

# Fondements empiriques de la méthode expérimentale

Mattia A. Fritz

TECFA, Université de Genève

# Source connaissance empirique

## › Observations

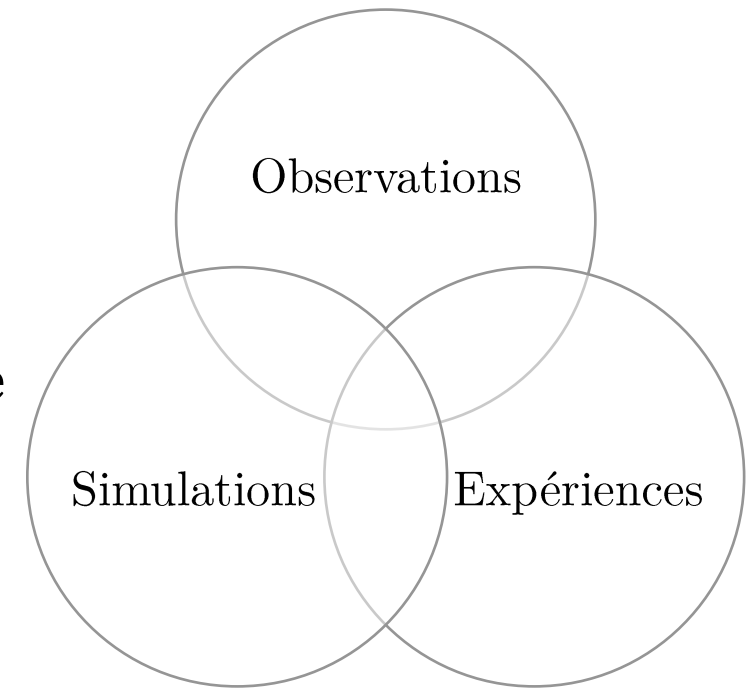
La « réalité » est observée de manière plutôt passive, en exploitant des phénomènes qui se manifestent *spontanément*

## › Simulations

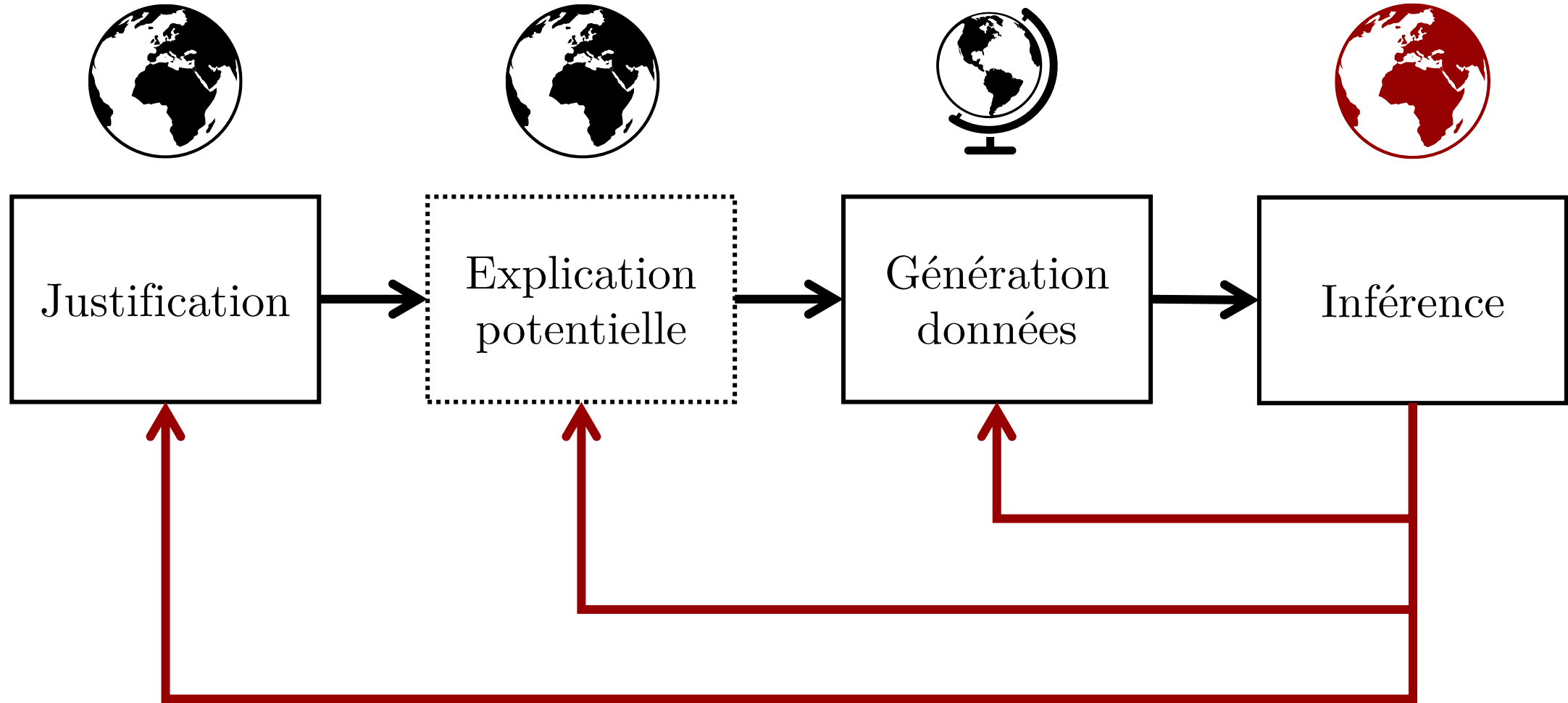
La « réalité » est (re)construite à travers des mécanismes computationnels qui illustrent l'évolution d'un phénomène

## › **Expériences**

La « réalité » est sollicitée par une **intervention** active, pondérée et planifiée, dont l'**effet** est évalué sur un **phénomène d'intérêt**



