

# PAROLES de Chercheuses et Chercheurs

Édition 2020-2021

Chercheuses et chercheurs  
s'invitent dans les lycées pour  
faire découvrir leurs métiers

Plus d'informations sur :

[www.iledefrance.fr/paroles-chercheuses-chercheurs](http://www.iledefrance.fr/paroles-chercheuses-chercheurs)



## Partie II : Imaginer un protocole expérimental

Mardi 7 décembre, Lycée Condorcet

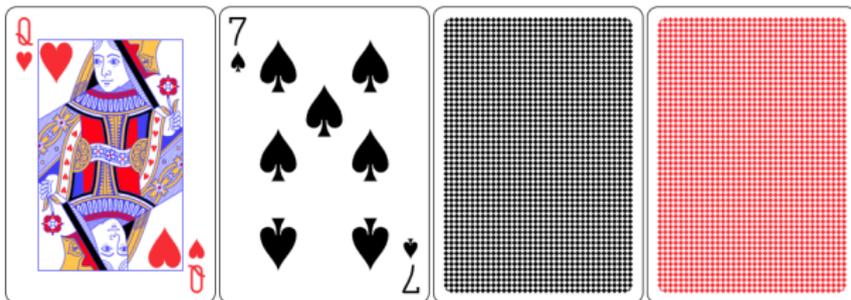
## Comment valider ou réfuter une hypothèse ?

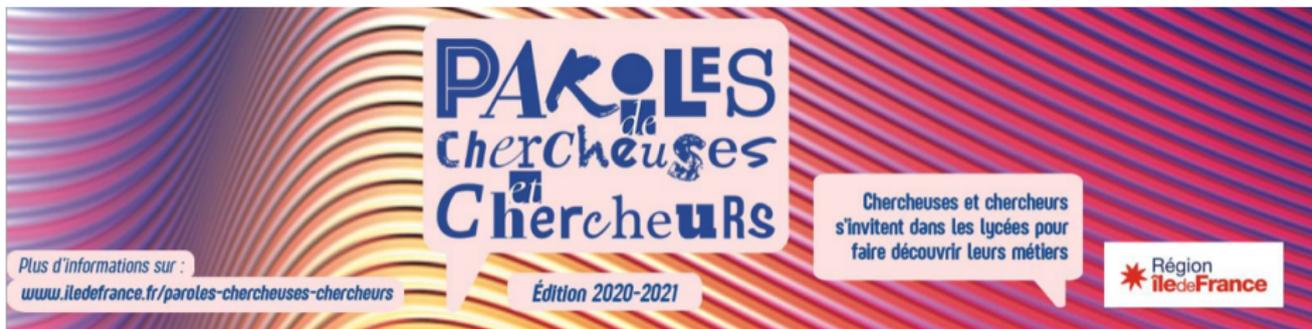
### Problème

Voici 4 cartes.

Mon hypothèse est : "Les cartes cœur ont un dos rouge".

Quelle(s) carte(s) faut-il que je retourne pour vérifier mon hypothèse ?





## 1. Comment décider si quelque chose est vrai

## Problème

J'ai un sac avec 2 pièces.

La première est normale : la probabilité de faire FACE est 0.5.

La seconde est truquée : la probabilité de faire FACE est 0.7.

J'en sors une.

Comment puis-je savoir si c'est la pièce truquée ?



## Problème

J'ai un sac avec 2 pièces.

La première est normale : la probabilité de faire FACE est 0.5.

La seconde est truquée : la probabilité de faire FACE est 0.7.

J'en sors une.

Comment puis-je savoir si c'est la pièce truquée ?



**Je l'ai lancée 10 fois, j'ai obtenu 7 fois FACE.**

Est-ce que c'est la pièce truquée ?

## Problème

J'ai un sac avec 2 pièces.

La première est normale : la probabilité de faire FACE est 0.5.

La seconde est truquée : la probabilité de faire FACE est 0.7.

J'en sors une.

Comment puis-je savoir si c'est la pièce truquée ?



Je l'ai lancée 10 fois, j'ai obtenu 7 fois FACE.

Est-ce que c'est la pièce truquée ?

**ON NE SAIT PAS!**

Il pourrait s'agir d'un **défaut statistique** («*fluctuations statistiques* »).

Si on lance une pièce normale, elle a 12% de chance de faire 7 faces.

Si on lance la pièce truquée, elle a 26% de chance de faire 7 faces.

Quelle est la probabilité que j'ai la pièce truquée ?

Si on lance une pièce normale, elle a 12% de chance de faire 7 faces.

Si on lance la pièce truquée, elle a 26% de chance de faire 7 faces.

