

# Pas si élémentaire... mon cher Watson

## Une enquête au cœur de l'histoire des sciences

Antoine Brandelet, Ludovic Ducobu et Sébastien Gamrath

Faculté des Sciences  
Université de Mons

UMONS



*“Lorsque vous avez éliminé l'impossible, ce qui reste, si improbable soit-il,  
est nécessairement la vérité.”*

Sir Arthur Conan Doyle

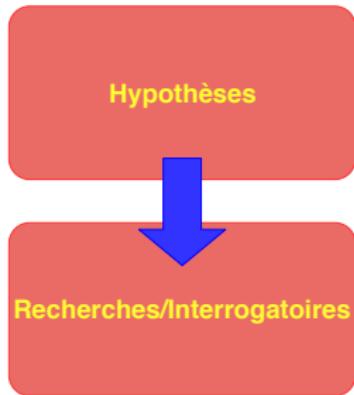


# Déroulement d'une enquête

## Hypothèses

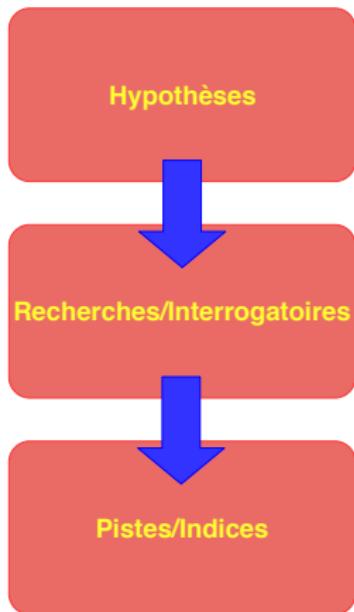
L'ensemble des connaissances en psychologie, médecine légale, les rapports de police, les techniques d'enquête...

# Déroulement d'une enquête



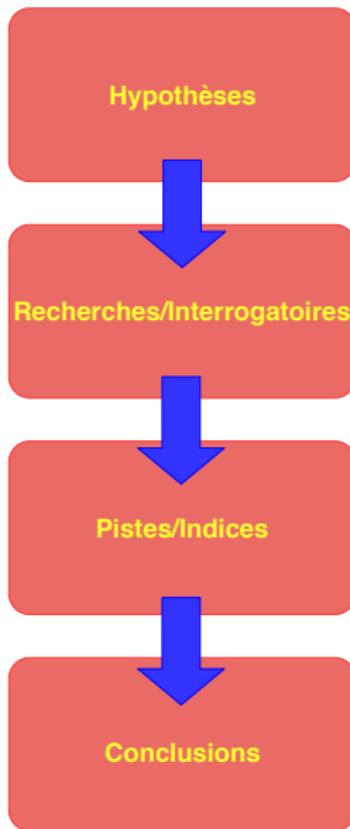
C'est le cœur de la recherche de la vérité, un travail méticuleux basé sur une méthode donnée

# Déroulement d'une enquête



C'est le résultat des recherches,  
obtenus grâce à la méthode

# Déroulement d'une enquête



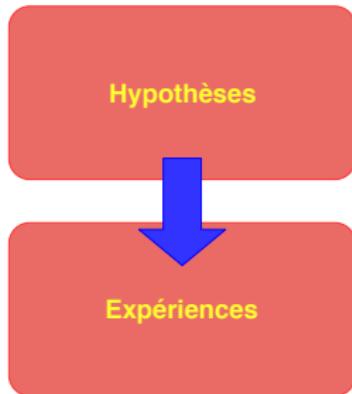
On les déduit logiquement des hypothèses **ET** des résultats de la recherche

# La recherche scientifique

Hypothèses

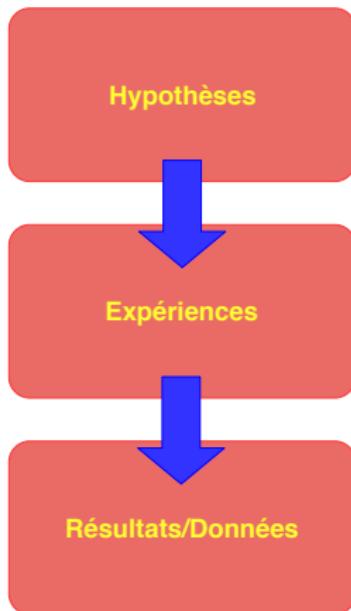
L'ensemble des connaissances à un moment donné

# La recherche scientifique



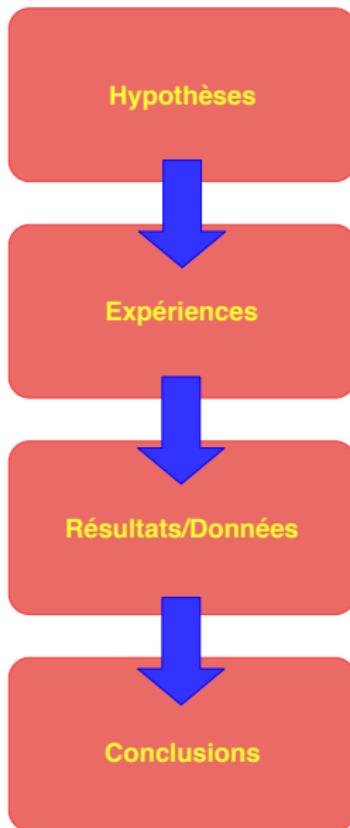
Observations et recherche : importance de la méthode de recherche

# La recherche scientifique



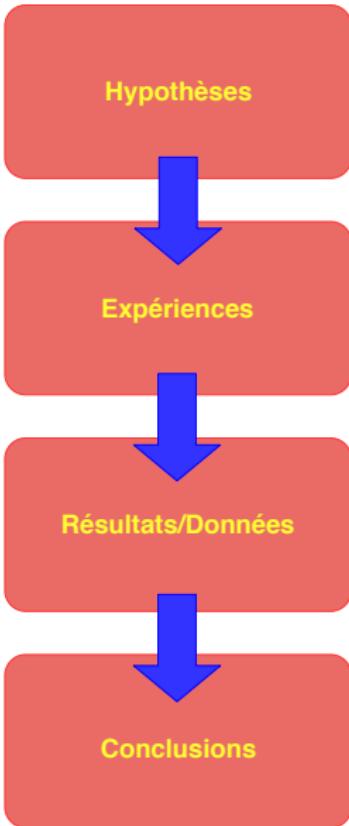
Résultats de mesure, de calculs :  
besoin de leur donner un sens dans  
le cadre de la théorie

# La recherche scientifique

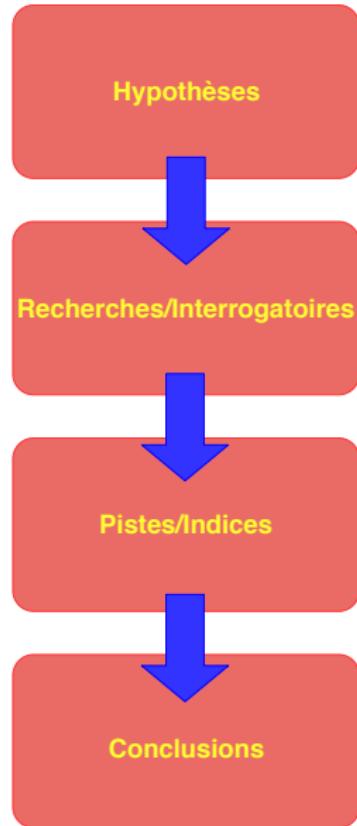


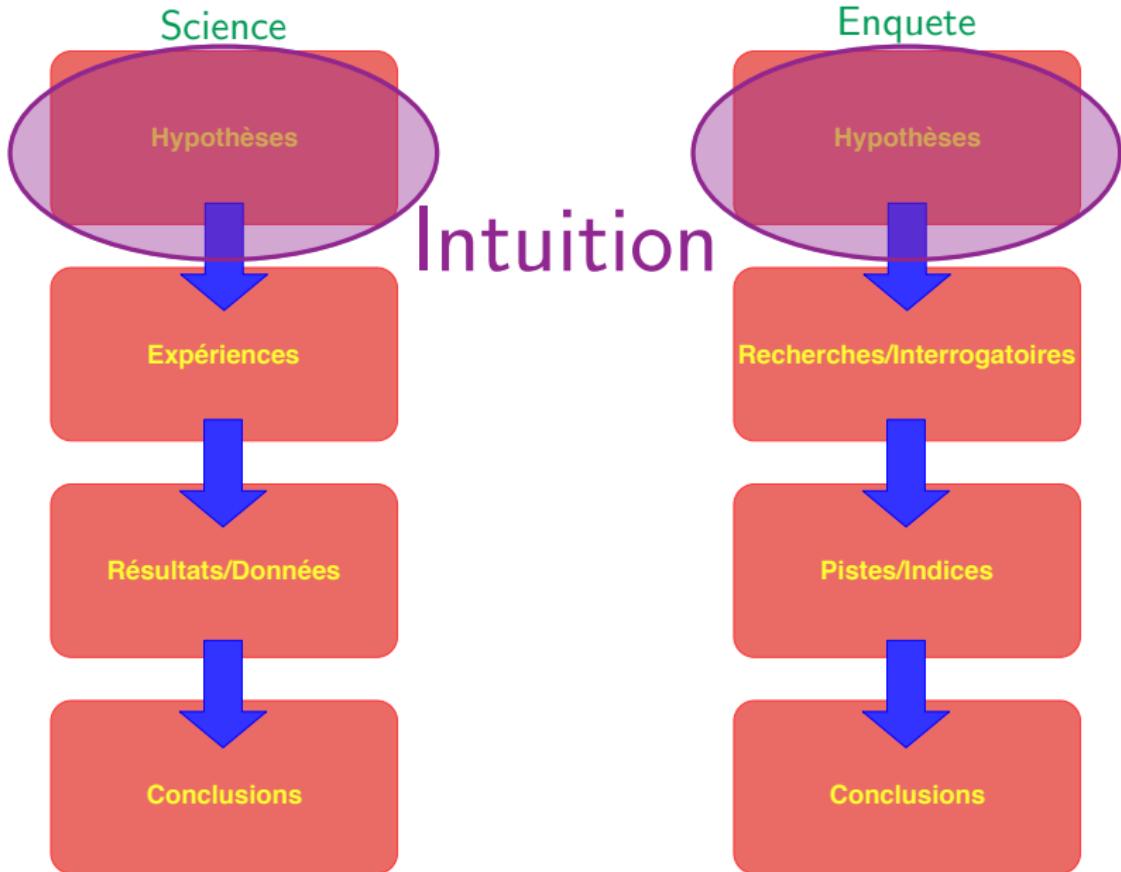
Conclusions déduites logiquement  
des hypothèses et des résultats de  
la recherche