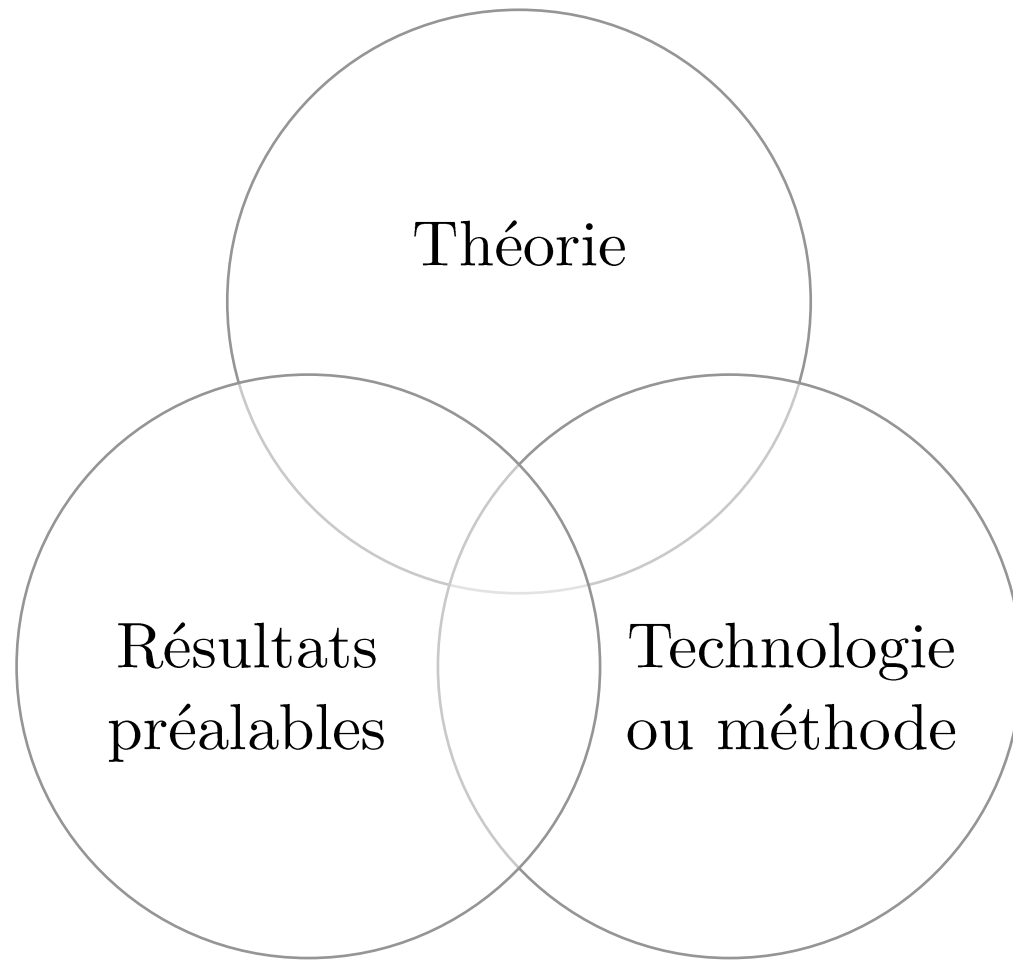
# Étapes principales d'une expérience





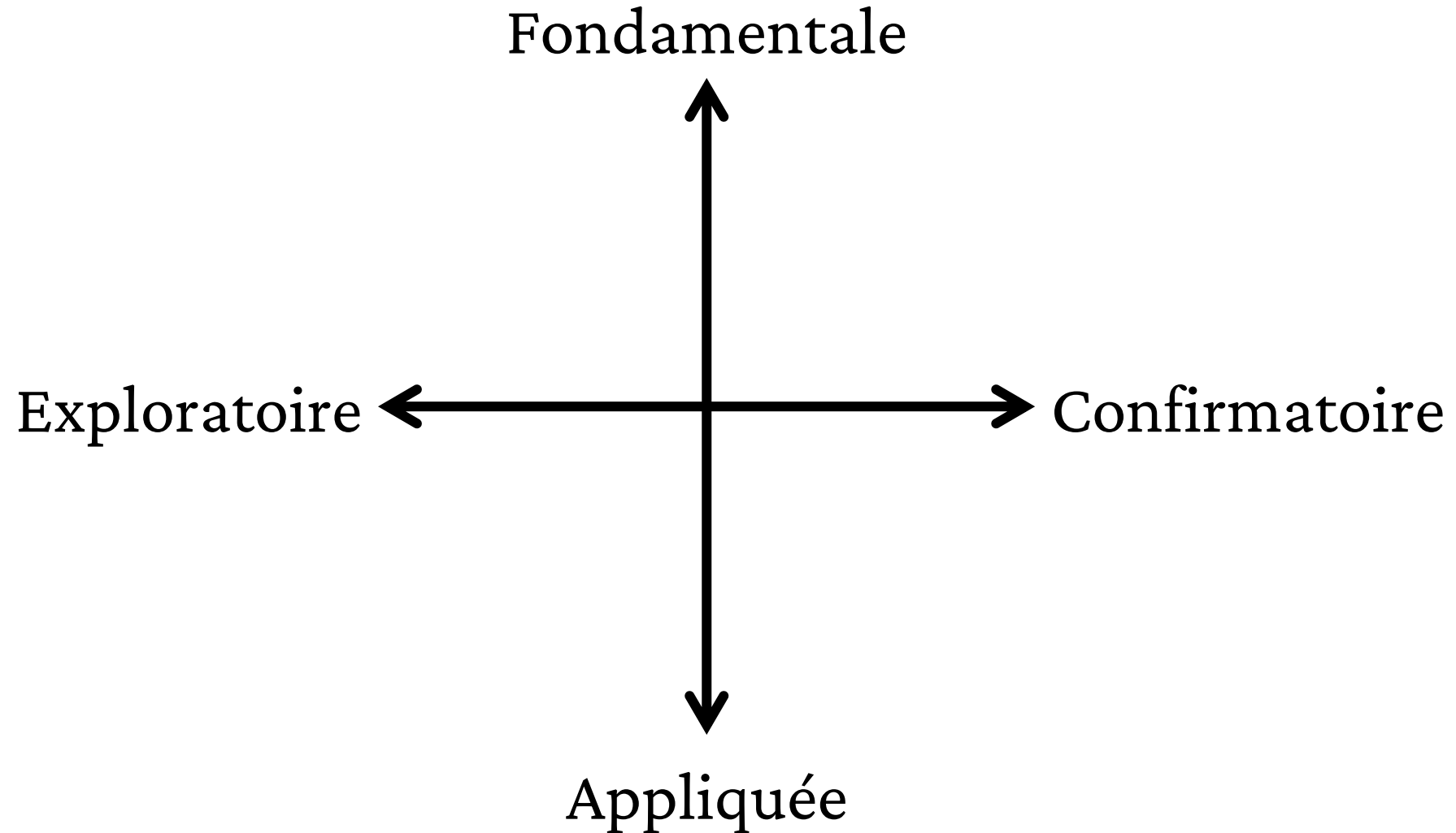
**Justification**

# Justification scientifique



Plus une expérience est ancrée dans le corpus de connaissances scientifiques disponibles, le plus elle est considérée pertinente et **justifiée**.

# Justification scientifique



# Justification éthique



Intérêt et bénéfices de ce qu'on peut découvrir, corroborer ou rejeter à travers l'expérience

Coûts et dangers potentiels pour les entités impliquées, notamment pour les participant-es

# Question/problématique



Dans la recherche expérimentale, la question ou problématique de recherche établit le type d'**intervention** envisagée et les **phénomènes** sur lesquels on attend un effet.



# Définitions

## › Intervention

Par intervention, on se réfère de manière très flexible à une action qui modifie la « réalité », y compris de manière épistémique (i.e. ce que l'on sait sur un sujet). L'action peut être concrète et appliquée (e.g. introduire une technologie en salle de classe, proposer un scénario pédagogique innovant, mettre à jour une interface utilisateur, ...) ou plus abstraite et théorique (e.g. un principe ou une théorie pédagogique, un référentiel de compétences, un plan d'études, ...).

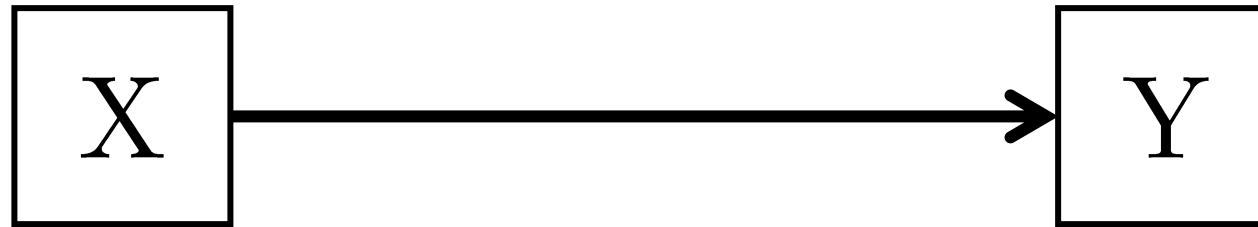
## › Phénomène

Par phénomène, on se réfère de manière très flexible à un pattern d'événements qui se répète de manière congruente, par exemple dans des conditions similaires. Le pattern peut être concret et appliqué (e.g. la rétention mnésique d'éléments dans une liste, la perception d'utilité d'un artefact technologique, ...) ou plus abstrait et théorique (e.g. la compréhension de texte, la collaboration, le bien-être des étudiant-es, ...).