Quelle est la probabilité que j'ai la pièce truquée ?

Si je fais 200 fois l'expérience,

- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la bonne pièce, et 12 fois faire 7 faces
- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la pièce truquée, et 26 fois faire 7 faces

En moyenne, je vais faire 7 faces  $12+26 = 38$  fois.

Sur ces 38 fois, 26 fois viennent de la pièce truquée.

Donc la probabilité que j'ai la pièce truquée est de  $26/38 = 0.68$  (68%).

Si on lance une pièce normale, elle a 12% de chance de faire 7 faces.

Si on lance la pièce truquée, elle a 26% de chance de faire 7 faces.

Quelle est la probabilité que j'ai la pièce truquée ?

Si je fais 200 fois l'expérience,

- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la bonne pièce, et 12 fois faire 7 faces
- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la pièce truquée, et 26 fois faire 7 faces

En moyenne, je vais faire 7 faces  $12+26 = 38$  fois.

Sur ces 38 fois, 26 fois viennent de la pièce truquée.

Donc la probabilité que j'ai la pièce truquée est de  $26/38 = 0.68$  (68%).

Comment puis-je avoir une plus grande certitude que j'ai la pièce truquée (ou non) ?

Si on lance une pièce normale, elle a 12% de chance de faire 7 faces.

Si on lance la pièce truquée, elle a 26% de chance de faire 7 faces.

Quelle est la probabilité que j'ai la pièce truquée ?

Si je fais 200 fois l'expérience,

- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la bonne pièce, et 12 fois faire 7 faces
- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la pièce truquée, et 26 fois faire 7 faces

En moyenne, je vais faire 7 faces  $12+26 = 38$  fois.

Sur ces 38 fois, 26 fois viennent de la pièce truquée.

Donc la probabilité que j'ai la pièce truquée est de  $26/38 = 0.68$  (68%).

Comment puis-je avoir une plus grande certitude que j'ai la pièce truquée (ou non) ?

**Je l'ai lancée 100 fois, j'ai obtenu 65 fois FACE**

Est-ce que c'est la pièce truquée ?

Si on lance une pièce normale, elle a **12%** de chance de faire 7 faces.

Si on lance la pièce truquée, elle a **26%** de chance de faire 7 faces.

Quelle est la probabilité que j'ai la pièce truquée ?

Si je fais 200 fois l'expérience,

- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la bonne pièce, et **12 fois** faire 7 faces
- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la pièce truquée, et **26 fois** faire 7 faces

En moyenne, je vais faire 7 faces  $12+26 = 38$  fois.

Sur ces 38 fois, 26 fois viennent de la pièce truquée.

Donc la probabilité que j'ai la pièce truquée est de  $26/38 = 0.68$  (**68%**).

Comment puis-je avoir une plus grande certitude que j'ai la pièce truquée (ou non) ?

**Je l'ai lancée 100 fois, j'ai obtenu 65 fois FACE**

Est-ce que c'est la pièce truquée ?

**ON NE SAIT TOUJOURS PAS!** (mais probablement oui)

Cette fois-ci, on trouve que la probabilité d'avoir la pièce truquée est de **98%**.

À retenir!

On n'est jamais sûr de rien, mais plus on fait une expérience, plus notre hypothèse se vérifie.

### Problème

J'ai un sac avec 10 pièces.

9 pièces sont normales : la probabilité de faire FACE est 0.5.

1 pièce est truquée : la probabilité de faire FACE est 0.7.

J'en sors une. Je la lance 10 fois, elle a fait FACE 7 fois.

Quelle est la probabilité que j'ai la pièce truquée ?

## Problème

J'ai un sac avec 10 pièces.

9 pièces sont normales : la probabilité de faire FACE est 0.5.

1 pièce est truquée : la probabilité de faire FACE est 0.7.

J'en sors une. Je la lance 10 fois, elle a fait FACE 7 fois.

Quelle est la probabilité que j'ai la pièce truquée ?

Si je fais 1000 fois l'expérience,

- je vais (en moyenne) 900 fois tirer une bonne pièce, et  $9 \times 12 = 108$  fois faire 7 faces
- je vais (en moyenne) 100 fois tirer la pièce truquée, et 26 fois faire 7 faces

En moyenne, je vais faire 7 faces  $108 + 26 = 134$  fois.

Sur ces 134 fois, 26 fois viennent de la pièce truquée.

Donc la probabilité que j'ai la pièce truquée est de  $26/134 = 0.19$  (19%).

**Le contexte est important !**

## Problème

J'ai un sac avec beaucoup de pièces.