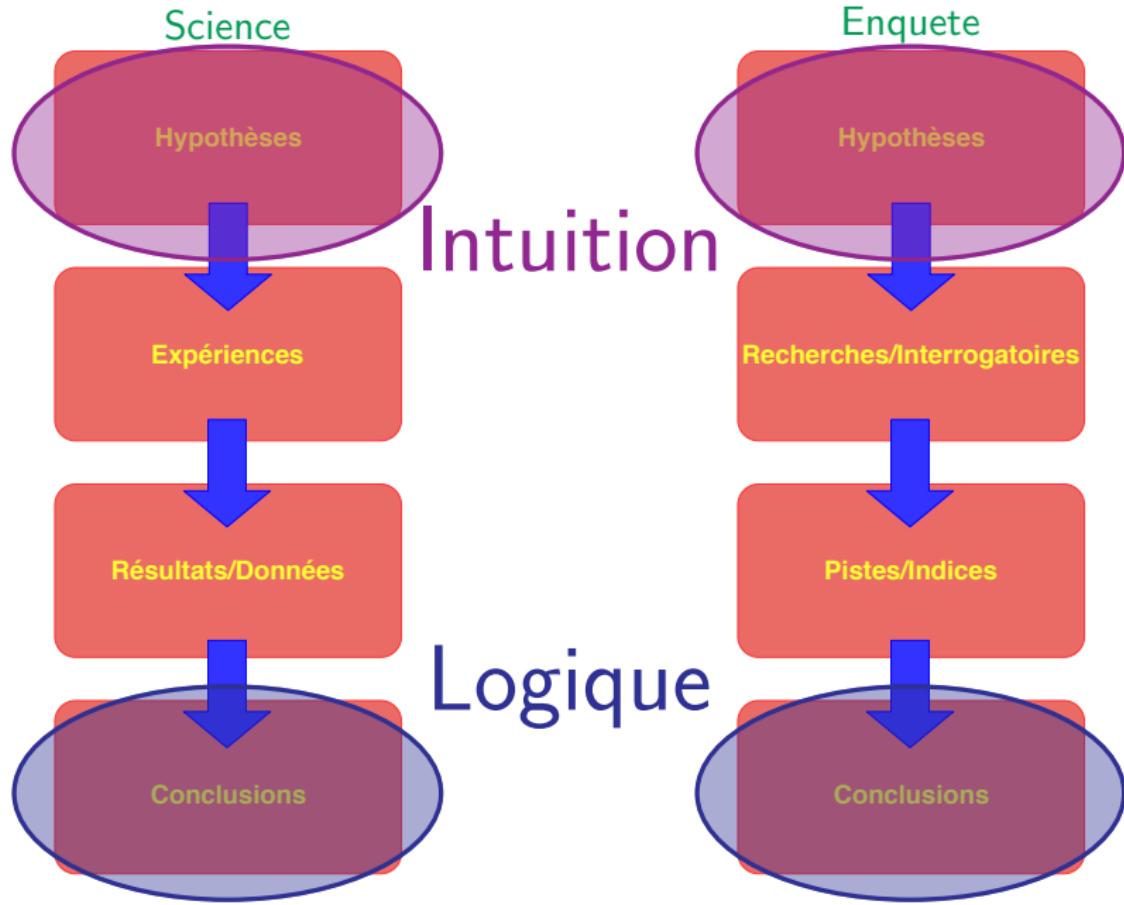
## Science



## Enquête







# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

## Question :

Entre deux objets de masses différentes, lequel tombe le plus vite ?  
(Le plus lourd ou le plus léger ?)

# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

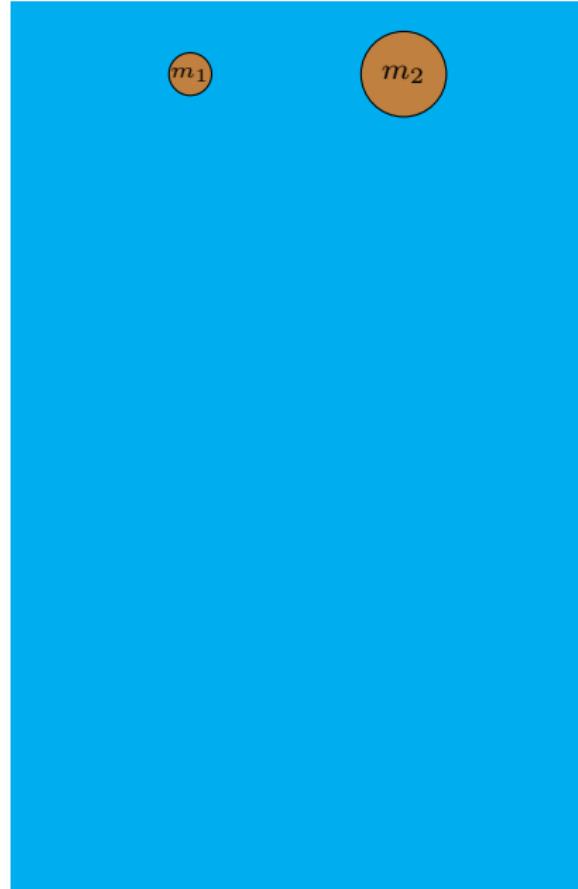
## Question :

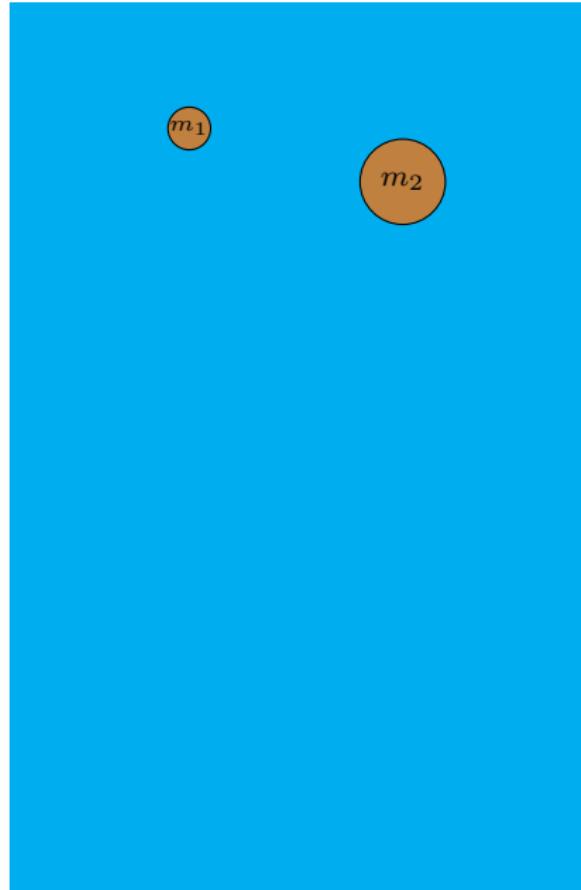
Entre deux objets de masses différentes, lequel tombe le plus vite ?  
(Le plus lourd ou le plus léger ?)

