

# Physique-chimie

## 3<sup>è</sup>



**Organisation et transformations de la matière**

Réactions entre solutions acides et métaux

# Quelques très beaux monuments



**La Statue de la Liberté**  
(1886)



**L'abbaye de Westminster**  
(XIII<sup>e</sup> siècle)



**Le Taj Mahal**  
(1648)



**Le Colisée**  
(80 ap. J.-C.)



**La pyramide de Kukulcàn**  
(âgée de plus de 1000 ans)



**La Tour Eiffel**  
(1889)



# Quelques très beaux monuments

Vendredi 23 Février 2018

## L'Histoire

Samedi 1 septembre 2018

Patrimoine

### LE TAJ MAHAL SE SENT MAL

A Agra, en Inde, le superbe mausolée en marbre blanc, construit par l'empereur moghol Chah Djahan pour son épouse est en train de virer au jaune à cause de la pollution et notamment des pluies acides dues à une raffinerie.

l'édition du soir | MEXIQUE

## La pollution dissout peu à peu les temples mayas

Un rapport alarmant publié par des chercheurs mexicains montre qu'à cause de la pluie acide, due à la pollution humaine, certaines inscriptions mayas datant de 4 000 ans pourraient disparaître des pyramides d'ici un siècle.

## Le Monde

## UNE STATUE VA RECOUVRIR LA LIBERTÉ

Publié le 12 août 1985 à 00h00 - Mis à jour le 12 août 1985 à 00h00  
Assiégée par plus d'un million et demi de touristes chaque année, attaquée par les pluies acides, rongée par l'indifférence des hommes à sa constante dégradation, la statue de la Liberté menaçait d'effondrement.

# Analyse de la situation

l'édition du soir | MEXIQUE  
**La pollution dissout peu à peu les temples mayas**  
Vendredi 23 Février 2018

**Le Monde**  
**UNE STATUE VA RECOUVRIR LA LIBERTÉ**  
Publié le 12 août 1985 à 00h00 - Mis à jour le 12 août 1985 à 00h00

**L'Histoire**  
Samedi 1 septembre 2018  
**Patrimoine**  
**LE TAJ MAHAL SE SENT MAL**  
A Agra, en Inde, le superbe mausolée en marbre blanc, construit par l'empereur moghol Chah Djahan pour son épouse est en train de virer au jaune à cause de la pollution et notamment des pluies acides dues à une raffinerie.

## C'est quoi, une pluie acide ?

GEO

Tout est dans le nom, une pluie acide désigne des précipitations anormalement acides. [...]

Ces pluies étaient considérées comme un problème majeur dans les années 80, du fait de leurs effets clairement visibles, notamment en Europe ou en Amérique du Nord. Des réglementations ont permis d'améliorer la situation, mais les pluies acides existent toujours.

Elles sont d'ailleurs graves et fréquentes dans les régions industrialisées d'Asie.

# Analyse de la situation

*Au Canada, en 1979, l'acidité des pluies s'est parfois avérée plus élevée que celle du vinaigre.*

**En mettant en place un raisonnement qui s'appuie sur tes connaissances, relie chaque valeur de pH à la bonne solution aqueuse**

pH = 2,2 •

• valeur du pH du vinaigre

pH = 3 •

• valeur du pH d'une eau de pluie « normale »

pH compris entre 5,5 et 6 •

• valeur du pH d'une eau de pluie acide au Canada en 1979

Remobilisons ce qu'on a vu ensemble dans une précédente émission, intitulée « notion de pH » :

<https://www.lumni.fr/video/chimie-la-notion-de-ph>

# Analyse de la situation

➔ Rappel de ce que l'on sait

Le pH est un nombre compris entre 0 et 14 qui permet d'évaluer l'acidité ou, au contraire la basicité d'une solution.

Si la valeur du pH est supérieure à 7, alors la solution est basique.

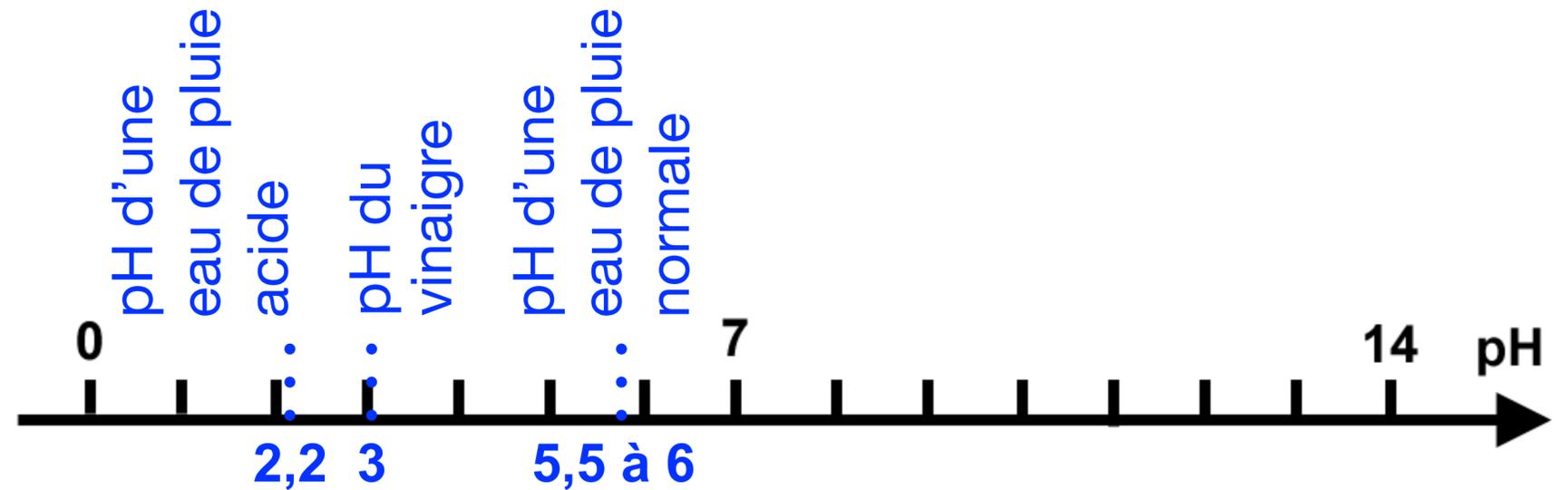
Si la valeur du pH est égale à 7, alors la solution est neutre.

Si la valeur du pH est inférieure à 7, alors la solution est acide.

Plus la valeur du pH d'une solution est petite, plus la solution est acide.

# Analyse de la situation

*Au Canada, en 1979,  
l'acidité des pluies s'est  
parfois avérée plus élevée  
que celle du vinaigre.*



**En mettant en place un raisonnement qui s'appuie sur tes connaissances,  
relie chaque valeur de pH à la bonne solution aqueuse**

pH = 2,2	•	•	valeur du pH du vinaigre
pH = 3	•	•	valeur du pH d'une eau de pluie « normale »
pH compris entre 5,5 et 6	•	•	valeur du pH d'une eau de pluie acide au Canada en 1979

# Analyse de la situation

➔ Quelle est l'origine de cette acidité anormale des eaux de pluie ?