J'en sors une. Je la lance 100 fois, et j'obtiens 65 fois FACE.

Quelle est la probabilité que ma pièce soit truquée ?

## Problème

J'ai un sac avec beaucoup de pièces.  
J'en sors une. Je la lance 100 fois, et j'obtiens 65 fois FACE.  
Quelle est la probabilité que ma pièce soit truquée ?

**ON NE SAIT PAS!** (pas du tout!)

Ce n'est pas la bonne question ! La bonne question à poser est plutôt :

Quelle est la probabilité que ce soit un défaut statistique ?

*Supposons que ma pièce soit non truquée.*

*La probabilité d'avoir le résultat que j'ai obtenu (ou pire) est de 0.2%.*

On appelle cette valeur la **p-valeur**.

## À retenir!

Si un article annonce un résultat avec une **p-valeur** de 5%,  
il y a une probabilité de 5% que ce soit un défaut statistique.

## Homeopathic treatment of migraine: a double blind, placebo controlled trial of 68 patients [see comment]

P Straumsheim <sup>1</sup>, C Borchgrevink, P Mowinckel, H Klerulf, O Hafslund

Affiliations + expand

PMID: 10703903 DOI: [10.1054/homp.1999.0332](https://doi.org/10.1054/homp.1999.0332)

### Abstract

To evaluate the efficacy of homeopathy in preventing migraine attacks and accompanying symptoms, a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial was conducted. There was a one-month registration period without treatment, followed by four months individualised homeopathic treatment or identical placebo. Patients were stratified for common or classical migraine. Seventy-three patients were randomised, 68 completed the trial. Baseline values were similar in the two groups. Both the homeopathy and placebo groups had reduction in attack frequency, pain intensity and drug consumption, with a statistically non-significant difference favouring homeopathy. Migraine diaries showed no difference between groups. The neurologists' trial evaluation showed a statistically significant reduction in attack frequency in the homeopathy group ( $P=0.04$ ) and non-statistically significant trends in favour of homeopathy for pain intensity and overall evaluation. Further research, with improved trial design, on the possible role of homeopathy in migraine prophylaxis is justified.

La **p-valeur** est de 4%.

Si je suppose que l'homéopathie n'a pas d'effet, et que je fais l'expérience 25 fois, statistiquement, une de ces fois aura la même conclusion.

⇒ Ces résultats ne sont pas suffisamment **significatifs** pour conclure.

# Exemple 1 : l'homéopathie

## Homeopathic treatment of migraine: a double blind, placebo controlled trial of 68 patients [see comment]

P Straumsheim <sup>1</sup>, C Borchgrevink, P Mowinckel, H Klerulf, O Hafslund

Affiliations + expand

PMID: 10703903 DOI: [10.1054/homp.1999.0332](https://doi.org/10.1054/homp.1999.0332)

### Abstract

To evaluate the efficacy of homeopathy in preventing migraine attacks and accompanying symptoms, a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial was conducted. There was a one-month registration period without treatment, followed by four months individualised homeopathic treatment or identical placebo. Patients were stratified for common or classical migraine. Seventy-three patients were randomised, 68 completed the trial. Baseline values were similar in the two groups. Both the homeopathy and placebo groups had reduction in attack frequency, pain intensity and drug consumption, with a statistically non-significant difference favouring homeopathy. Migraine diaries showed no difference between groups. The neurologists' trial evaluation showed a statistically significant reduction in attack frequency in the homeopathy group ( $P=0.04$ ) and non-statistically significant trends in favour of homeopathy for pain intensity and overall evaluation. Further research, with improved trial design, on the possible role of homeopathy in migraine prophylaxis is justified.

La **p-valeur** est de 4%.

Si je suppose que l'homéopathie n'a pas d'effet, et que je fais l'expérience 25 fois, statistiquement, une de ces fois aura la même conclusion.

⇒ Ces résultats ne sont pas suffisamment **significatifs** pour conclure.

À votre avis, est-ce que les scientifiques publient un article si les résultats sont négatifs ?

# Exemple 1 : l'homéopathie

## Homeopathic treatment of migraine: a double blind, placebo controlled trial of 68 patients [see comment]

P Straumsheim <sup>1</sup>, C Borchgrevink, P Mowinckel, H Klerulf, O Hafslund

Affiliations + expand

PMID: 10703903 DOI: [10.1054/homp.1999.0332](https://doi.org/10.1054/homp.1999.0332)

### Abstract

To evaluate the efficacy of homeopathy in preventing migraine attacks and accompanying symptoms, a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial was conducted. There was a one-month registration period without treatment, followed by four months individualised homeopathic treatment or identical placebo. Patients were stratified for common or classical migraine. Seventy-three patients were randomised, 68 completed the trial. Baseline values were similar in the two groups. Both the homeopathy and placebo groups had reduction in attack frequency, pain intensity and drug consumption, with a statistically non-significant difference favouring homeopathy. Migraine diaries showed no difference between groups. The neurologists' trial evaluation showed a statistically significant reduction in attack frequency in the homeopathy group ( $P=0.04$ ) and non-statistically significant trends in favour of homeopathy for pain intensity and overall evaluation. Further research, with improved trial design, on the possible role of homeopathy in migraine prophylaxis is justified.