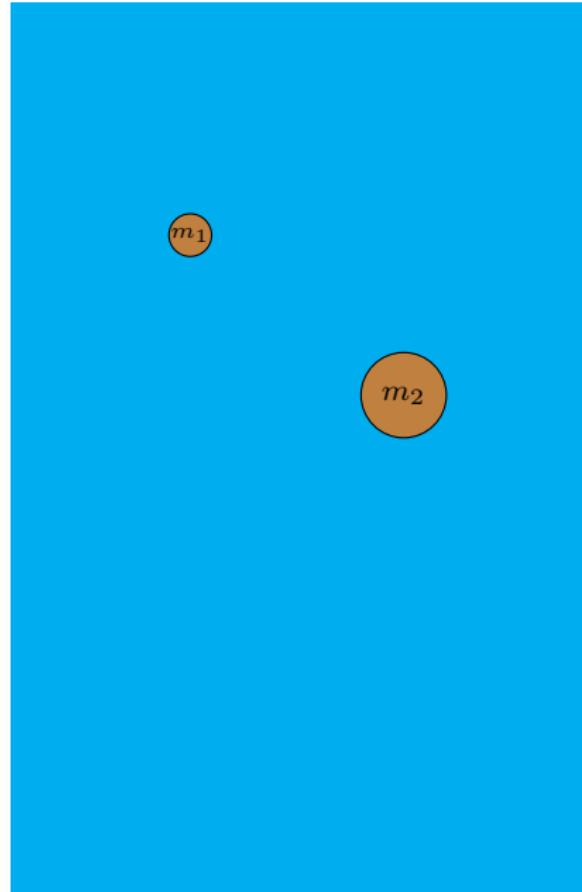
## Réponse :

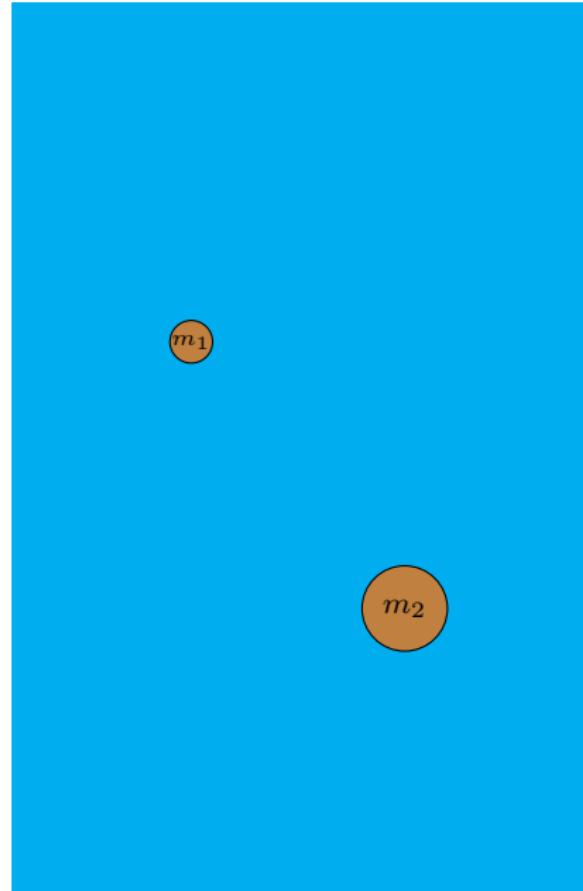
“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

*Aristote (384 A.C. - 322 A.C.)*









# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

## Question :

Entre deux objets de masses différentes, lequel tombe le plus vite ?  
(Le plus lourd ou le plus léger ?)

## Réponse :

“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

*Aristote (384 A.C. - 322 A.C.)*

# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

## Question :

Entre deux objets de masses différentes, lequel tombe le plus vite ?  
(Le plus lourd ou le plus léger ?)

## Réponse :

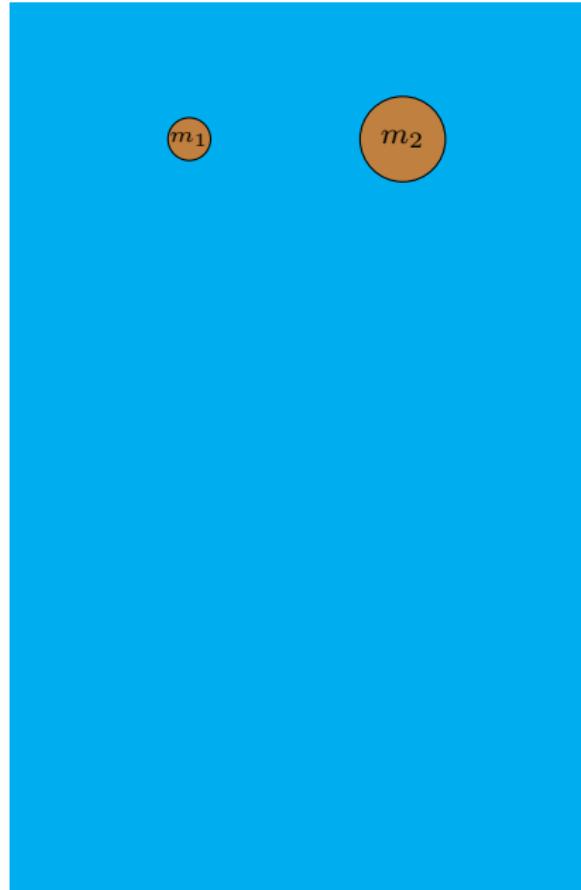
“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

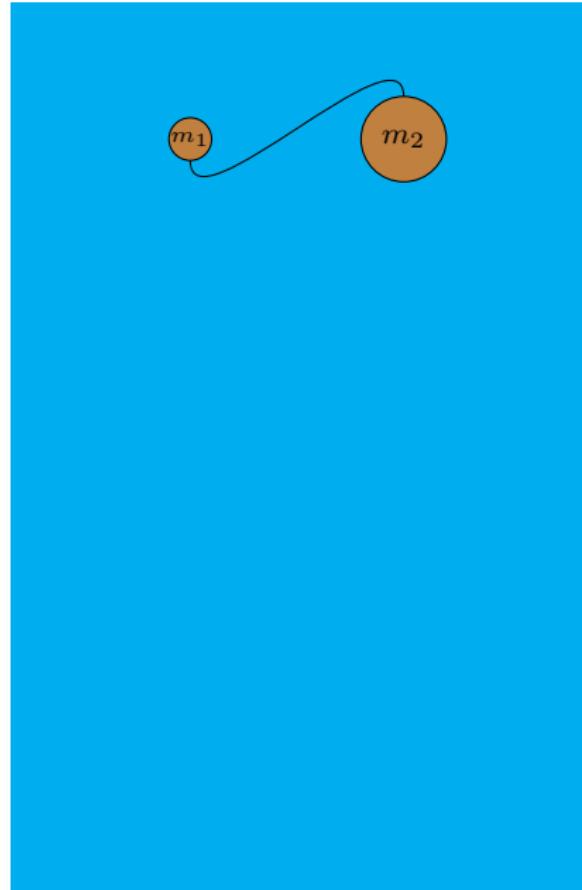
*Aristote (384 A.C. - 322 A.C.)*

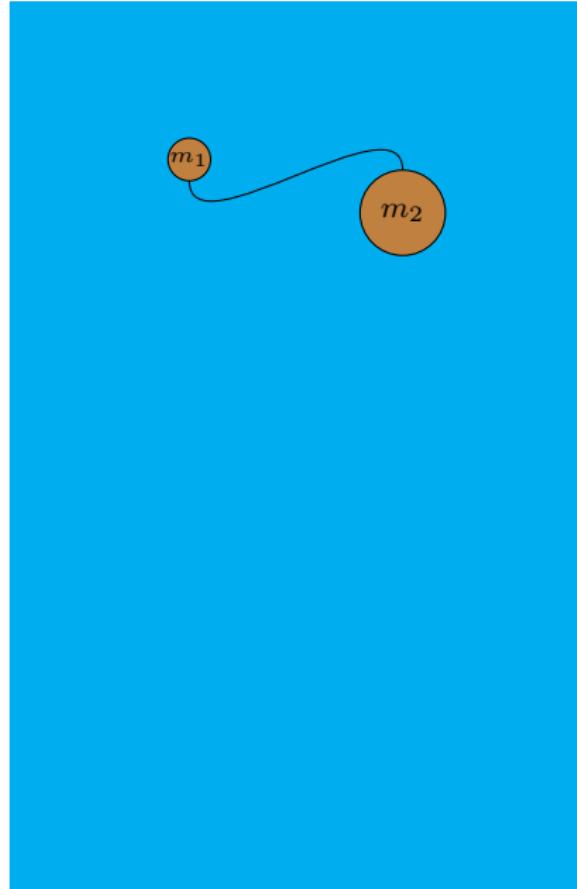
## Objection :

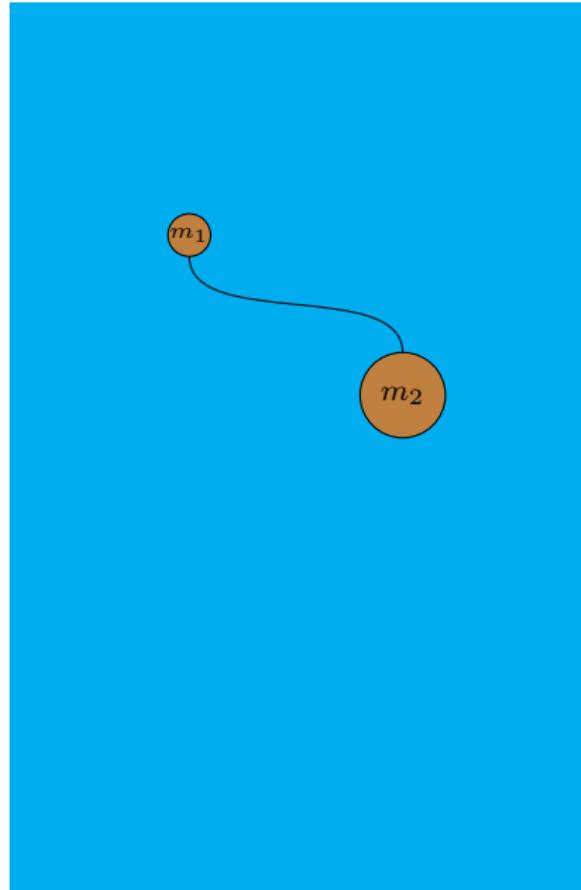
“Est-ce que quelqu'un aurait un morceau de ficelle ?”