**Certains évènements naturels**  
Éruptions volcaniques, feux de forêt...



**Certaines activités humaines**  
Les secteurs du charbon, des transports, de l'industrie...

# Analyse de la situation

➔ Quelle sont les principales conséquences des pluies acides ?

## **Des conséquences sur la flore**

généralement la plus  
impactée car directement  
exposée

## **Des conséquences sur la faune**

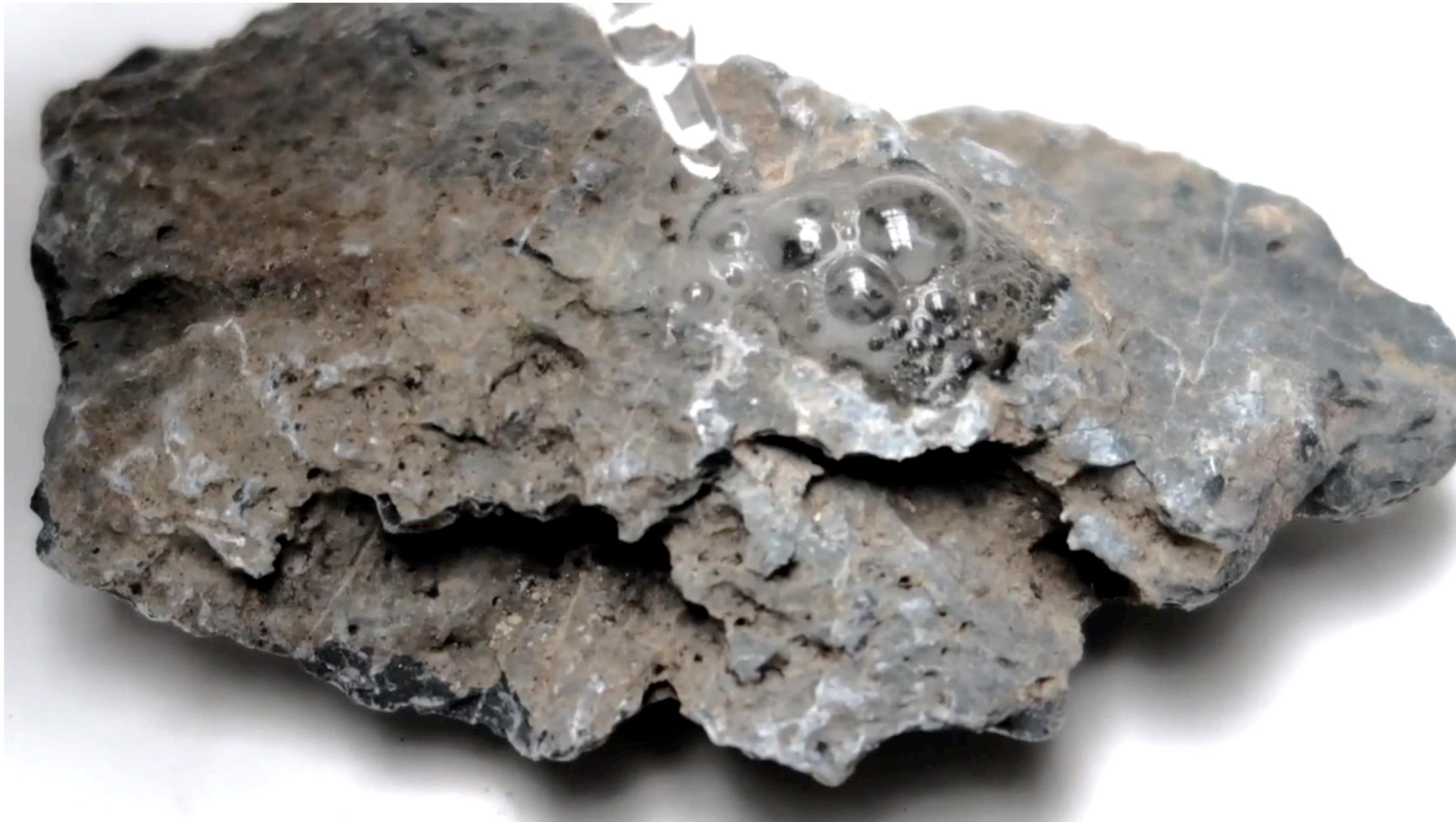
à cause de l'acidification des  
eaux, l'appauvrissement des  
sols en ressources nutritives  
et donc l'affaiblissement de  
la flore

## **Des conséquences sur les bâtiments**

**Des réglementations qui permettent de limiter les polluants.**

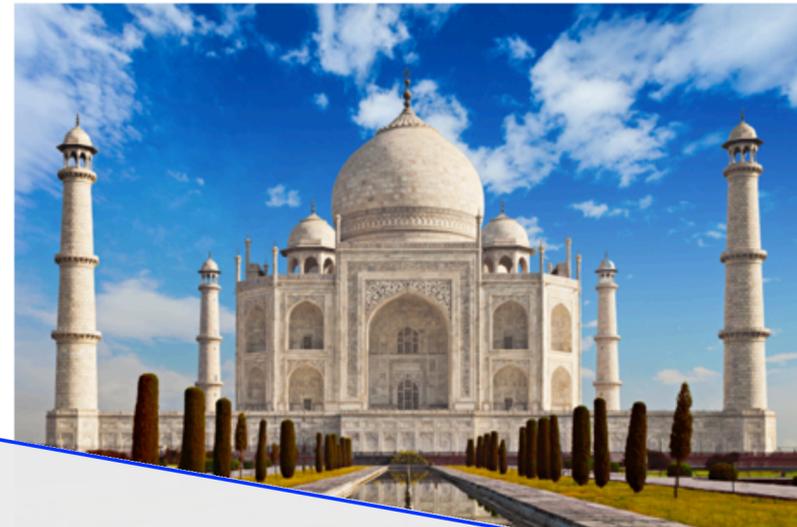
# Analyse de la situation

➔ Ce qu'on sait déjà



*Quelques gouttes d'acide chlorhydrique sur du calcaire*

# Analyse de la situation



**l'édition du soir** | MEXIQUE  
**La pollution dissout peu à peu les temples mayas**  
Vendredi 23 Février 2018

# Notre problématique

Comment expliquer l'effet des pluies acides sur les métaux ?