# Explication causale potentielle

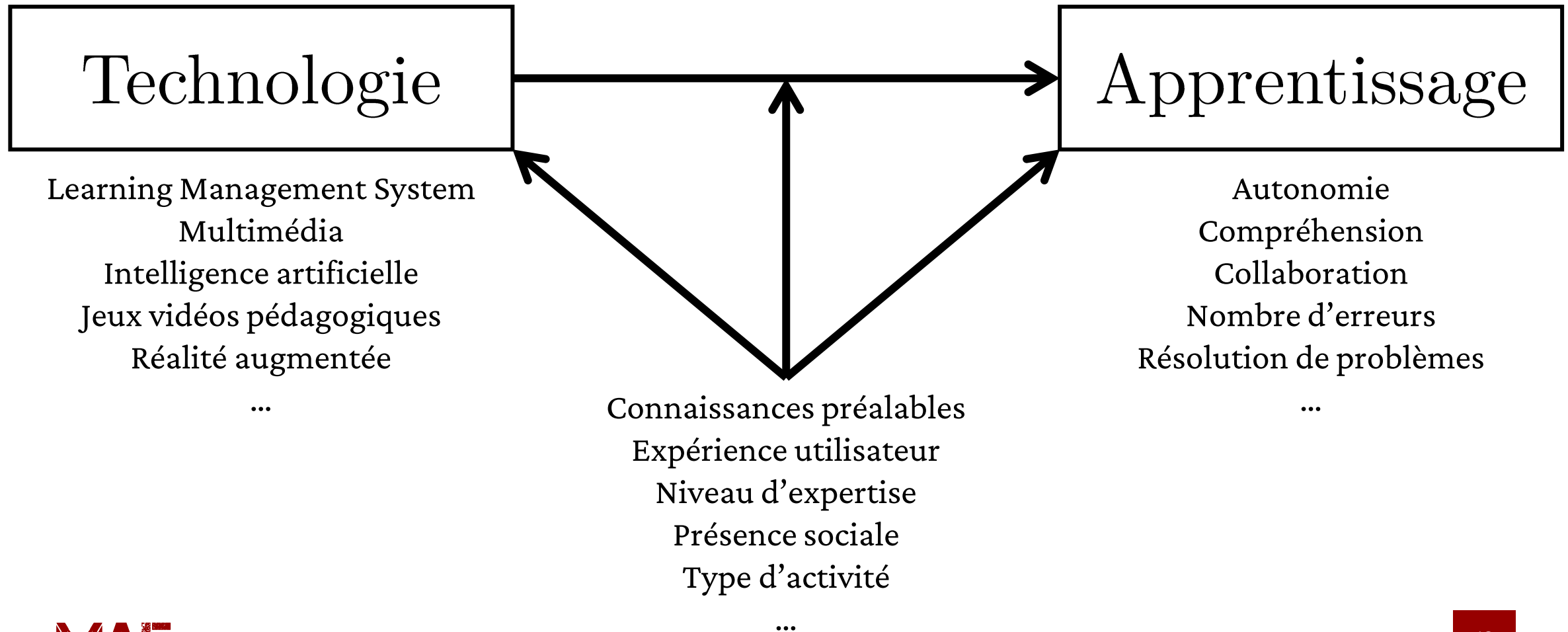
# Explication potentielle



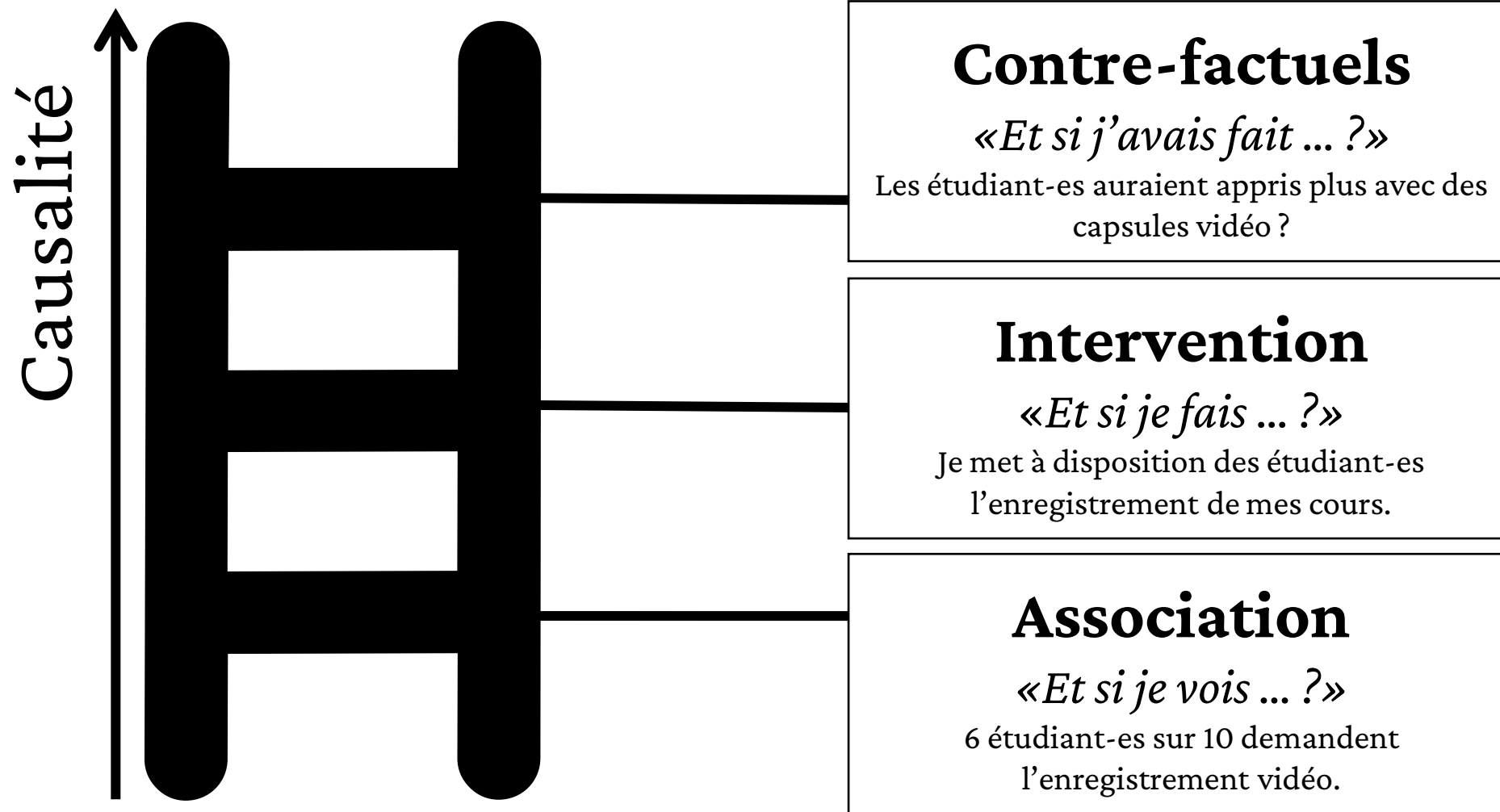
Émettre une hypothèse (ou en tester une déjà existante) à propos d'un *mécanisme causal* qui pourrait expliquer l'effet d'une **intervention X** sur le **phénomène d'intérêt Y**.

L'effet existe si Y « *écoute* » X pour déterminer son état.

# Explication potentielle



# Explication potentielle



# Explication potentielle



La méthode expérimentale **facilite**, *mais ne garantit pas*, la montée de l'échelle de causalité grâce à la façon dont les données empiriques sont **générées**.