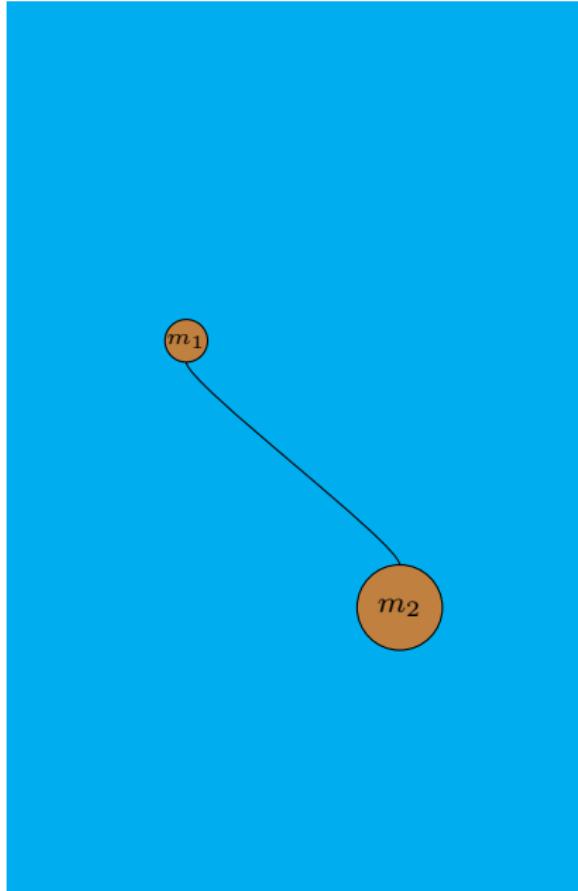
*≈Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

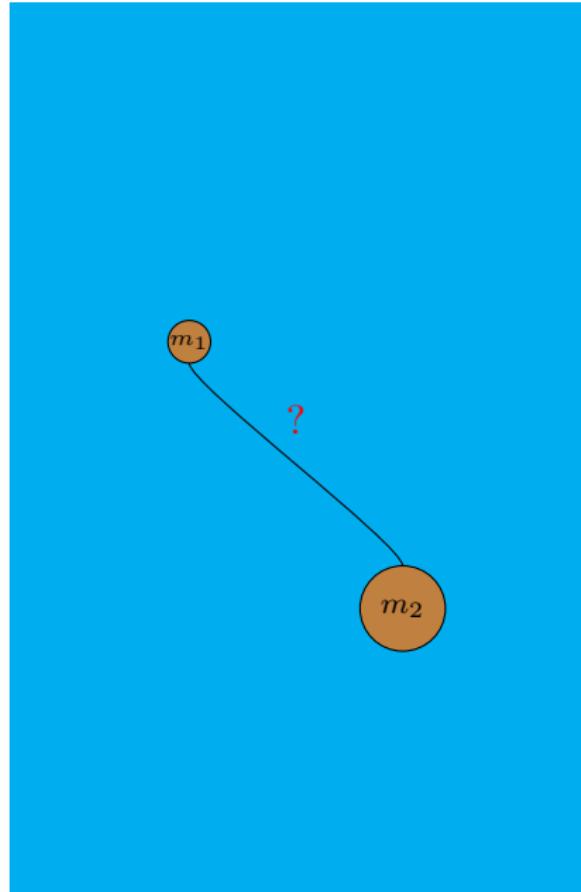












# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

L'objet 2 (de masse  $m_2$ ) est plus lourd que l'objet 1 (de masse  $m_1$ ).  
⇒ L'objet 2 tombe plus vite que l'objet 1.

# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

L'objet 2 (de masse  $m_2$ ) est plus lourd que l'objet 1 (de masse  $m_1$ ).

⇒ L'objet 2 tombe plus vite que l'objet 1.

⇒ La ficelle va se tendre et, comme l'objet de masse  $m_1$  tombe moins vite, il va freiner l'objet de masse  $m_2$ .

# Paradoxe de Galilée

Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)

“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

L'objet 2 (de masse  $m_2$ ) est plus lourd que l'objet 1 (de masse  $m_1$ ).

⇒ L'objet 2 tombe plus vite que l'objet 1.

⇒ La ficelle va se tendre et, comme l'objet de masse  $m_1$  tombe moins vite, il va freiner l'objet de masse  $m_2$ .

⇒ Le système (objet 1 + objet 2) tombe *moins vite* que l'objet 2 seul.

# Paradoxe de Galilée

Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)

“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

L'objet 2 (de masse  $m_2$ ) est plus lourd que l'objet 1 (de masse  $m_1$ ).

⇒ L'objet 2 tombe plus vite que l'objet 1.

⇒ La ficelle va se tendre et, comme l'objet de masse  $m_1$  tombe moins vite, il va freiner l'objet de masse  $m_2$ .

⇒ Le système (objet 1 + objet 2) tombe *moins vite* que l'objet 2 seul.

**OUI MAIS**

# Paradoxe de Galilée

Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)

“C'est l'objet le plus lourd qui tombe le plus vite.”

L'objet 2 (de masse  $m_2$ ) est plus lourd que l'objet 1 (de masse  $m_1$ ).

⇒ L'objet 2 tombe plus vite que l'objet 1.

⇒ La ficelle va se tendre et, comme l'objet de masse  $m_1$  tombe moins vite, il va freiner l'objet de masse  $m_2$ .

⇒ Le système (objet 1 + objet 2) tombe *moins vite* que l'objet 2 seul.

## OUI MAIS

Le système (objet 1 + objet 2) se déplace comme un seul objet de masse  $m_1 + m_2$ .

⇒ Le système est plus lourd que l'objet 2 seul.

⇒ Le système (objet 1 + objet 2) tombe *plus vite* que l'objet 2 seul.

# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Autrement dit . . .

Si les objets plus lourds tombent *plus vite* que les objets plus légers, **alors** les objets plus lourds tombent *moins vite* que les objets plus légers.

# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Autrement dit ...

Si les objets plus lourds tombent *plus vite* que les objets plus légers, **alors** les objets plus lourds tombent *moins vite* que les objets plus légers.

Qu'est-ce que ... quoi ?

# Paradoxe de Galilée

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Autrement dit . . .

Si les objets plus lourds tombent *plus vite* que les objets plus légers, **alors** les objets plus lourds tombent *moins vite* que les objets plus légers.

Qu'est-ce que . . . quoi ?

Impossibilité logique !

# Paradoxe de Galilée : Solution

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Comment résoudre ce “paradoxe” ?

# Paradoxe de Galilée : Solution

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Comment résoudre ce “paradoxe” ?

- ⇒ L'hypothèse d'Aristote mène à un résultat contradictoire (absurde)
- ⇒ On **ne peut pas** considérer que de deux objets, le plus lourd est celui qui tombe le plus vite

# Paradoxe de Galilée : Solution

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Comment résoudre ce “paradoxe” ?

- ⇒ L'hypothèse d'Aristote mène à un résultat contradictoire (absurde)
- ⇒ On **ne peut pas** considérer que de deux objets, le plus lourd est celui qui tombe le plus vite
- ⇒ L'hypothèse inverse mène à la même contradiction
- ⇒ On **ne peut pas** non plus considérer que de deux objets, le plus léger est celui qui tombe le plus vite

# Paradoxe de Galilée : Solution

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Comment résoudre ce “paradoxe” ?

- ↪ L'hypothèse d'Aristote mène à un résultat contradictoire (absurde)
- ⇒ On **ne peut pas** considérer que de deux objets, le plus lourd est celui qui tombe le plus vite
- ↪ L'hypothèse inverse mène à la même contradiction
- ⇒ On **ne peut pas** non plus considérer que de deux objets, le plus léger est celui qui tombe le plus vite
- ↪ Seule solution : Tous les objets tombent à la même vitesse, indépendamment de leur masse.

# Paradoxe de Galilée : Solution

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Comment résoudre ce “paradoxe” ?

- L'hypothèse d'Aristote mène à un résultat contradictoire (absurde)
- ⇒ On **ne peut pas** considérer que de deux objets, le plus lourd est celui qui tombe le plus vite
- L'hypothèse inverse mène à la même contradiction
- ⇒ On **ne peut pas** non plus considérer que de deux objets, le plus léger est celui qui tombe le plus vite
- Seule solution : Tous les objets tombent à la même vitesse, indépendamment de leur masse.

En fait, le “paradoxe de Galilée” est une **preuve par l'absurde** du fait que tous les objets tombent à la même vitesse, indépendamment de leur masse.

# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Même si l'on est convaincu par le raisonnement de Galilée, on avait naturellement tendance à penser que les objets plus lourds tombent plus vite.

D'où nous vient cette intuition éronnée ?

# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Même si l'on est convaincu par le raisonnement de Galilée, on avait naturellement tendance à penser que les objets plus lourds tombent plus vite.

D'où nous vient cette intuition éronnée ?