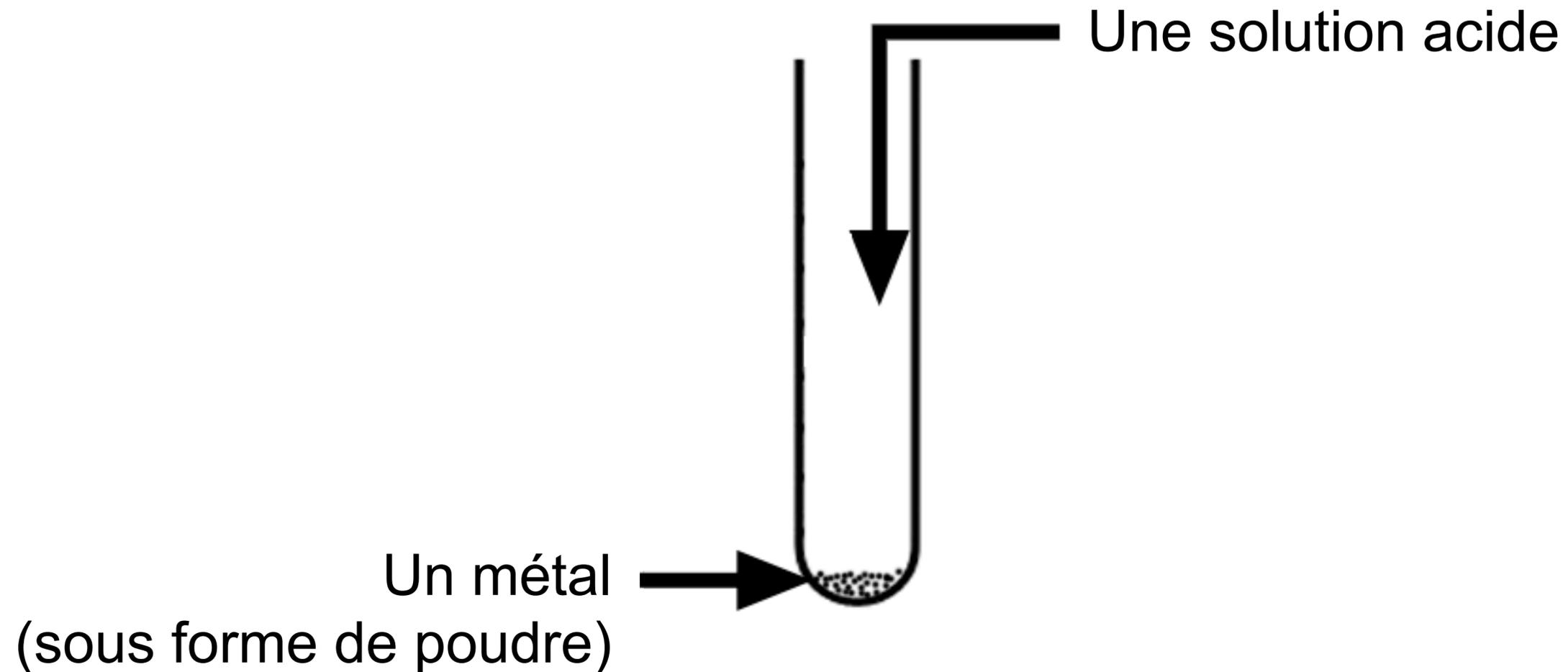
# Notre hypothèse

De la même manière, on pense que les solutions acides réagissent avec les différents métaux.

# Résolution du problème

## Le protocole : la démarche globale

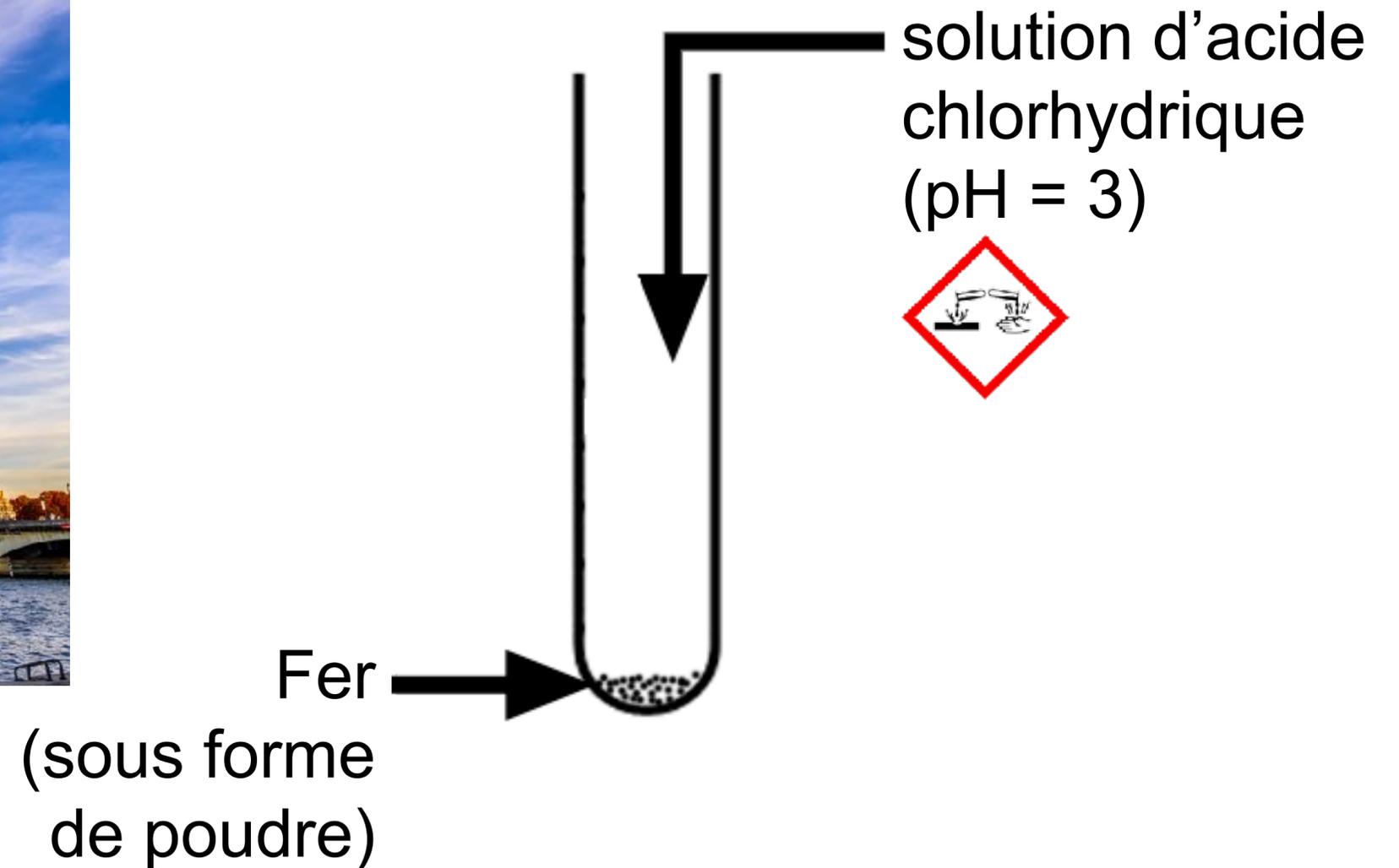
➔ Mettre en contact une solution acide et différents métaux.



# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

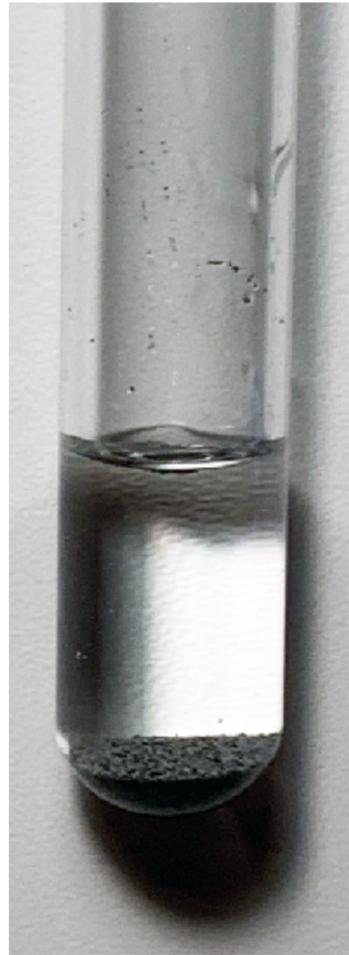
➔ L'expérience



# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

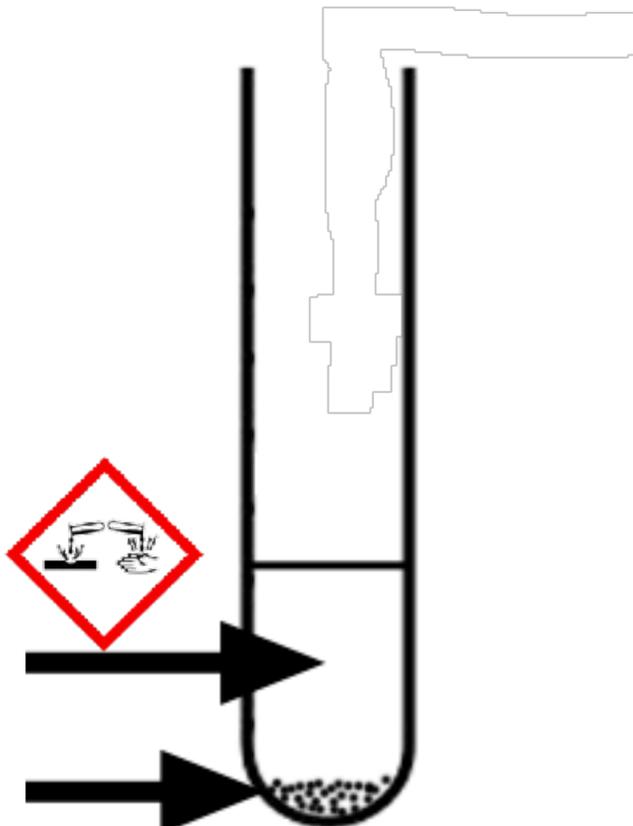
→ L'observation



solution d'acide chlorhydrique  
(pH = 3)



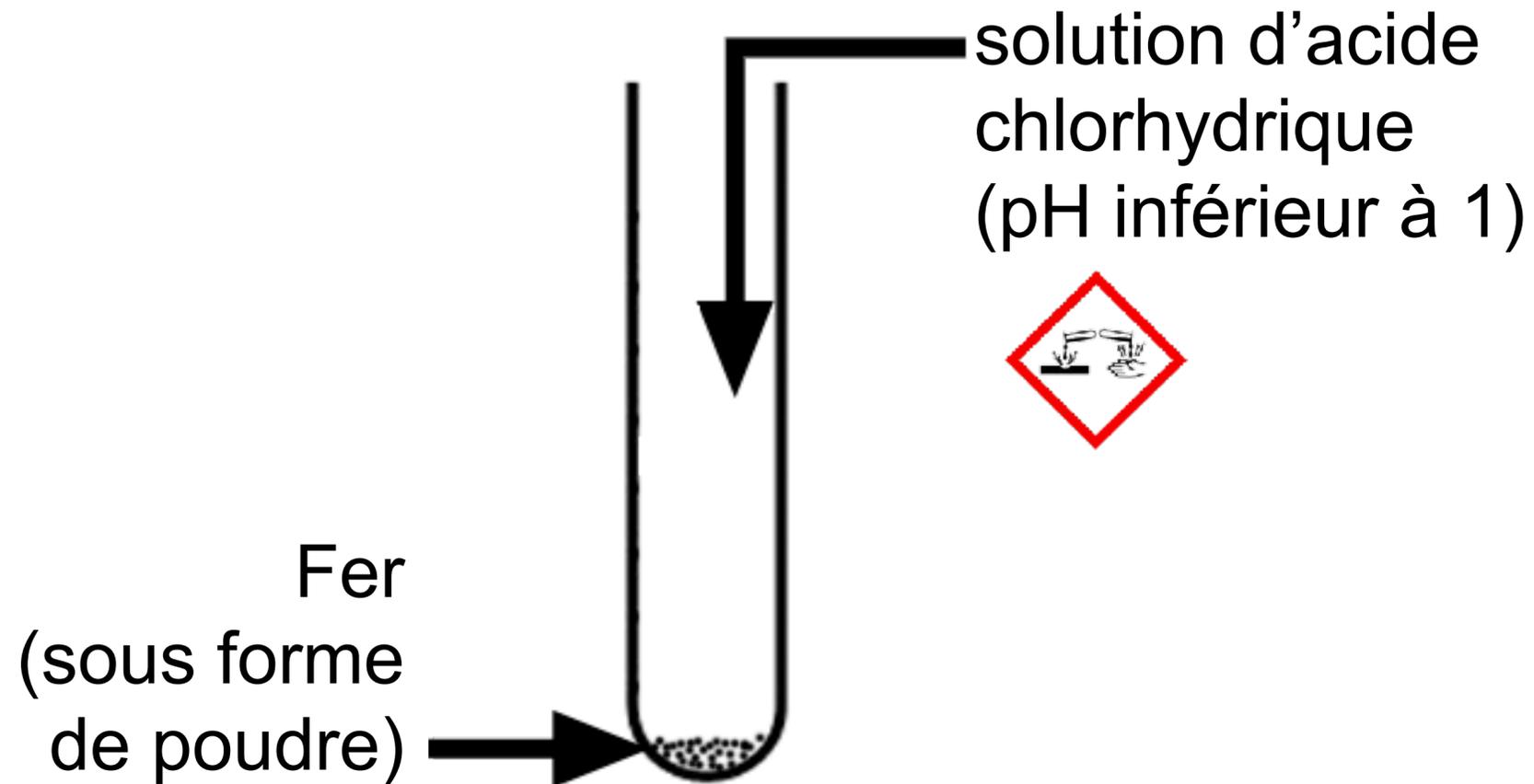
Fer  
(sous forme  
de poudre)



# Résolution du problème

## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ La nouvelle expérience



➔ L'observation



On observe une effervescence.

# Résolution du problème

## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ Quel est le gaz formé ?

