standard error - estimate of the true standard deviation of the sampling distribution

Confidence interval - interval designed to cover the true estimand 95% of the time

Erreur type - estimation de l'écart type réel de la distribution d'échantillonnage.

Intervalle de confiance - intervalle conçu pour couvrir la vraie valeur du paramètre dans 95 % des cas.

`difference_in_means(Y ~ Z, data = experiment_df)`

Estimate	Standard error	Confidence interval
0.12	0.07	(-0.01, 0.26)

Analyze as you randomize:

1. Plug-in principle
2. Correct for distortions

Select an answer strategy that is unbiased, low variance, and quantify level of uncertainty

Analysez selon le niveau de randomisation :

1. Principe de l'enfichage
2. Corriger les distorsions

Sélectionner une stratégie de réponse sans biais, à faible variance, et quantifier le niveau d'incertitude.

New example: block randomization

Inquiry: sample average treatment effect

Random assignment procedure: block randomization

```
mutate(data, Z = block_ra(blocks = X, block_prob =  
c(0.2, 0.5)))
```

First six rows of data:

ID	X	Z	Y
001	1	0	0.99
002	0	0	0.05
003	1	0	1.17
004	1	1	1.23
005	1	0	1.04
006	1	0	1.00

Requête : effet moyen du traitement sur l'échantillon

Procédure d'assignation aléatoire: randomisation par blocs

Six premières lignes de données :

ID	X	Z	Y
001	1	1	1.27
002	1	1	1.01
003	1	0	0.88
004	0	0	0.08
005	1	0	1.28
006	0	0	0.19

New example: block randomization | Nouvel exemple : la randomisation par blocs

Inquiry: sample average treatment effect

Random assignment procedure: block randomization

Summary of same data:

Requête : effet moyen du traitement sur l'échantillon

Procédure d'assignation aléatoire : randomisation par blocs

X	Z = 0	Z = 1
0	100	25
1	63	62

New example: block randomization | Nouvel exemple : la randomisation par blocs

What answer strategy should we select? | Quelle stratégie de réponse devons-nous choisir ?

New example: block randomization | Nouvel exemple : la randomisation par blocs

1. Plug-in principle

Two mini-experiments \rightarrow two difference-in-means estimates \rightarrow average across blocks

1. Principe de l'enfichage

Deux mini-expériences \rightarrow deux estimations de la différence des moyennes \rightarrow moyenne entre les blocs

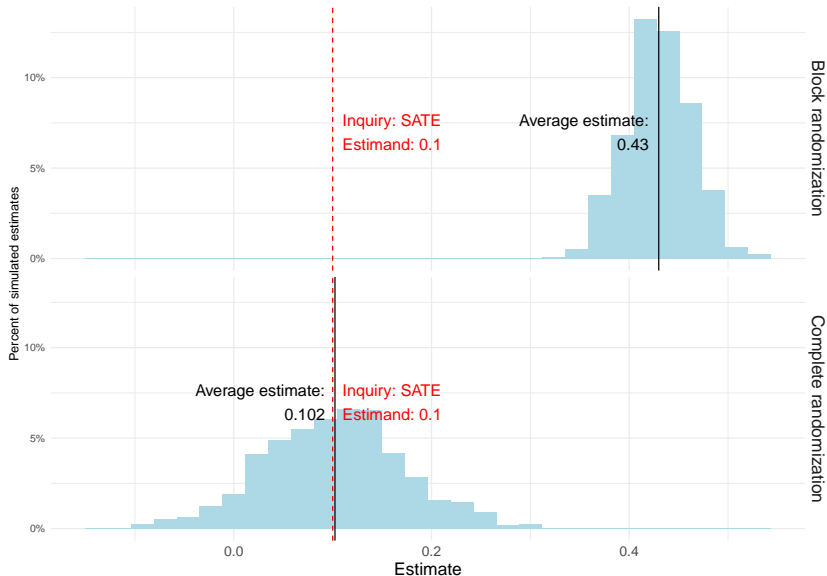
New example: block randomization | Nouvel exemple : la randomisation par blocs

```
data |>
  group_by(X) |>
  summarize(block_estimate =
    mean(Y[Z == 1]) - mean(Y[Z == 0])) |>
  summarize(estimate = mean(block_estimate))
```

X	block_estimate
0	0.16
1	0.05

estimate
0.1

Assessing our answer strategy | Évaluer notre stratégie de réponse



What answer strategy should we select? | Quelle stratégie de réponse devons-nous choisir ?

2. Reverse distortions

Probability of assignment differs across units!