- Dans la vie de tous les jours, on a quand même de bonnes raisons de penser que les objets plus lourds tombent plus vite.  
(ex : lâcher d'un marteau et d'une plume)
- La vie de tous les jours = sur Terre = **dans l'air !**
  - Présence de **forces de frottement** dues à l'air.
  - Ces forces de frottement sont **proportionnelles à la surface** de l'objet en mouvement.

# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



Round 1



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



Round 1

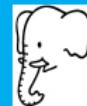


# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



Round 1



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



Round 1

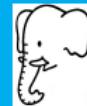


# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



Round 1



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste

Round 1



⇒ L'éléphant s'écrase sur le sol

# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



Round 2



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste

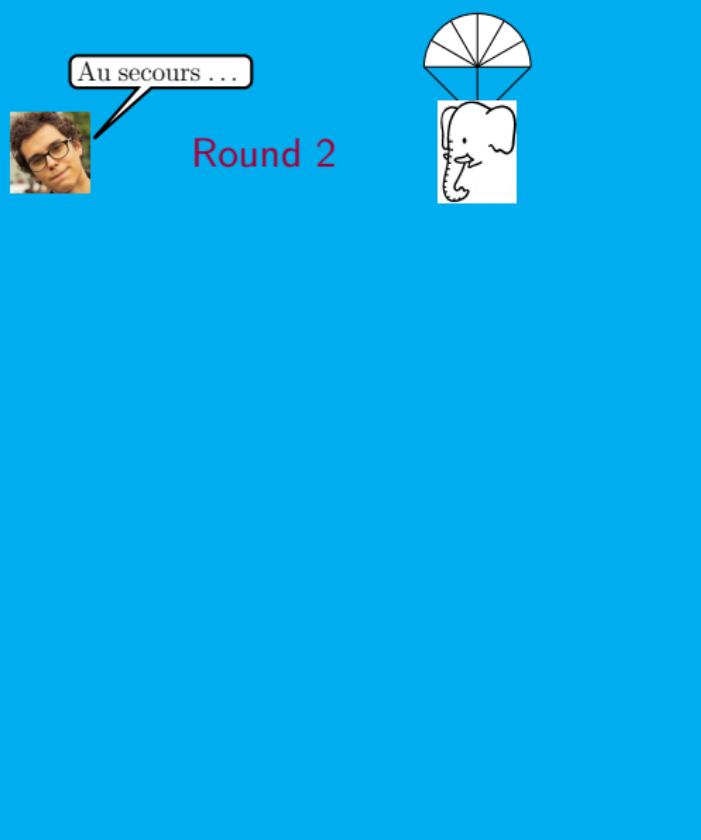


Round 2



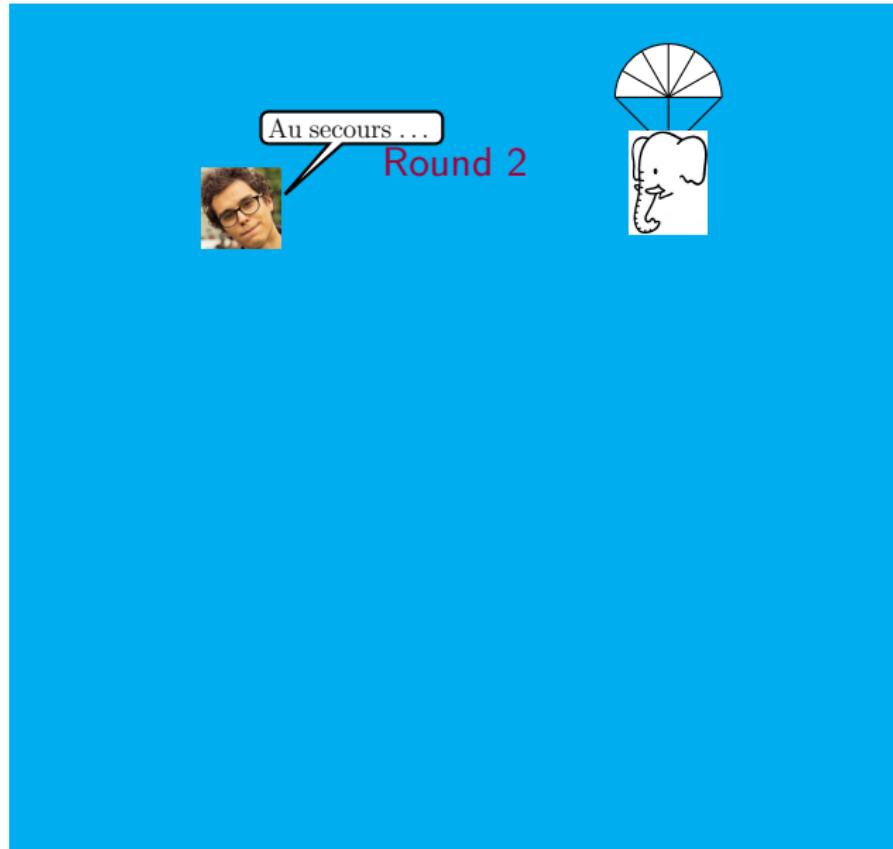
# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



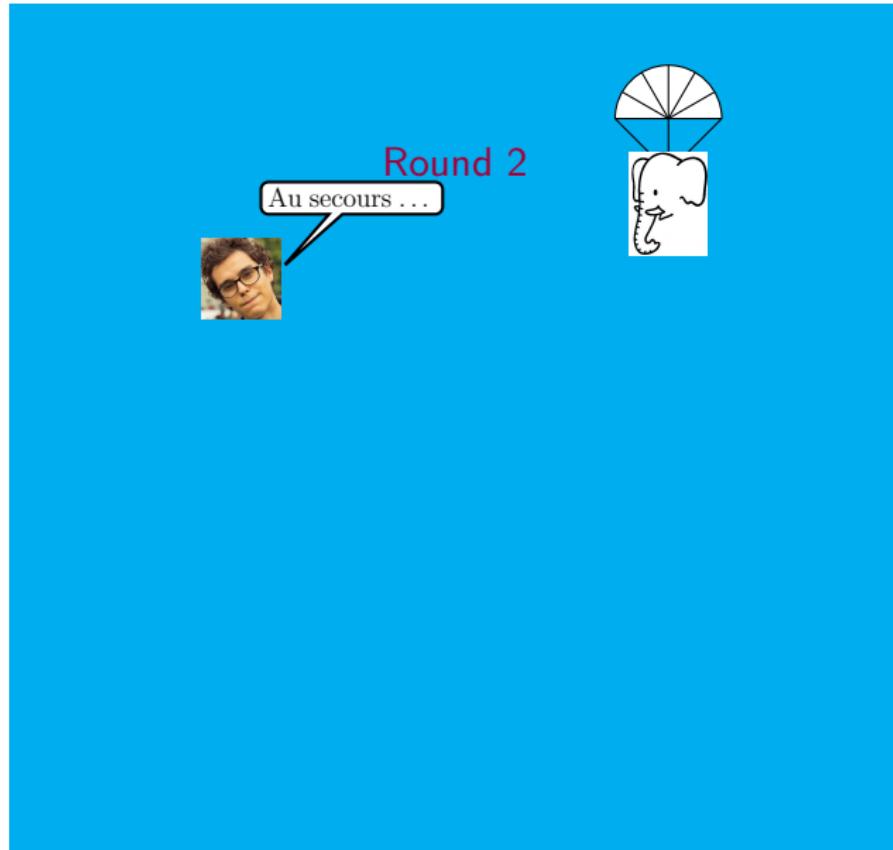
# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste

Round 2



Au secours ...



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste

Round 2



Au secours ...



# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste

Round 2



Au secours ...



⇒ L'éléphant arrive en bas en un seul morceau

# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

Vue d'artiste

Round 2



Au secours ...



- ⇒ L'éléphant arrive en bas en un seul morceau
- Seule différence : qui porte le parachute
- ↔ Force de frottement de l'air sur le parachute

# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Même si l'on est convaincu par le raisonnement de Galilée, on avait naturellement tendance à penser que les objets plus lourds tombent plus vite.

D'où nous vient cette intuition éronnée ?

- Dans la vie de tous les jours, on a quand même de bonnes raisons de penser que les objets plus lourds tombent plus vite.  
(ex : lâcher d'un marteau et d'une plume)
- La vie de tous les jours = sur Terre = **dans l'air !**
  - Présence de **forces de frottement** dues à l'air.
  - Ces forces de frottement sont **proportionnelles à la surface** de l'objet en mouvement.

# Paradoxe de Galilée : Pourquoi cette fausse conception ?

*Galileo Galilei (1564 P.C. - 1642 P.C.)*

Même si l'on est convaincu par le raisonnement de Galilée, on avait naturellement tendance à penser que les objets plus lourds tombent plus vite.

D'où nous vient cette intuition éronnée ?

- Dans la vie de tous les jours, on a quand même de bonnes raisons de penser que les objets plus lourds tombent plus vite.  
(ex : lâcher d'un marteau et d'une plume)
- La vie de tous les jours = sur Terre = **dans l'air !**
  - Présence de **forces de frottement** dues à l'air.
  - Ces forces de frottement sont **proportionnelles à la surface** de l'objet en mouvement.
- Si l'on fait l'expérience **en l'absence d'air** (ex : sur la Lune), on observe bien que **des objets lâchés en même temps tombent à la même vitesse** à tout instant.