Quelques tests  
d'identification  
des gaz :

Gaz	Observation en cas de test positif
Dioxygène (O <sub>2</sub> )	Ravive une braise incandescente.
Dihydrogène (H <sub>2</sub> )	Produit un petit bruit au contact d'une flamme.
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Fait apparaître un trouble blanc dans l'eau de chaux.



On entend un petit bruit.

# Résolution du problème

## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ Quel est le gaz formé ?

Quelques tests  
d'identification  
des gaz :

Gaz	Observation en cas de test positif
Dioxygène (O <sub>2</sub> )	Ravive une braise incandescente.
Dihydrogène (H <sub>2</sub> )	Produit un petit bruit au contact d'une flamme.
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Fait apparaître un trouble blanc dans l'eau de chaux.

L'observation

On entend une petite explosion (un « aboiement ») lorsqu'on approche une flamme du gaz formé.

Ce que l'on sait

Or, on sait que le dihydrogène est un gaz qui produit un petit bruit au contact d'une flamme.

L'interprétation

Tout laisse donc à penser que le gaz formé est du **dihydrogène**, de formule chimique H<sub>2</sub>.

# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ Point d'étape

Espèces chimiques qui réagissent	Espèces chimiques formées au cours de la transformation chimique
Fer Acide chlorhydrique	Dihydrogène « autre chose »

# Résolution du problème

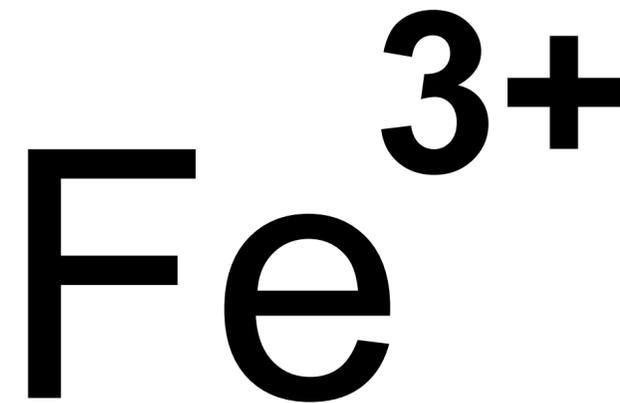
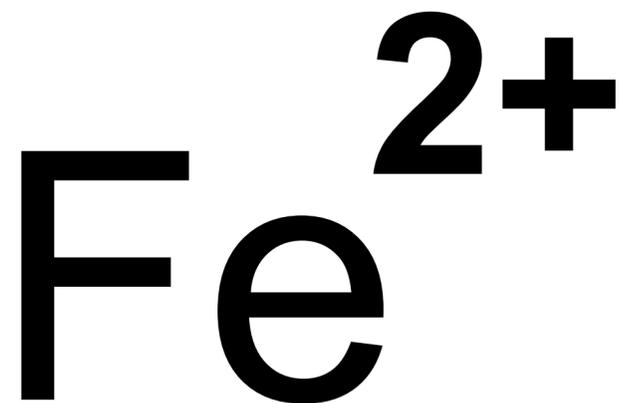
## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ Quid de l'élément « fer » ?

En solution aqueuse, l'élément chimique fer est présent sous forme ionique sous deux formes principales :

les ions fer (II)  $\text{Fe}^{2+}$  et les ions fer (III)  $\text{Fe}^{3+}$ .

Un ion est un atome, ou un groupe d'atomes, qui a perdu, ou gagné, un ou plusieurs électrons.



# Résolution du problème

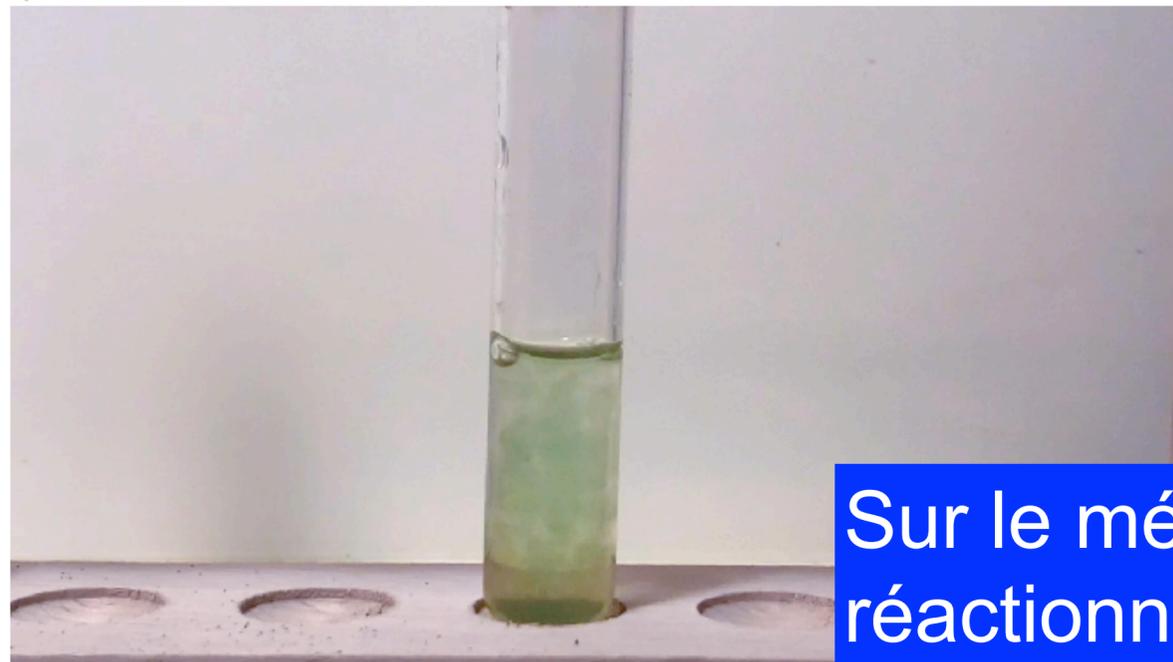
## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

Quelques tests d'identification des ions :