## Génération des données

# Création d'un micro-monde



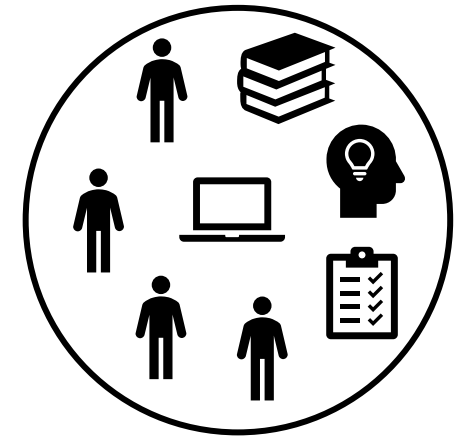
Macro-monde



Réduction complexité

Représentativité

Micro-monde

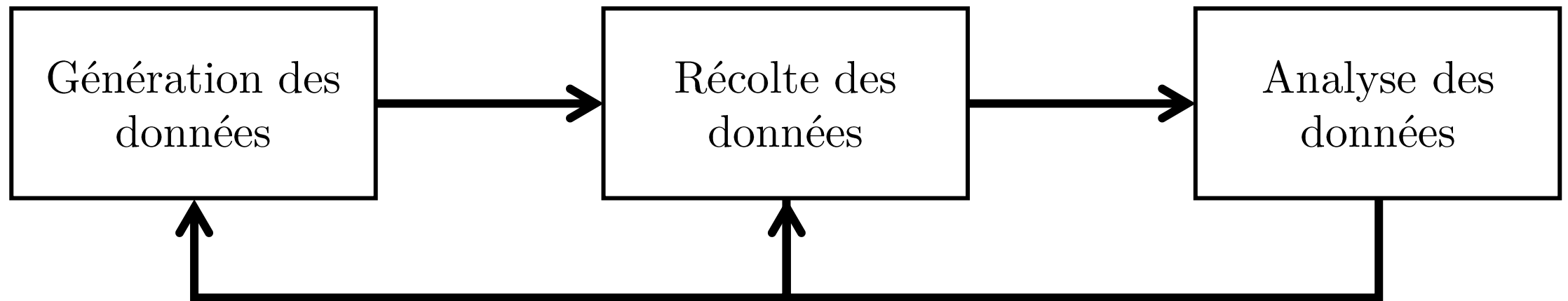




# Génération des données



Une expérience consiste dans la génération des données à l'intérieur d'un « *micro-monde* » qui est déterminé par l'ensemble des choix épistémologiques et méthodologiques implémentés par les chercheurs.



# Éléments du micro-monde (méthode)

## › Génération des données

Entités (personnes, stimuli, ...) ; tâche (résolution de problème, collaboration, ...) ; procédure (étapes, éléments cachés, ...) ; ...

## › Récolte des données

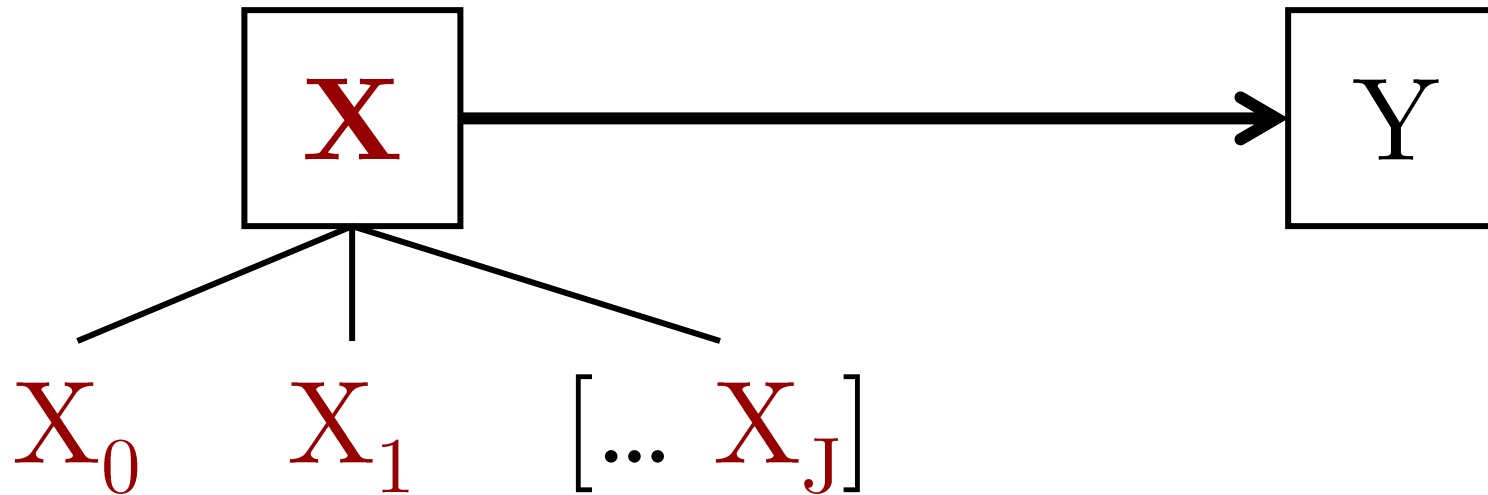
Format (questionnaire, mesure physiologiques, vidéos, ...) ; instruments (eye-tracker, tablette, ...) ; situation/contexte (laboratoire, salle de classe, en ligne, ...) ; ...

## › Analyse des données

Logiciels (R, SPSS, ...) ; résumés/visualisations (moyenne, écart type, ...) ; test statistique (t-test, ANOVA, ...) ; ...

Le jeu des données et les résultats d'une expérience sont eux-mêmes des données empiriques qui peuvent être réutilisées (c.f. **méta-analyse**, analyse secondaire, ...)