# Paradoxe de Zénon

# Paradoxe de Zénon

Ou la fable du lièvre et de la tortue par Zénon d'Élée en 450 ACN

# Paradoxe de Zénon

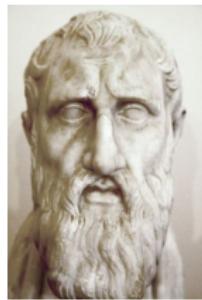
Ou la fable du lièvre et de la tortue par Zénon d'Élée en 450 ACN

**Énoncé du paradoxe**

# Paradoxe de Zénon

Ou la fable du lièvre et de la tortue par Zénon d'Élée en 450 ACN

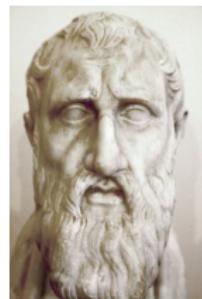
## Énoncé du *paradoxe*



# Paradoxe de Zénon

Ou la fable du lièvre et de la tortue par Zénon d'Élée en 450 ACN

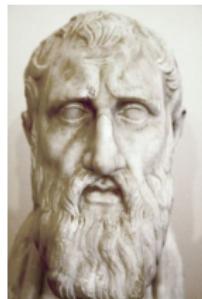
## Énoncé du *paradoxe*



# Paradoxe de Zénon

Ou la fable du lièvre et de la tortue par Zénon d'Élée en 450 ACN

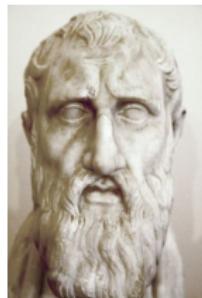
## Énoncé du paradoxe



# Paradoxe de Zénon

Ou la fable du lièvre et de la tortue par Zénon d'Élée en 450 ACN

## Énoncé du paradoxe



# Paradoxe de Zénon

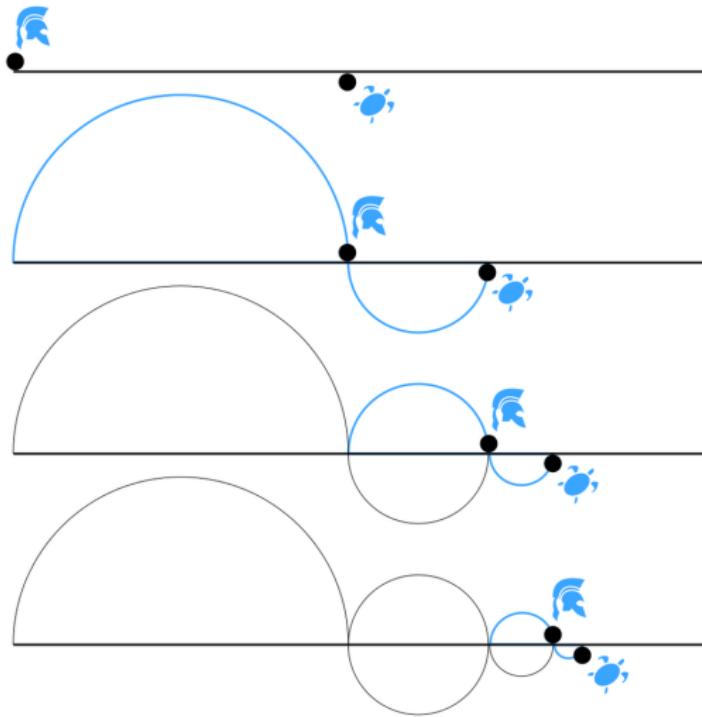
Ou la fable du lièvre et de la tortue par Zénon d'Élée en 450 ACN

## *Énoncé du paradoxe*

Le paradoxe d'Achille et de la tortue tel que formulé par Zénon dit qu'un jour, Achille, le héros grec, disputa une course avec une tortue. Achille étant un athlète de bon niveau et étant bon joueur, il laisse un avance à la tortue. Zénon affirme qu'il ne pourra jamais rattraper le lent reptile. En effet, bien qu'Achille court beaucoup plus vite, le temps qu'il parcourt la distance qu'il a laissé à la tortue, cette dernière a parcouru une certaine distance non nulle donc elle a encore de l'avance. Le temps qu'Achille rattrape ce retard, la tortue a encore avancé et le processus est itéré. Achille ne rattrape donc jamais la tortue.

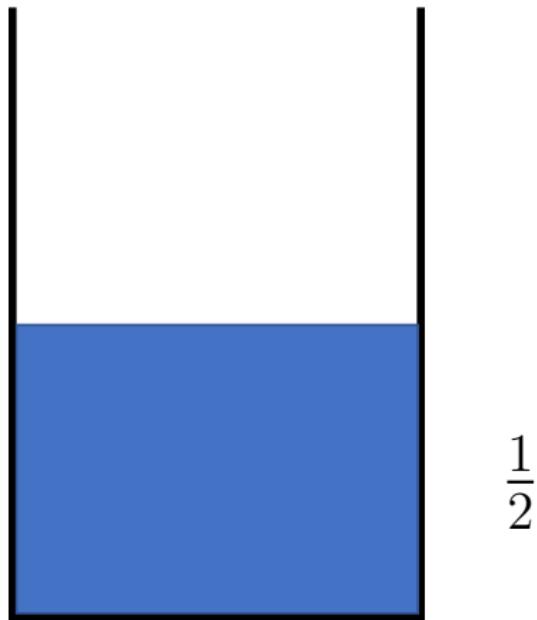
# Paradoxe de Zénon

Peut-être sera-ce plus clair sur cette figure :