La **p-valeur** est de 4%.

Si je suppose que l'homéopathie n'a pas d'effet, et que je fais l'expérience 25 fois, statistiquement, une de ces fois aura la même conclusion.

⇒ Ces résultats ne sont pas suffisamment **significatifs** pour conclure.

À votre avis, est-ce que les scientifiques publient un article si les résultats sont négatifs ?

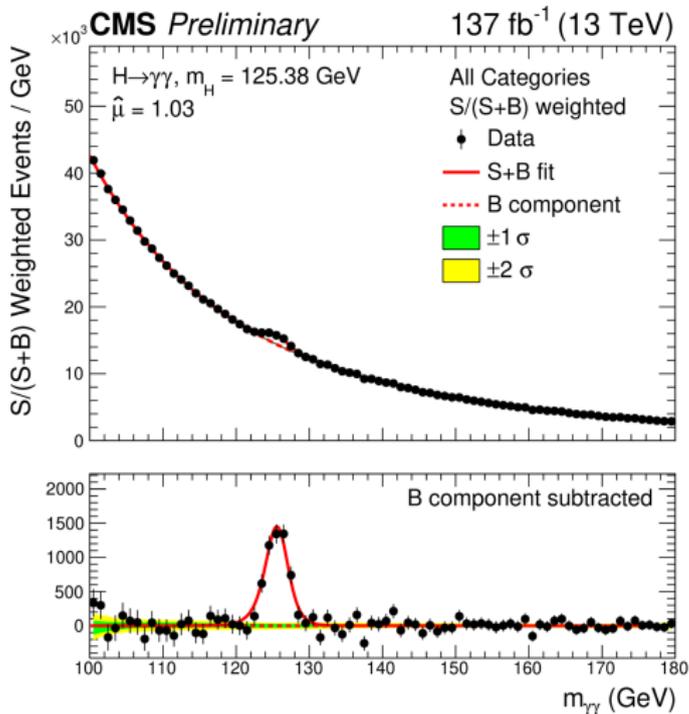
À retenir !



Attention aux biais de la recherche



## Exemple 2 : le boson de Higgs (2012)



La **p-valeur** est de 0.00003%. C'est **significatif**.

## L'effet «cigogne»



**Corrélations  $\neq$  Causalité**



Que pensez-vous des affirmations suivantes ?

- Il y a moins de naissances dans les pays avec un bon réseau 4G ou 5G.
- Plus on vend des glaces sur une plage, plus il y a des accidents de noyades.
- Plus il y a de pompiers pour combattre un incendie, plus les dégâts seront importants.
- (*Nature & CNN, 13/05/1999*) : Les bébés qui dorment avec une veilleuse ont plus de chance de devenir myopes plus tard.

## L'effet «cigogne»



**Corrélations  $\neq$  Causalité**



Que pensez-vous des affirmations suivantes ?

- Il y a moins de naissances dans les pays avec un bon réseau 4G ou 5G.
- Plus on vend des glaces sur une plage, plus il y a des accidents de noyades.
- Plus il y a de pompiers pour combattre un incendie, plus les dégâts seront importants.
- (*Nature & CNN, 13/05/1999*) : Les bébés qui dorment avec une veilleuse ont plus de chance de devenir myopes plus tard.

À retenir !

Un bon protocole expérimental doit s'assurer qu'il vérifie une **causalité**, pas qu'il observe une **corrélation**.