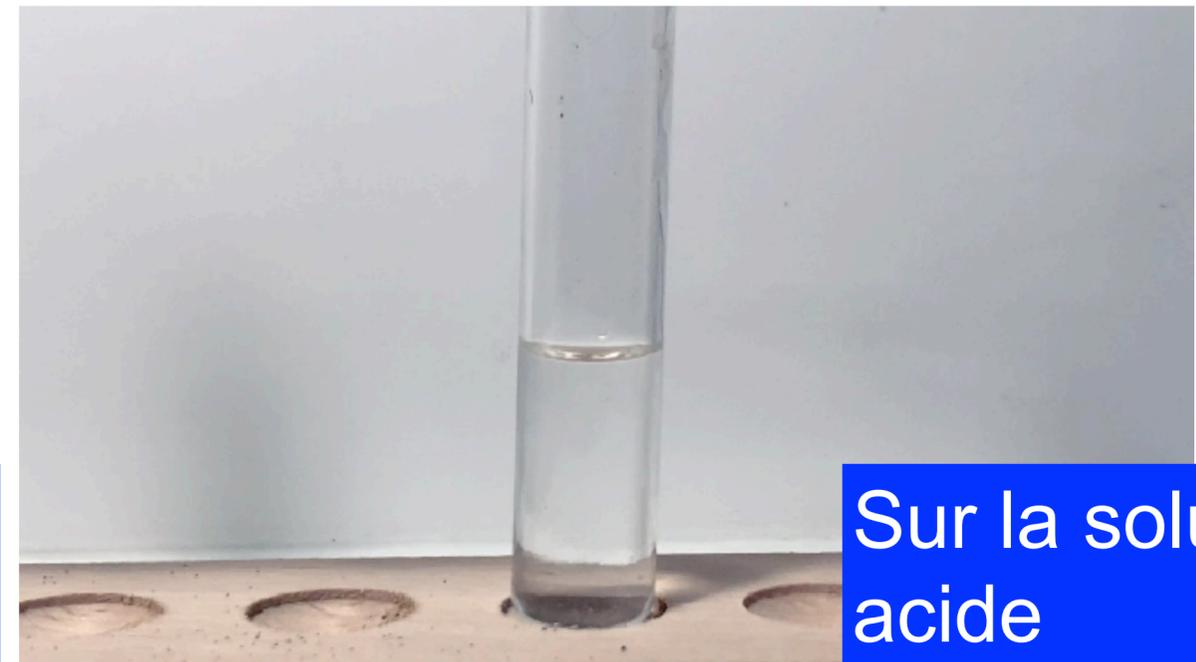
Ions	Observation en cas de test positif
Ions aluminium $\text{Al}^{3+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.
Ions chlorure $\text{Cl}^-$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de nitrate d'argent.
Ions fer (II) $\text{Fe}^{2+}$	Apparition d'un précipité vert lors de l'ajout de soude.
Ions fer (III) $\text{Fe}^{3+}$	Apparition d'un précipité orange lors de l'ajout de soude.
Ions zinc $\text{Zn}^{2+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.



➔ Test à la soude



Sur le mélange réactionnel



Sur la solution acide

# Résolution du problème

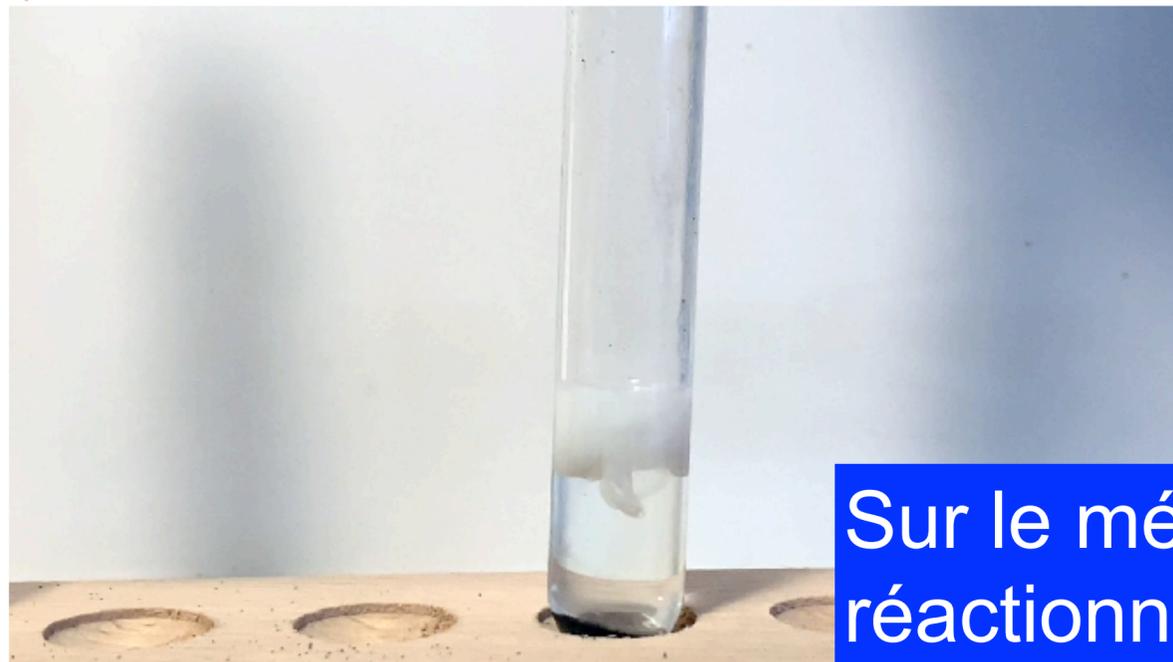
## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

Quelques tests d'identification des ions :

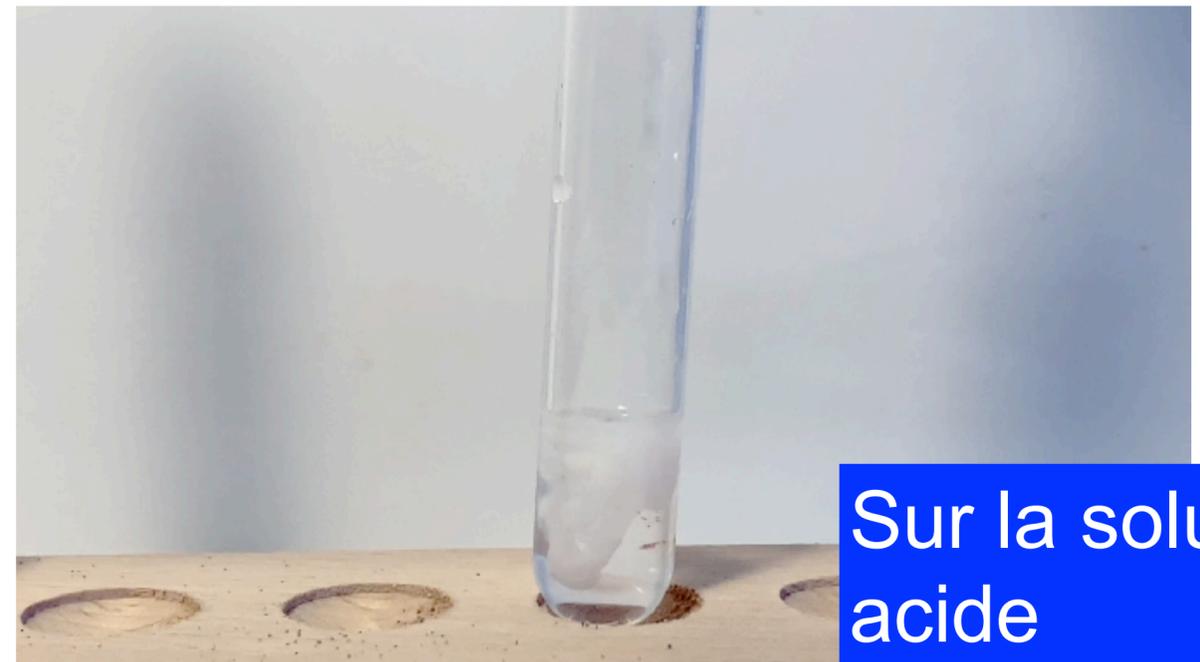
Ions	Observation en cas de test positif
Ions aluminium $\text{Al}^{3+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.
Ions chlorure $\text{Cl}^-$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de nitrate d'argent.
Ions fer (II) $\text{Fe}^{2+}$	Apparition d'un précipité vert lors de l'ajout de soude.
Ions fer (III) $\text{Fe}^{3+}$	Apparition d'un précipité orange lors de l'ajout de soude.
Ions zinc $\text{Zn}^{2+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.