# Paradoxe de Zénon

Une autre manière de voir le paradoxe



# Paradoxe de Zénon

Une autre manière de voir le paradoxe



$$\frac{1}{4} + \frac{1}{2}$$

# Paradoxe de Zénon

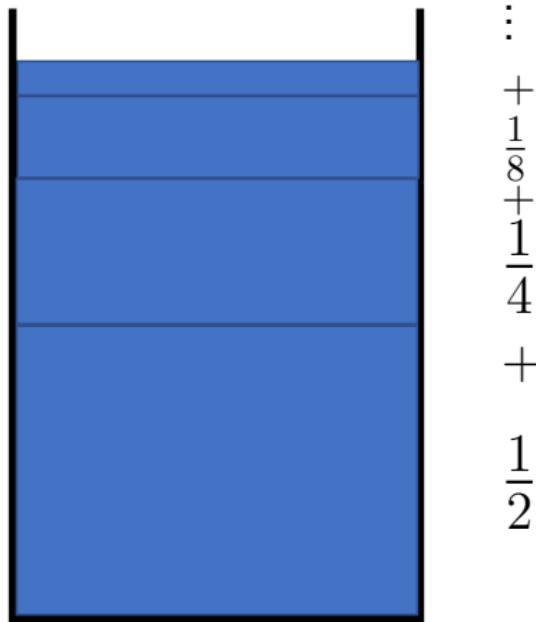
Une autre manière de voir le paradoxe



$$\frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2}$$

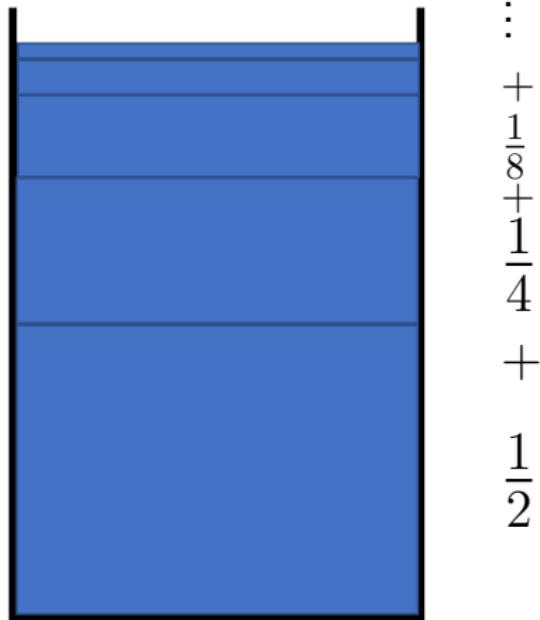
# Paradoxe de Zénon

Une autre manière de voir le paradoxe



# Paradoxe de Zénon

Une autre manière de voir le paradoxe

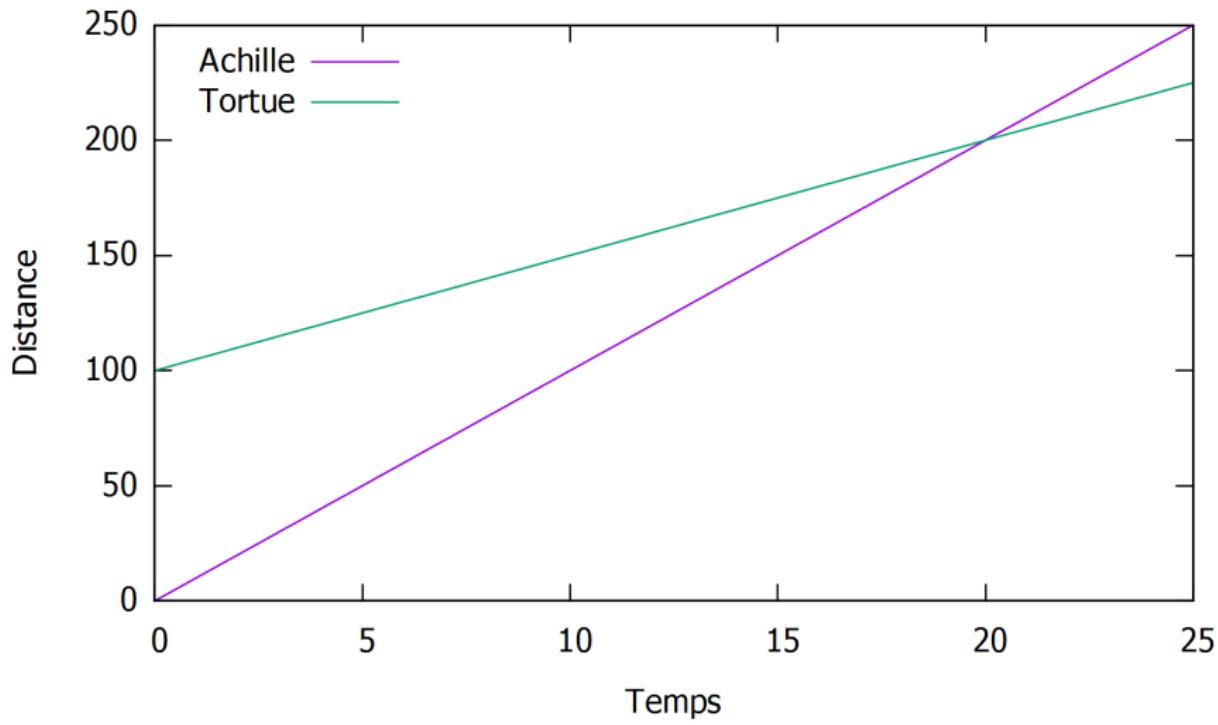


# Paradoxe de Zénon

Retour à la course entre Achille et la tortue

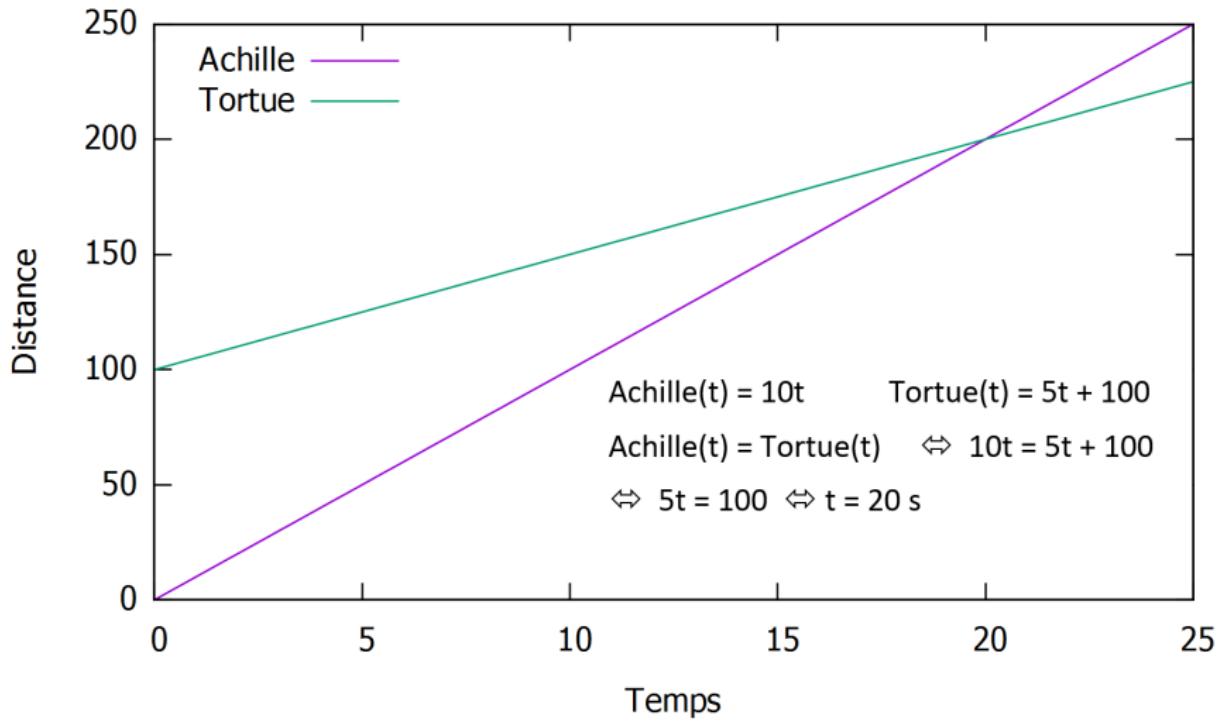
# Paradoxe de Zénon

Retour à la course entre Achille et la tortue



# Paradoxe de Zénon

Retour à la course entre Achille et la tortue



# Paradoxe de Zénon

Séries convergentes :

Si Achille se déplace à 10 m/s et la tortue à 5 m/s et qu'initialement la distance entre les deux vaut 100m, alors on a à résoudre :

$$T = 10 + \frac{10}{2} + \frac{10}{4} + \frac{10}{8} + \dots$$

# Paradoxe de Zénon

Séries convergentes :

Si Achille se déplace à 10 m/s et la tortue à 5 m/s et qu'initialement la distance entre les deux vaut 100m, alors on a à résoudre :

$$T = 10 \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right)$$

# Paradoxe de Zénon

Séries convergentes :

Si Achille se déplace à 10 m/s et la tortue à 5 m/s et qu'initialement la distance entre les deux vaut 100m, alors on a à résoudre :

$$T = 10 \left( \left(\frac{1}{2}\right)^0 + \left(\frac{1}{2}\right)^1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \dots \right)$$

# Paradoxe de Zénon

Séries convergentes :

Si Achille se déplace à 10 m/s et la tortue à 5 m/s et qu'initialement la distance entre les deux vaut 100m, alors on a à résoudre :

$$T = 10 \left( \left(\frac{1}{2}\right)^0 + \left(\frac{1}{2}\right)^1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \dots \right)$$

Autrement dit :

$$T = 10 \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

C'est la somme d'une série géométrique :

$$\sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{1}{1-x}$$

# Paradoxe de Zénon

Séries convergentes :

Si Achille se déplace à 10 m/s et la tortue à 5 m/s et qu'initialement la distance entre les deux vaut 100m, alors on a à résoudre :

$$T = 10 \left( \left(\frac{1}{2}\right)^0 + \left(\frac{1}{2}\right)^1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \dots \right)$$

Autrement dit :

$$T = 10 \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

C'est la somme d'une série géométrique :

$$\sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{1}{1-x}, \text{ si } |x| < 1$$

# Paradoxe de Zénon

Séries convergentes :

Si Achille se déplace à 10 m/s et la tortue à 5 m/s et qu'initialement la distance entre les deux vaut 100m, alors on a à résoudre :

$$T = 10 \left( \left(\frac{1}{2}\right)^0 + \left(\frac{1}{2}\right)^1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \dots \right)$$

Autrement dit :

$$T = 10 \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

C'est la somme d'une série géométrique :

$$\sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{1}{1-x}, \text{ si } |x| < 1$$

Donc dans notre cas :

$$T = 10 \cdot \frac{1}{1 - 1/2} = 10 \cdot 2 = 20$$

# Une maladie bien inquiétante...

Imaginons la situation suivante :

- Une maladie terrible touche en moyenne 1/10000 personne
- Il existe un test fiable à 99%

# Une maladie bien inquiétante...

Imaginons la situation suivante :

- Une maladie terrible touche en moyenne 1/10000 personne
- Il existe un test fiable à 99%
  - Si vous êtes malade : dans 99% des cas le test est ⊕
  - Si vous n'êtes pas malade : dans 99% des cas le test est ⊖
- Par précaution, vous passez le test : il est ⊕

# Une maladie bien inquiétante...

Imaginons la situation suivante :

- Une maladie terrible touche en moyenne 1/10000 personne
- Il existe un test fiable à 99%
  - Si vous êtes malade : dans 99% des cas le test est ⊕
  - Si vous n'êtes pas malade : dans 99% des cas le test est ⊖
- Par précaution, vous passez le test : il est ⊕
- Qu'est-ce que vous faites ?