# Dans le micro-monde $X = VI$

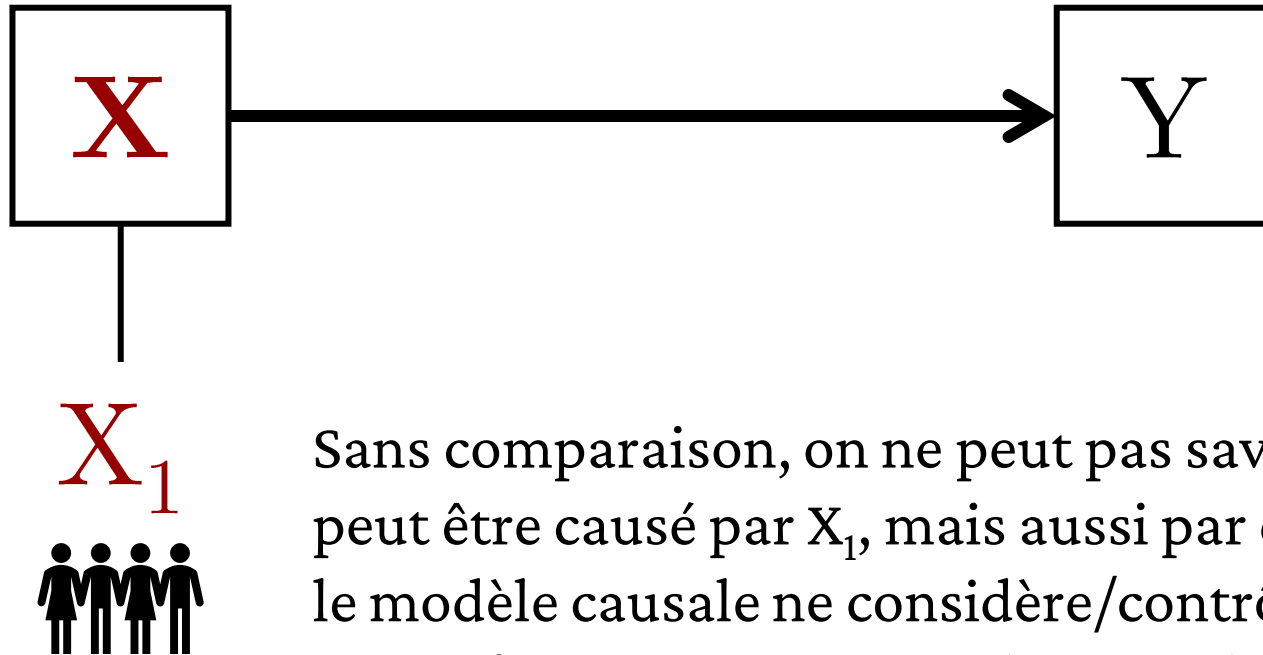


L'intervention  **$X$**  se traduit/opérationnalise par au moins une **variable indépendante (VI)**, ou facteur expérimental, avec au moins deux **modalités** décidées par les chercheurs.

# Non-experimental design



Les entités (e.g. participant-es) ont la même intervention

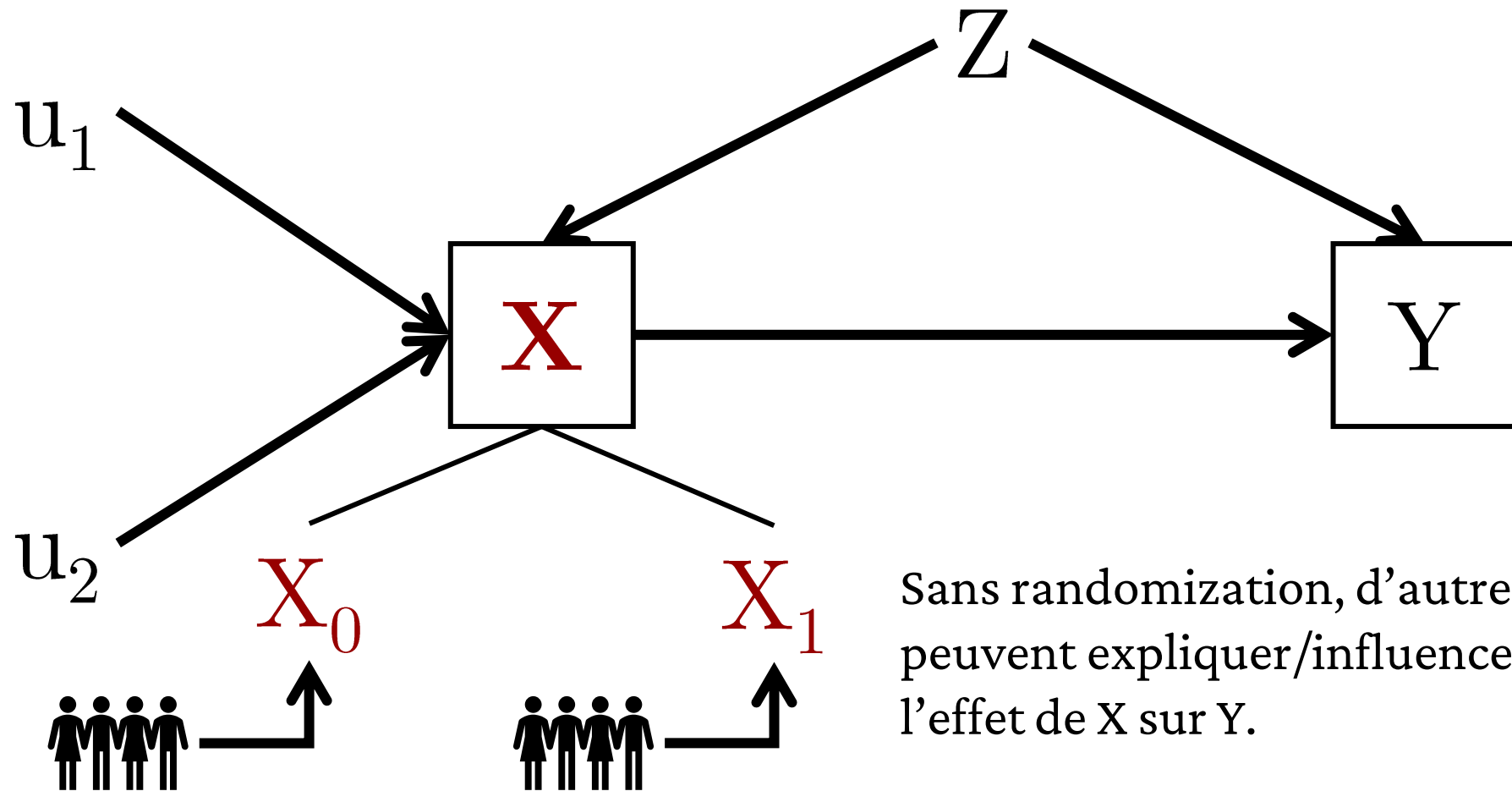


Sans comparaison, on ne peut pas savoir si  $X_1$  a un effet. Y peut être causé par  $X_1$ , mais aussi par d'autres facteurs que le modèle causale ne considère/contrôle pas.  $X_1$  pourrait même freiner Y si Y serait plus grand sans intervention  $X_1$  !

# Quasi-experimental design



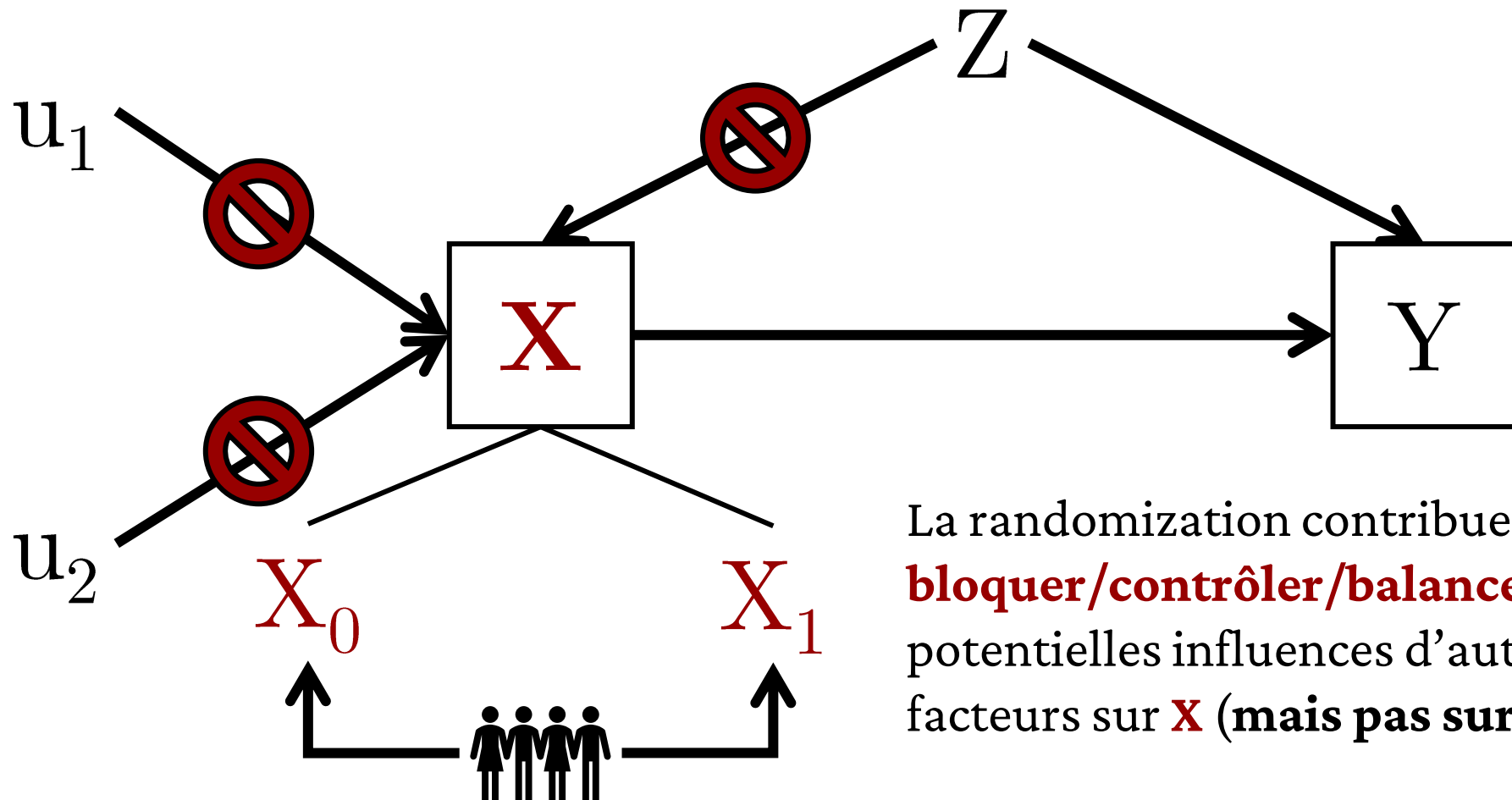
Attribution **à priori** des entités (e.g. participant-es) à la VI