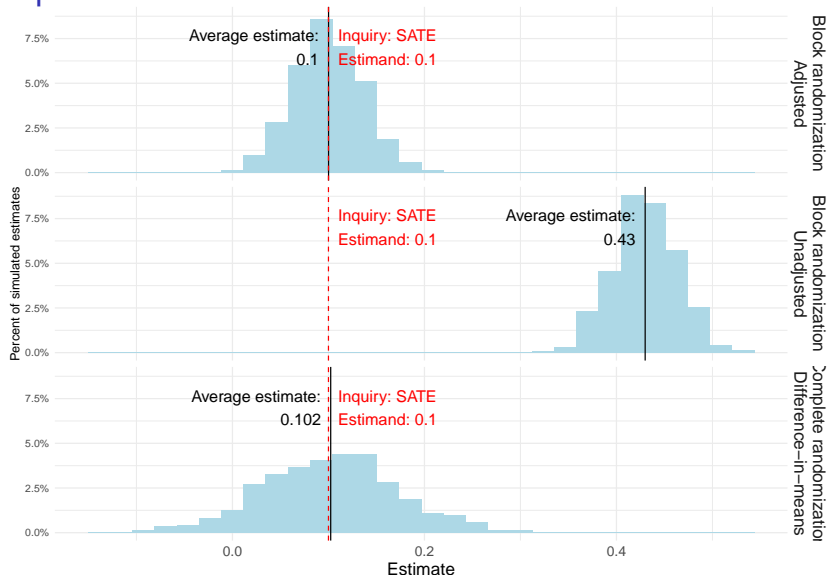
Reverse by weights: $\frac{1}{\Pr(\text{assignment})}$

2. Inverser les distorsions

La probabilité d'affectation diffère d'une unité à l'autre !

Inversion par les poids : $\frac{1}{\Pr(\text{assignment})}$

What answer strategy should we select? | Quelle stratégie de réponse devons-nous choisir ?



Returning to assessing answers | Retour à l'évaluation des réponses

design	estimator	estimate	std.error	conf.low	conf.high
complete	difference-in-means	0.07	0.07	-0.06	0.20
blocked	difference-in-means	0.43	0.07	0.29	0.56

How to select a standard error estimator | Comment sélectionner un estimateur de l'erreur type

Guidance is harder!

1. Use robust standard errors
2. Is assignment clustered? → cluster-robust s.e. at level where assignment took place
3. Is the inquiry about a population from which you randomly sampled? Advice above may not apply.

L'orientation est plus difficile !

1. Utiliser des erreurs type robustes
2. L'affectation est-elle en grappe (cluster) ? → Erreur type robuste en grappe au niveau où l'assignation a eu lieu.
3. L'enquête porte-t-elle sur une population dont l'échantillon a été sélectionné au hasard ? Les conseils ci-dessus peuvent ne pas s'appliquer.

How do we assess uncertainty estimates | Comment évaluer les estimations de l'incertitude

1. Standard error is an estimate! Calculate bias
2. Compare rate CI contains ("covers") the truth – "coverage" – to selected nominal rate e.g. 95%
1. L'erreur type est une estimation ! Calculer le biais
2. Comparer le taux d'IC qui contient ("couvre") la vérité – "couverture" – au taux nominal sélectionné, par exemple 95%.

assignment	diagnosand	estimate
complete	se_bias	0.00
blocked	se_bias	0.04
blocked_adjusted	se_bias	0.00
complete	coverage	0.94
blocked	coverage	0.00
blocked_adjusted	coverage	0.95

1. **Choose an answer strategy** using the plug-in principle and then reverse distortions from the design.
2. **Assess your answer strategy** (through simulation): is it unbiased and low variance? Can you characterize uncertainty?

1. **Choisissez une stratégie de réponse** en utilisant le principe du “plug-in” et en inversant les distortions de la conception.
2. **Évaluez votre stratégie de réponse** (par simulation) : est-elle sans biais et à faible variance ? Pouvez-vous caractériser l'incertitude ?

- 3. Choose an unbiased estimator of your uncertainty.** Use robust standard errors. If you use cluster assignment, cluster-robust standard errors.
- 4. Assess your answers:** is the standard error small (confidence interval narrow) enough to be confident in your decision?
- 3. Choisissez un estimateur sans biais de votre incertitude.** Utilisez des erreurs type robustes. Si vous utilisez une assignation par grappes, utilisez des erreurs type robustes.
- 4. Évaluez vos réponses :** l'erreur type est-elle suffisamment petite (intervalle de confiance étroit) pour que vous soyez sûr de votre décision ?