# Une maladie bien inquiétante...

Imaginons la situation suivante :

- Une maladie terrible touche en moyenne 1/10000 personne
  - Il existe un test fiable à 99%
    - Si vous êtes malade : dans 99% des cas le test est ⊕
    - Si vous n'êtes pas malade : dans 99% des cas le test est ⊖
  - Par précaution, vous passez le test : il est ⊕
  - Qu'est-ce que vous faites ?
- ⇒ On voudrait connaître la probabilité d'être vraiment malade après un test ⊕

## Du calme et prenons du recul : formule de Bayes

# Du calme et prenons du recul : formule de Bayes

On pose :

- A : vous êtes malade
- B : test  $\oplus$

# Du calme et prenons du recul : formule de Bayes

On pose :

- A : vous êtes malade
- B : test  $\oplus$

On peut utiliser la **Formule de Bayes** :

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

# Du calme et prenons du recul : formule de Bayes

On pose :

- A : vous êtes malade
- B : test  $\oplus$

On peut utiliser la **Formule de Bayes** :

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

$P(A)$  : probabilité d'être malade

$P(B)$  : probabilité d'avoir un test  $\oplus$

# Du calme et prenons du recul : formule de Bayes

On pose :

- A : vous êtes malade
- B : test  $\oplus$

On peut utiliser la **Formule de Bayes** :

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

$P(A)$  : probabilité d'être malade

$P(B)$  : probabilité d'avoir un test  $\oplus$

$P(A|B)$  (proba de  $A$  sachant  $B$ ) : probabilité d'être malade en ayant un test  $\oplus$

## Du calme et prenons du recul : formule de Bayes

On pose :

- A : vous êtes malade
- B : test  $\oplus$

On peut utiliser la **Formule de Bayes** :

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

$P(A)$  : probabilité d'être malade

$P(B)$  : probabilité d'avoir un test  $\oplus$

$P(A|B)$  (proba de  $A$  sachant  $B$ ) : probabilité d'être malade en ayant un test  $\oplus$

$P(B|A)$  : probabilité d'avoir un test  $\oplus$  si on est malade

# Raisonnons étape par étape

On connaît quoi, dans toute cette histoire ?

- $P(A) = \frac{1}{10000}$

# Raisonnons étape par étape

On connaît quoi, dans toute cette histoire ?

- $P(A) = \frac{1}{10000}$
- $P(B|A) = 0.99$

# Raisonnons étape par étape

On connaît quoi, dans toute cette histoire ?

- $P(A) = \frac{1}{10000}$
- $P(B|A) = 0.99$
- $P(A|B) = ??$

# Raisonnons étape par étape

On connaît quoi, dans toute cette histoire ?

- $P(A) = \frac{1}{10000}$
- $P(B|A) = 0.99$
- $P(A|B) = ??$
- $P(B) = ??$

# Raisonnons étape par étape

On connaît quoi, dans toute cette histoire ?

- $P(A) = \frac{1}{10000}$
- $P(B|A) = 0.99$
- $P(A|B) = ??$
- $P(B) = ??$

$$\begin{aligned}P(B) &= P(A)P(B|A) + P(\bar{A})P(B|\bar{A}) \\&= \frac{1}{10000}0.99 + \frac{9999}{10000}0.01 \\&= 0.010098 \approx 1\%\end{aligned}$$

Notons que  $P(A)$  et  $P(B)$  sont des probabilités *a priori*

## Résultat des courses

On remet tout ça dans la formule de Bayes et on obtient :

$$\begin{aligned} P(A|B) &= \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \\ &= \frac{0.99 \times 0.0001}{0.010098} = 0.0099 \approx 1\% \end{aligned}$$

## Résultat des courses

On remet tout ça dans la formule de Bayes et on obtient :

$$\begin{aligned} P(A|B) &= \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \\ &= \frac{0.99 \times 0.0001}{0.010098} = 0.0099 \approx 1\% \end{aligned}$$

La probabilité d'être malade en ayant un test  $\oplus$  est d'environ 1%

## Résultat des courses

On remet tout ça dans la formule de Bayes et on obtient :

$$\begin{aligned} P(A|B) &= \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \\ &= \frac{0.99 \times 0.0001}{0.010098} = 0.0099 \approx 1\% \end{aligned}$$

La probabilité d'être malade en ayant un test  $\oplus$  est d'environ 1%

- Dans la réalité : impossible d'avoir un test fiable à 100%

## Résultat des courses

On remet tout ça dans la formule de Bayes et on obtient :

$$\begin{aligned} P(A|B) &= \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \\ &= \frac{0.99 \times 0.0001}{0.010098} = 0.0099 \approx 1\% \end{aligned}$$

La probabilité d'être malade en ayant un test  $\oplus$  est d'environ 1%

- Dans la réalité : impossible d'avoir un test fiable à 100%
- On peut utiliser les probabilités pour analyser une situation réelle et décider de la marche à suivre

## Résultat des courses

On remet tout ça dans la formule de Bayes et on obtient :

$$\begin{aligned} P(A|B) &= \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \\ &= \frac{0.99 \times 0.0001}{0.010098} = 0.0099 \approx 1\% \end{aligned}$$

La probabilité d'être malade en ayant un test  $\oplus$  est d'environ 1%

- Dans la réalité : impossible d'avoir un test fiable à 100%
- On peut utiliser les probabilités pour analyser une situation réelle et décider de la marche à suivre
- On a tendance à réagir de manière non rationnelle

## Résultat des courses

On remet tout ça dans la formule de Bayes et on obtient :

$$\begin{aligned} P(A|B) &= \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \\ &= \frac{0.99 \times 0.0001}{0.010098} = 0.0099 \approx 1\% \end{aligned}$$

La probabilité d'être malade en ayant un test  $\oplus$  est d'environ 1%

- Dans la réalité : impossible d'avoir un test fiable à 100%
- On peut utiliser les probabilités pour analyser une situation réelle et décider de la marche à suivre
- On a tendance à réagir de manière non rationnelle
- Un peu de réflexion remet de l'ordre là-dedans

# Pourquoi cette erreur ?

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

# Pourquoi cette erreur ?

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

- On a tendance à se focaliser sur la dernière information

# Pourquoi cette erreur ?

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

- On a tendance à se focaliser sur la dernière information
- On oublie le contexte

# Pourquoi cette erreur ?

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

- On a tendance à se focaliser sur la dernière information
- On oublie le contexte
- On néglige les probabilités *a priori*

## Pourquoi cette erreur ?

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)\cancel{P(A)}}{\cancel{P(B)}}$$

- On a tendance à se focaliser sur la dernière information
- On oublie le contexte
- On néglige les probabilités *a priori*
- On identifie la probabilité d'être malade avec la fiabilité du test

# Conclusion

- L'intuition peut, selon les cas, être bonne conseillère ou nous induire en erreur.

# Conclusion

- L'intuition peut, selon les cas, être bonne conseillère ou nous induire en erreur.
- Ce qui permet de suivre son intuition ou non : La logique

# Conclusion

- L'intuition peut, selon les cas, être bonne conseillère ou nous induire en erreur.
- Ce qui permet de suivre son intuition ou non : La logique
- Prendre un problème *par le bon bout* c'est savoir quand se fier à son intuition comme point de départ ou quand s'en méfier

# Conclusion

- L'intuition peut, selon les cas, être bonne conseillère ou nous induire en erreur.
- Ce qui permet de suivre son intuition ou non : La logique
- Prendre un problème *par le bon bout* c'est savoir quand se fier à son intuition comme point de départ ou quand s'en méfier
- Ce raisonnement logique c'est, en grande partie, le travail d'un scientifique

# Conclusion

- Aujourd'hui il est communément admis que la Terre *tourne* autour du soleil

# Conclusion

- Aujourd'hui il est communément admis que la Terre *tourne* autour du soleil
- Mais il fut un temps où cela faisait débat !

# Conclusion

- Aujourd'hui il est communément admis que la Terre *tourne* autour du soleil
- Mais il fut un temps où cela faisait débat !
- ↵ Est-ce si intuitif ?

# Conclusion

- Aujourd'hui il est communément admis que la Terre *tourne* autour du soleil
- Mais il fut un temps où cela faisait débat !
- ↵ Est-ce si intuitif ?

Tout est donc une question de contexte !

# Conclusion

Tout le monde peut :

- S'intéresser à ce que lui souffle son intuition

# Conclusion

Tout le monde peut :

- S'intéresser à ce que lui souffle son intuition
- Faire le raisonnement logique appuyant ou contredisant cette intuition

# Conclusion

Tout le monde peut :

- S'intéresser à ce que lui souffle son intuition
- Faire le raisonnement logique appuyant ou contredisant cette intuition
- Mener son enquête / Son raisonnement scientifique en utilisant simplement la logique

# Conclusion

Tout le monde peut :

- S'intéresser à ce que lui souffle son intuition
- Faire le raisonnement logique appuyant ou contredisant cette intuition
- Mener son enquête / Son raisonnement scientifique en utilisant simplement la logique

→ Le raisonnement logique/scientifique est à la portée de tous ; Pas besoin d'être Einstein ou Sherlock Holmes.

# Conclusion

Cette manière de penser peut (**doit ?**) être appliquée tous les jours

# Conclusion

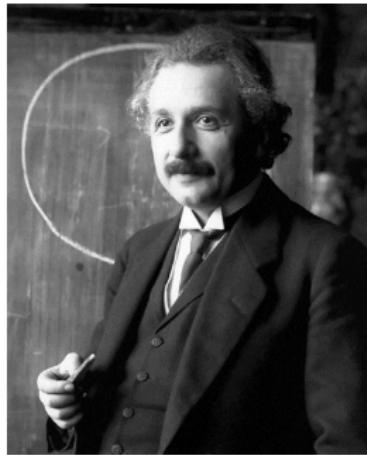
Cette manière de penser peut (**doit ?**) être appliquée tous les jours :

- Comme outil de défense contre les Fake-News
- Comme moyen d'entretenir sa logique, utile en toute circonstance
- Pour **éveiller son esprit critique**
- ...

# Conclusion

*“Que chacun raisonne en son âme et conscience, qu'il se fasse une idée fondée sur ses propres lectures et non d'après les racontars des autres.”*

Albert Einstein



*Merci pour votre attention !*