# Full-experimental design

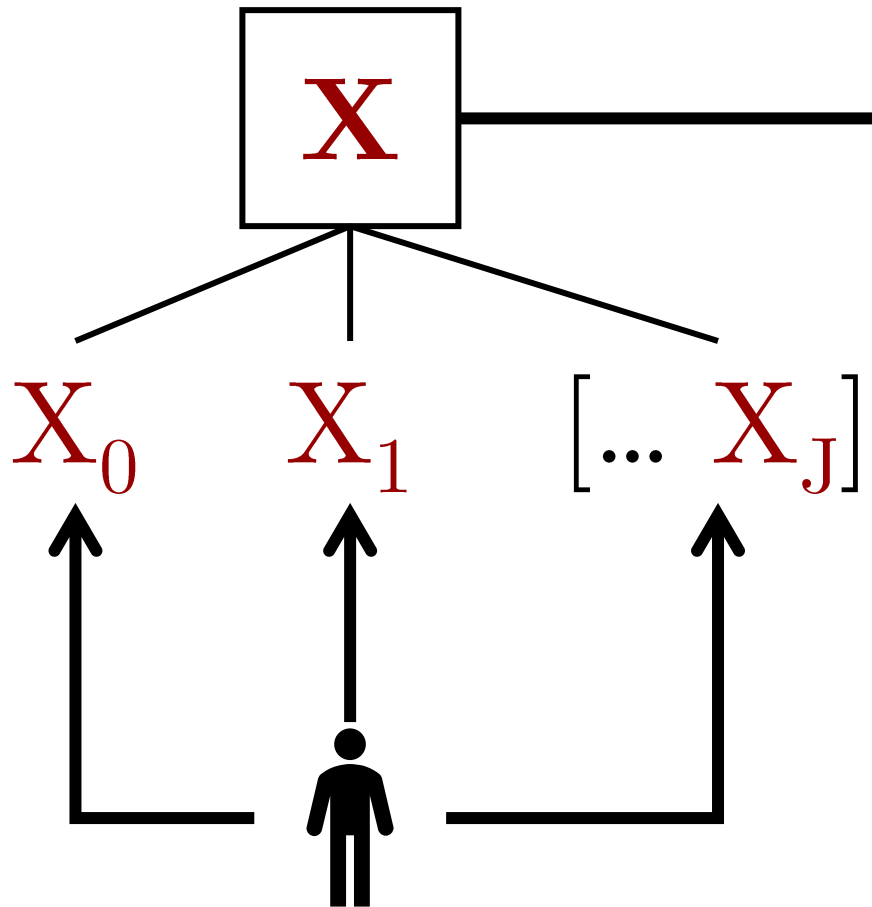


Attribution **aléatoire** des entités (e.g. participant-es) à la VI



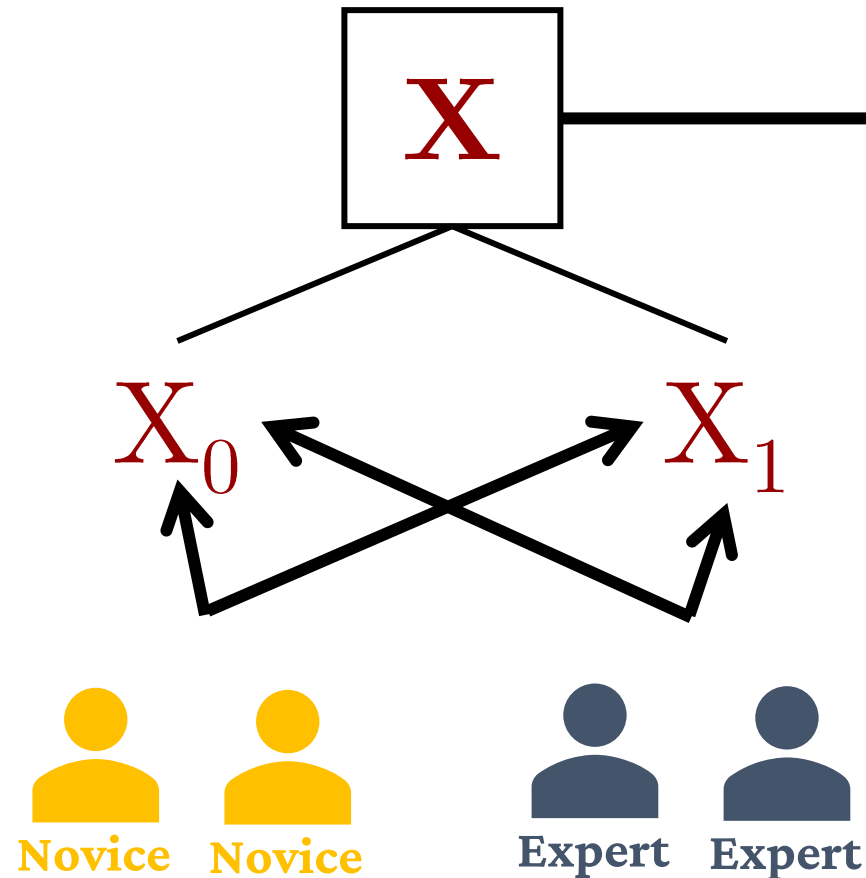
La randomization contribue à **bloquer/contrôler/balancer** des potentielles influences d'autres facteurs sur **X** (mais pas sur **Y**).

# Attribution totalement aléatoire



Chaque entité (e.g. participant-e) a exactement **les mêmes chances** d'être attribuée à une modalité de la VI **indépendamment** de ses caractéristiques.