## 2. Quelle dose pour un médicament

## Échauffement, le *Monty Hall*

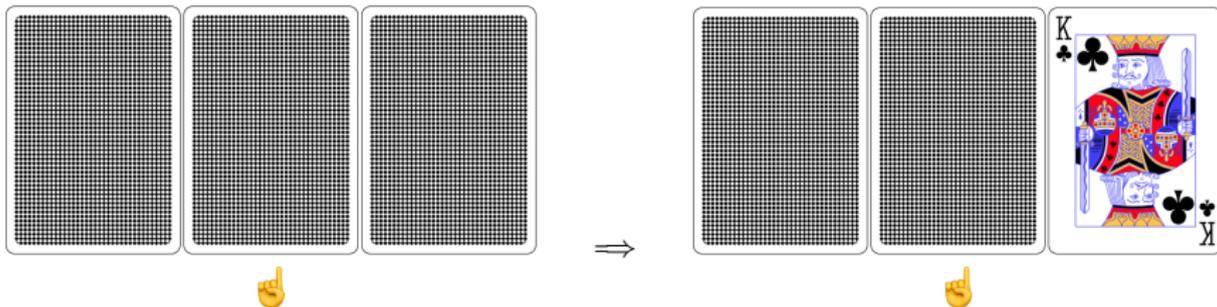
### Problème

Voici 3 cartes.

Il y a **une seule** carte rouge parmi ces cartes.

Vous en touchez une (sans la retourner).

J'en retourne une autre, elle est noire.



À votre avis, où est la carte rouge ?

## Échauffement, le *Monty Hall*

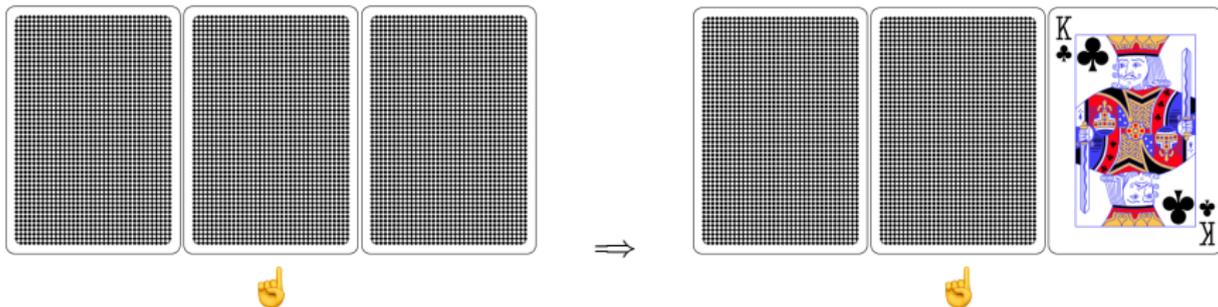
### Problème

Voici 3 cartes.

Il y a **une seule** carte rouge parmi ces cartes.

Vous en touchez une (sans la retourner).

J'en retourne une autre, elle est noire.



À votre avis, où est la carte rouge ?

En ayant une **information supplémentaire**, vous pouvez faire un meilleur choix.

En retournant la carte qui n'est pas pointée du doigt, vous avez **2 chances sur 3** de trouver la carte rouge.

## Problème

J'ai créé un médicament pour une maladie grave.  
J'ai déjà montré qu'il marchait !

Si le patient prend une dose **trop petite**, il risque de mourir.

Si le patient prend une dose **trop grande**, il aura des effets secondaires.

Comment je trouve la bonne dose à prescrire ?

## Problème

J'ai créé un médicament pour une maladie grave.  
J'ai déjà montré qu'il marchait !

Si le patient prend une dose **trop petite**, il risque de mourir.

Si le patient prend une dose **trop grande**, il aura des effets secondaires.

Comment je trouve la bonne dose à prescrire ?

**Idée** : Faire une **dichotomie**

- Si 3 patients successifs ont eu trop de médicaments, on réduit la dose,
- Si 3 patients successifs n'ont pas eu assez de médicaments, on augmente la dose.

### Problème

J'ai créé un médicament pour une maladie grave.  
J'ai déjà montré qu'il marchait !

Si le patient prend une dose **trop petite**, il risque de mourir.  
Si le patient prend une dose **trop grande**, il aura des effets secondaires.

Comment je trouve la bonne dose à prescrire ?

**Idée** : Faire une **dichotomie**

- Si 3 patients successifs ont eu trop de médicaments, on réduit la dose,
- Si 3 patients successifs n'ont pas eu assez de médicaments, on augmente la dose.

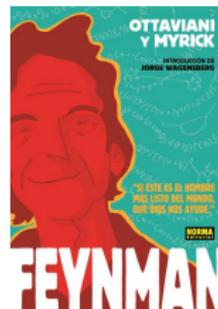
### Problème

À partir de quelle hauteur un vase chinois casse ?

## Pour en savoir plus

### Bandes dessinées

- *Tu mourras moins bête* (Marion Montaigne)
- *Feynman et Hawking* (Ottaviani & Myrick)
- *Carnets de Thèse* (Tiphaine Rivière)



### YouTube



- *La statistique expliquée à mon chat*



- *Hygiène mentale*



- *Fouloscopie*