# Attribution aléatoire par blocs



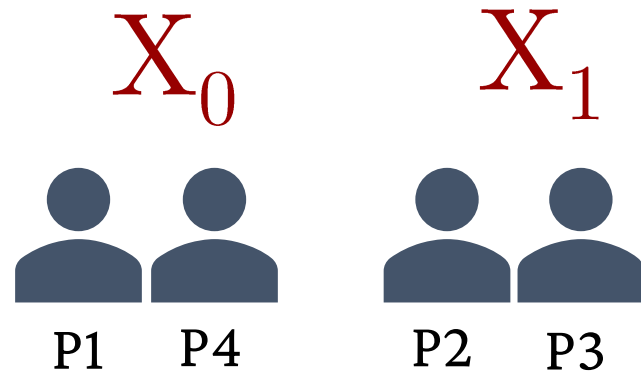
Chaque entité (e.g. participant-e) est attribuée **à priori** à un bloc/groupe. Ensuite, à l'intérieur de chaque bloc/groupe, chaque entité a les mêmes chances d'être attribuée à une modalité. On parle parfois dans ce cas d'une **VI invoquée** (vs. provoquée).



# Différents plans expérimentaux

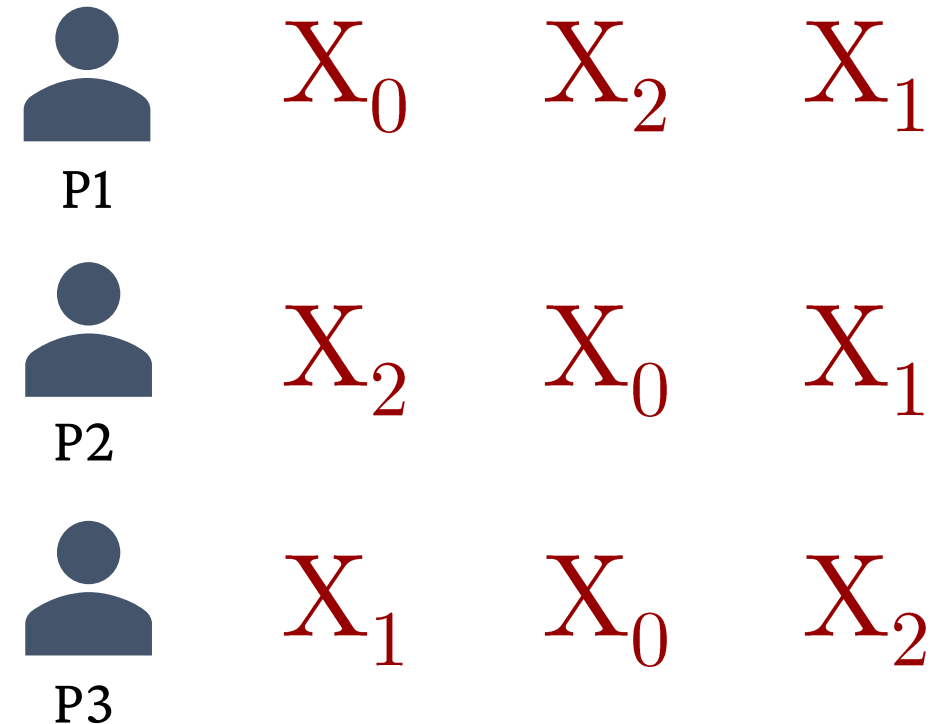


## Inter-Sujets



Chaque entité est attribuée à **une seule** modalité.

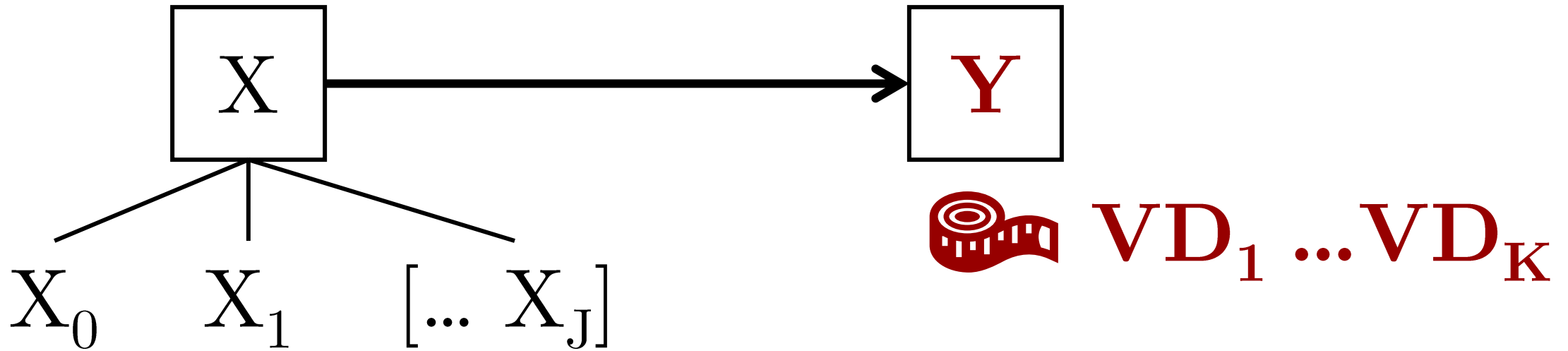
## Intra-Sujet



Chaque entité est attribuée à **toutes** les modalités, souvent dans une séquence différente pour éviter des effets d'ordre/fatigue/habitude.

On peut combiner les deux formats dans un **plan mixte inter/intra**.

# Dans le micro-monde $Y = VD$



Le phénomène **Y** se traduit/opérationnalise par au moins une **variable dépendante** (VD) qui consiste dans une **mesure** commune à toutes les modalités de la VI.

# Caractéristiques d'une bonne VD



## › **Sensibilité**

La mesure permet de discriminer les entités et ne représente pas une sorte de constante (e.g. test de compréhension trop facile ou trop difficile)

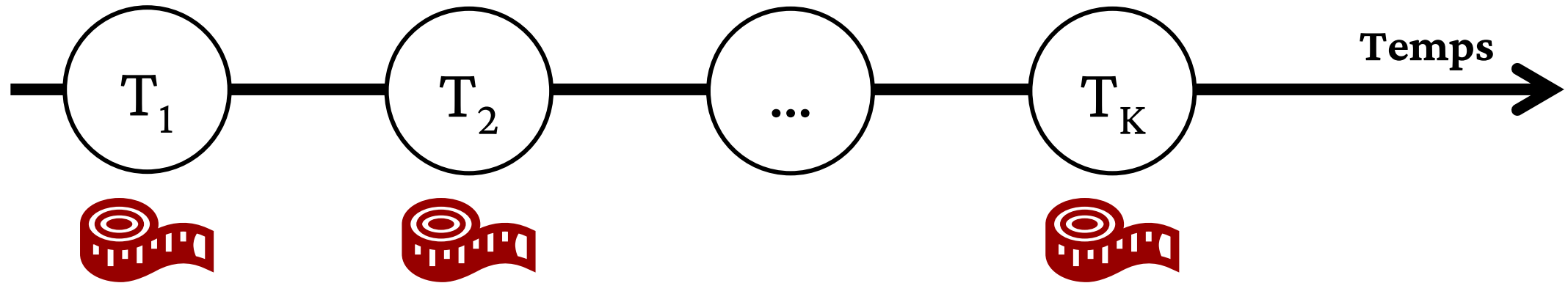
## › **Fiabilité**

La mesure est stable et varie seulement en fonction de changements (e.g. si on mesure exactement la même chose deux fois, on obtient le même résultat)

## › **Validité**

La mesure correspond effectivement au phénomène Y et non pas à un autre phénomène (e.g. passer du temps sur un contenu peut être synonyme d'intérêt, mais également de difficulté). Il existe des mesures **validées par la communauté** (échelles UX, batterie de test psychométriques, ...).

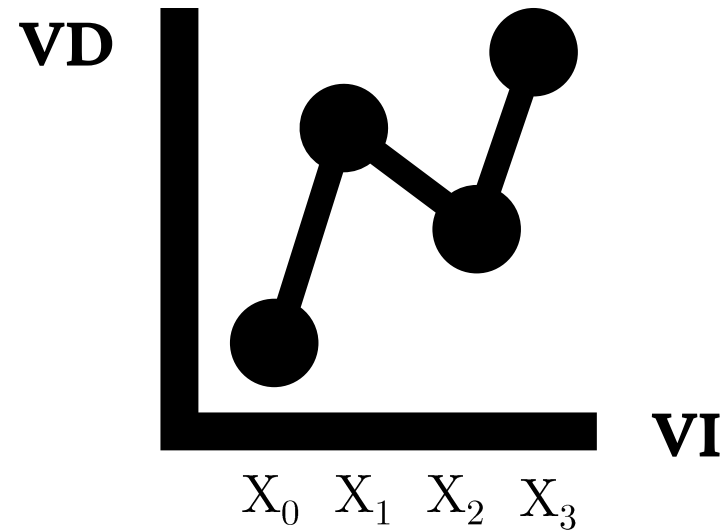
# Plan à mesure répétée



La **VD** est mesurée de la même manière à plusieurs intervalles afin de **détecter un changement** du phénomène Y dans le temps.

Le plan à mesure répétée peut s'appliquer aux plans inter-sujets, intra-sujets et mixtes.

# Mécanisme causale VI -> VD



Si une explication potentielle a été émise en termes théoriques, les chercheurs en général appliquent le même mécanisme causal entre la VI et la VD. On définit à ce stade une ou plusieurs hypothèses dites « **opérationnelles** » qui consistent par exemple à prédire qu'une modalité de la VI aura un effet majeur/mineur sur la VD.

# Objectifs du micro-monde



Le processus génératif des données vise à **maximiser** :

## 1. La validité interne/réplicabilité

La possibilité que l'effet de l'intervention puisse potentiellement se produire et être détecté (aussi par d'autres chercheurs) dans le « micro-monde »

## 2. La validité externe/généralisation

La possibilité que l'effet de l'intervention éventuellement produit/détecté dans le « micro-monde » existe aussi dans le « macro-monde » (i.e., la *réalité*)



# Inférence

# Inférence



L'inférence consiste à projeter un « *macro-monde potentiel* » dans lequel l'intervention X serait généralisée.



Micro-monde avec  
VI -> VD.



Macro-monde potentiel avec  
intervention X -> phénomène Y



# Deux types d'inférences

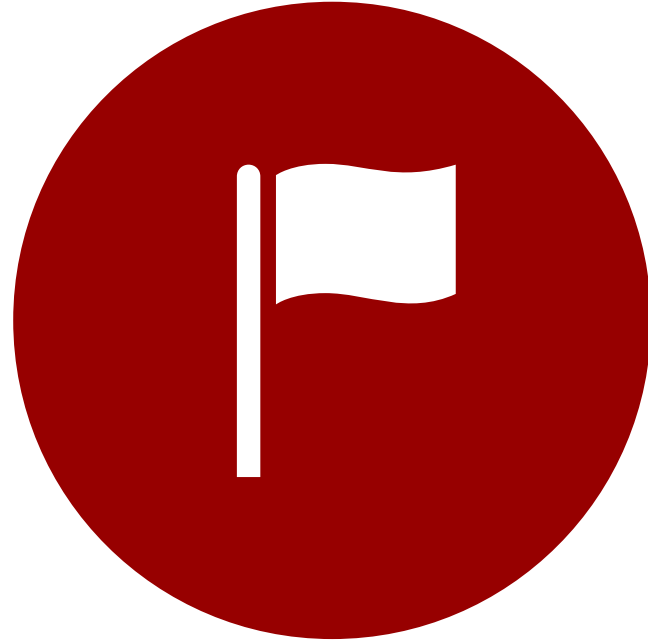


## Inférence statistique

- › Fondée sur des théories et modèles mathématiques
- › Différentes philosophies/application (e.g., fréquentistes vs. Bayes)
- › Nécessite le respect de certains postulats relatifs à l'ensemble du processus expérimental
- › **Elle est limitée au micro-monde (e.g. hypothèses opérationnelles)**

## Inférence *pratique*

- › Fondée sur la connaissance du domaine
- › Elle s'appuie sur l'inférence statistique, mais reste critique vis-à-vis de celle-ci
- › Elle vise le macro-monde, mais doit tenir compte des limites du micro-monde
- › **Elle s'adresse aux questions de recherche et hypothèses théoriques**



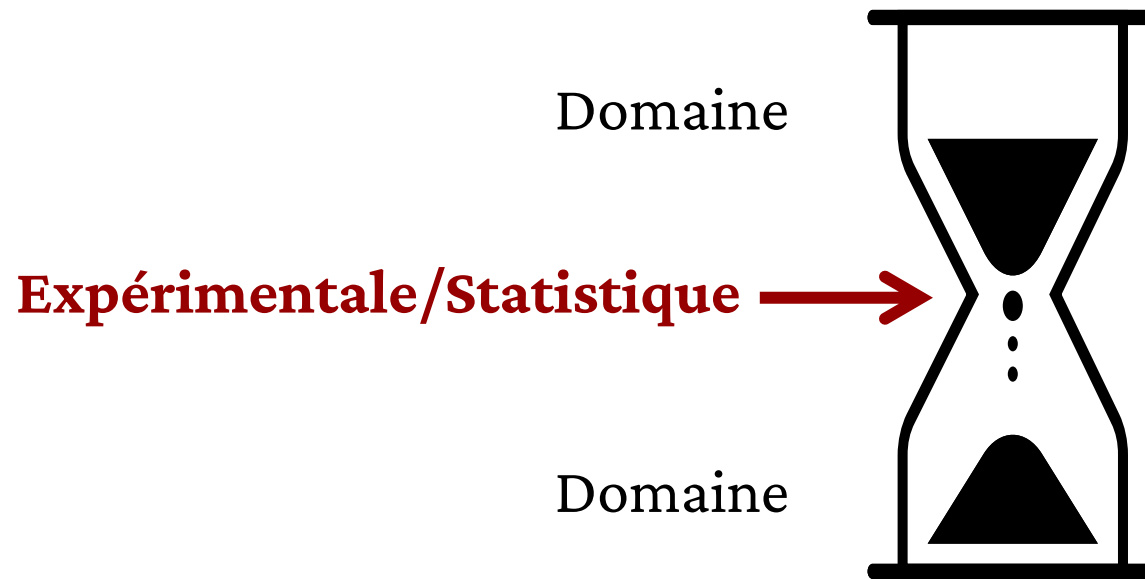
# Conclusion

# Résumé

Étape	Connaissance
<b>Justification scientifique et éthique</b> Question de recherche	Domaine
<b>Explication causale potentielle</b> Hypothèse théorique	Domaine
<b>Création « micro-monde » VI -&gt; VD</b> Hypothèse opérationnelle	<b>Expérimentale</b>
<b>Inférence statistique sur le lien causal VI -&gt; VD</b> Découverte, corroboration, rejet, quantification, ... de l'effet VI -> VD	<b>Statistique</b>
<b>Inférence <i>pratique</i> sur le lien causal intervention X -&gt; phénomène Y</b> Conséquences sur hypothèses théoriques et question de recherche, généralisation, limites, ...	Domaine

# Résumé

La connaissance du domaine est primaire, mais sans les connaissances **expérimentale** et **statistique** le mécanisme se **bloque** dans les passages entre le macro- et micro-monde.



# Merci pour votre attention !

Mattia A. Fritz

TECFA, Université de Genève

[mattia.fritz@unige.ch](mailto:mattia.fritz@unige.ch)



This work is licensed under Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.  
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>