➔ Test au nitrate d'argent



Sur le mélange réactionnel



Sur la solution acide

# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ Point d'étape

Espèces chimiques qui réagissent	Espèces chimiques formées au cours de la transformation chimique
Fer (Fe)	Dihydrogène (H <sub>2</sub> )
Acide chlorhydrique	Ions fer (II) (Fe <sup>2+</sup> )

# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ Cas de l'acide chlorhydrique



Solution d'acide  
utilisée :  $\text{pH}=1$



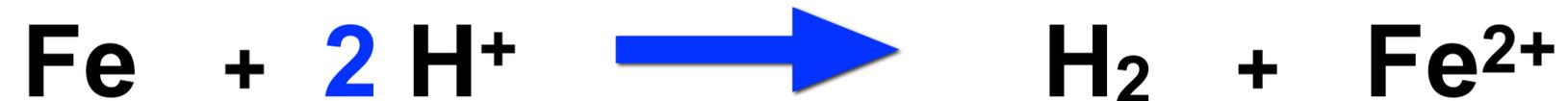
Après quelques  
heures :  $\text{pH} = 3$

# Résolution du problème

## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

➔ Modélisation de la transformation chimique étudiée

Espèces chimiques consommées au cours de la transformation chimique	Espèces chimiques formées au cours de la transformation chimique
Fe	H <sub>2</sub>
H <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>



### LES RÉACTIFS

*(consommés au cours de la transformation chimique)*

### LES PRODUITS

*(formés au cours de la transformation chimique)*

# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le fer

- ➔ Exerçons notre esprit critique !
- ➔ Une première piste, mais une réalité plus complexe.

**Comment protéger la Tour Eiffel ?**

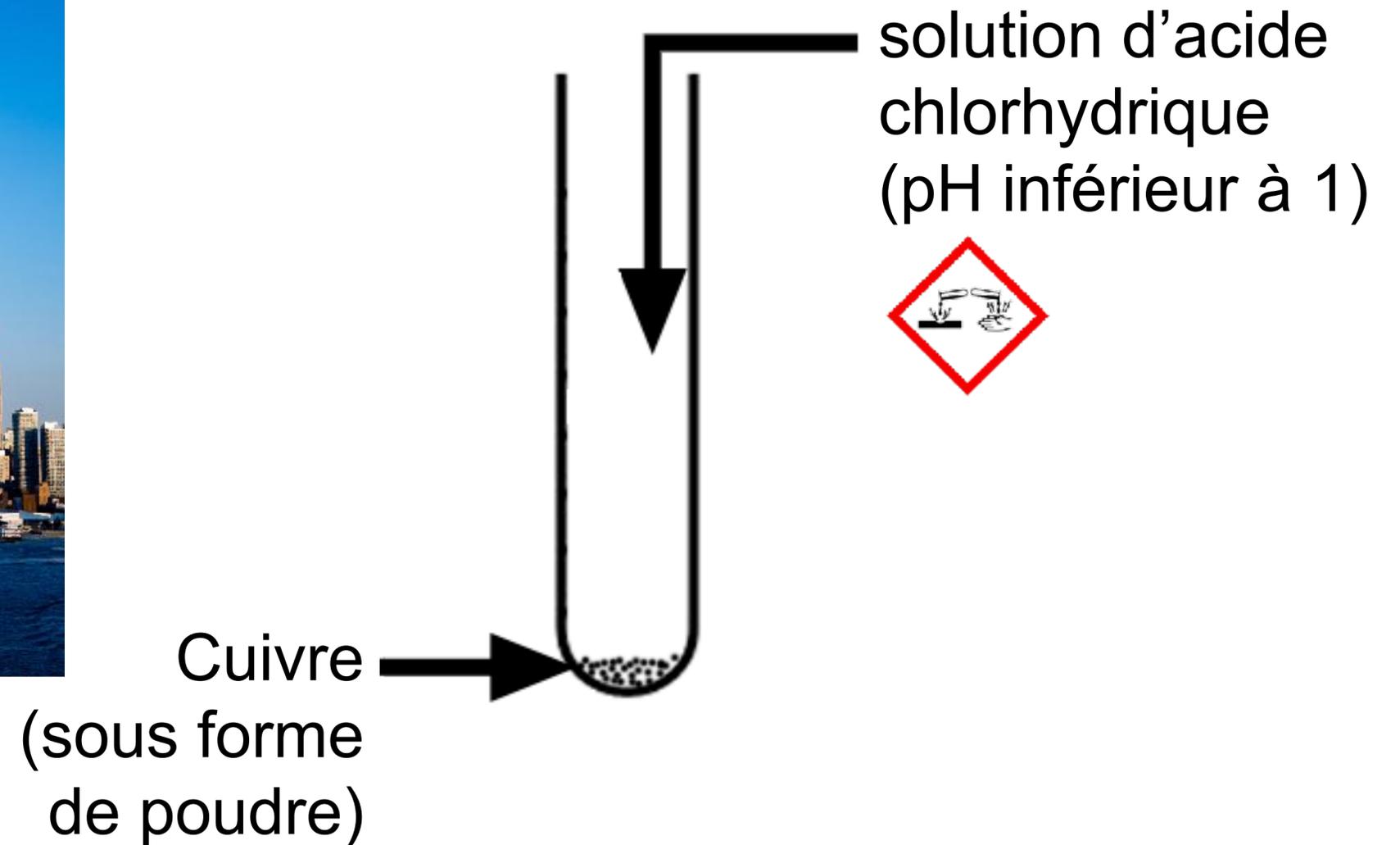
**Une des techniques pour protéger la Tour Eiffel : la peindre !**

Opération renouvelée en moyenne tous les 7 ans : 60 tonnes de peinture par couche, 18 mois de travaux, 4 millions d'euros de budget, et 25 peintres parfaitement insensibles au vertige !

# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le cuivre

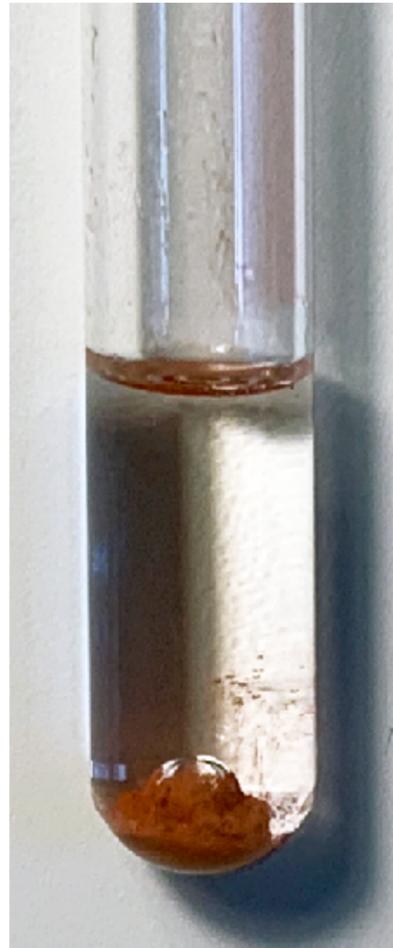
→ L'expérience



# Résolution du problème

Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le cuivre

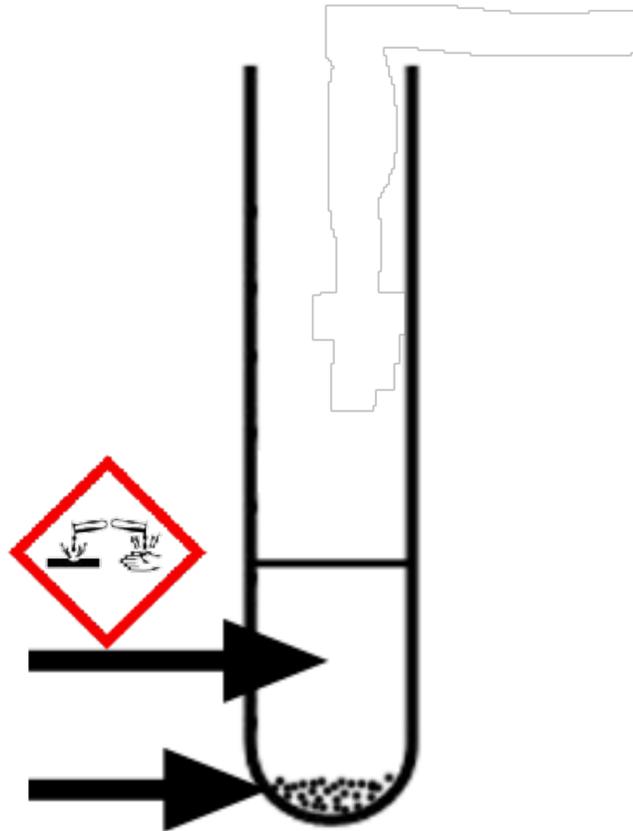
→ L'observation



solution d'acide chlorhydrique  
(pH inférieur à 1)



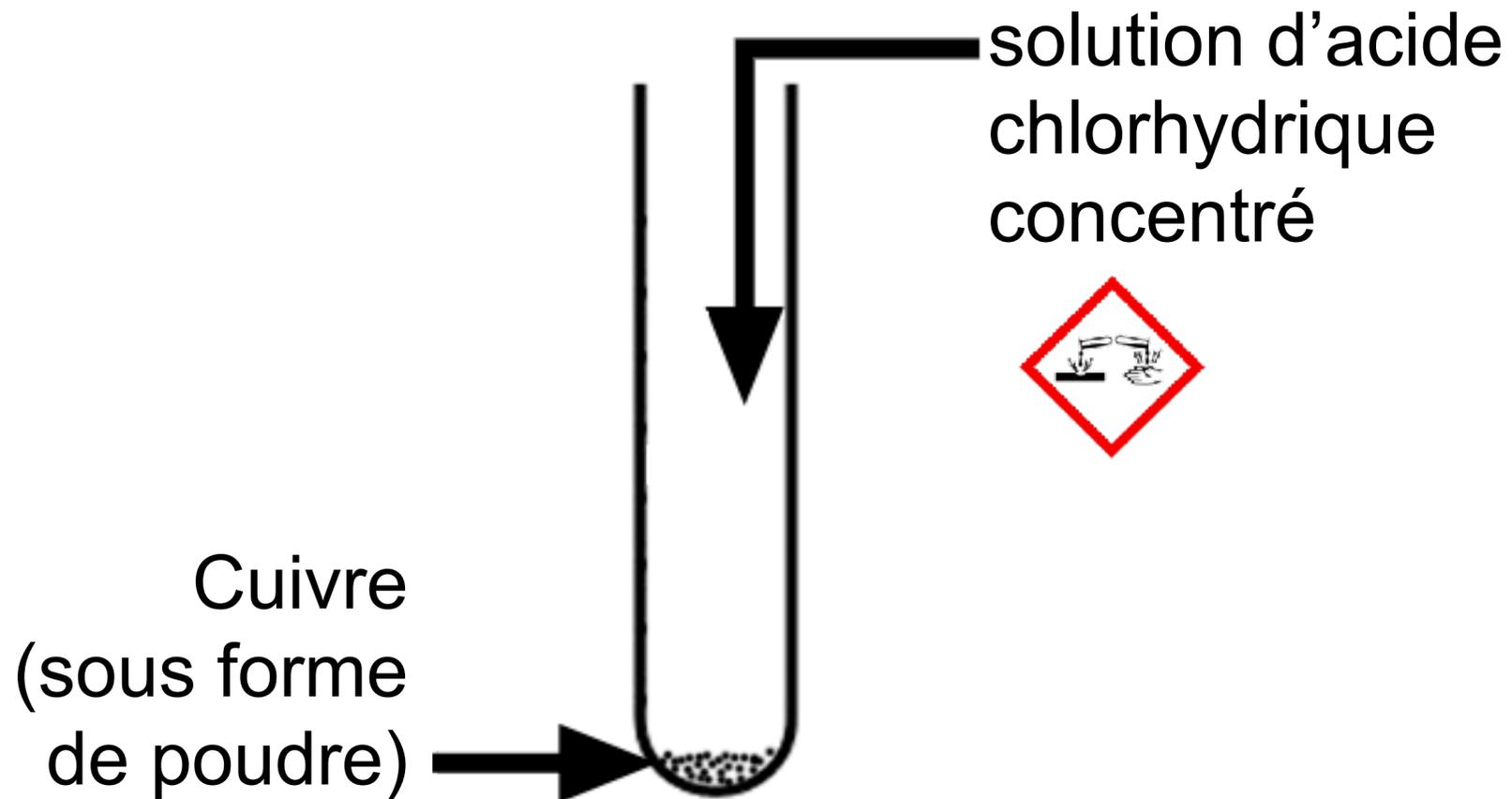
Cuivre  
(sous forme  
de poudre)



# Résolution du problème

## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le cuivre

➔ La nouvelle expérience



➔ L'observation



On n'observe aucune effervescence.

Il n'y a pas de transformation chimique entre une solution d'acide chlorhydrique et le cuivre.

# Résolution du problème

## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le cuivre

➔ Pourtant, la Statue de la Liberté a été détériorée par les pluies acides : une réalité plus complexe.

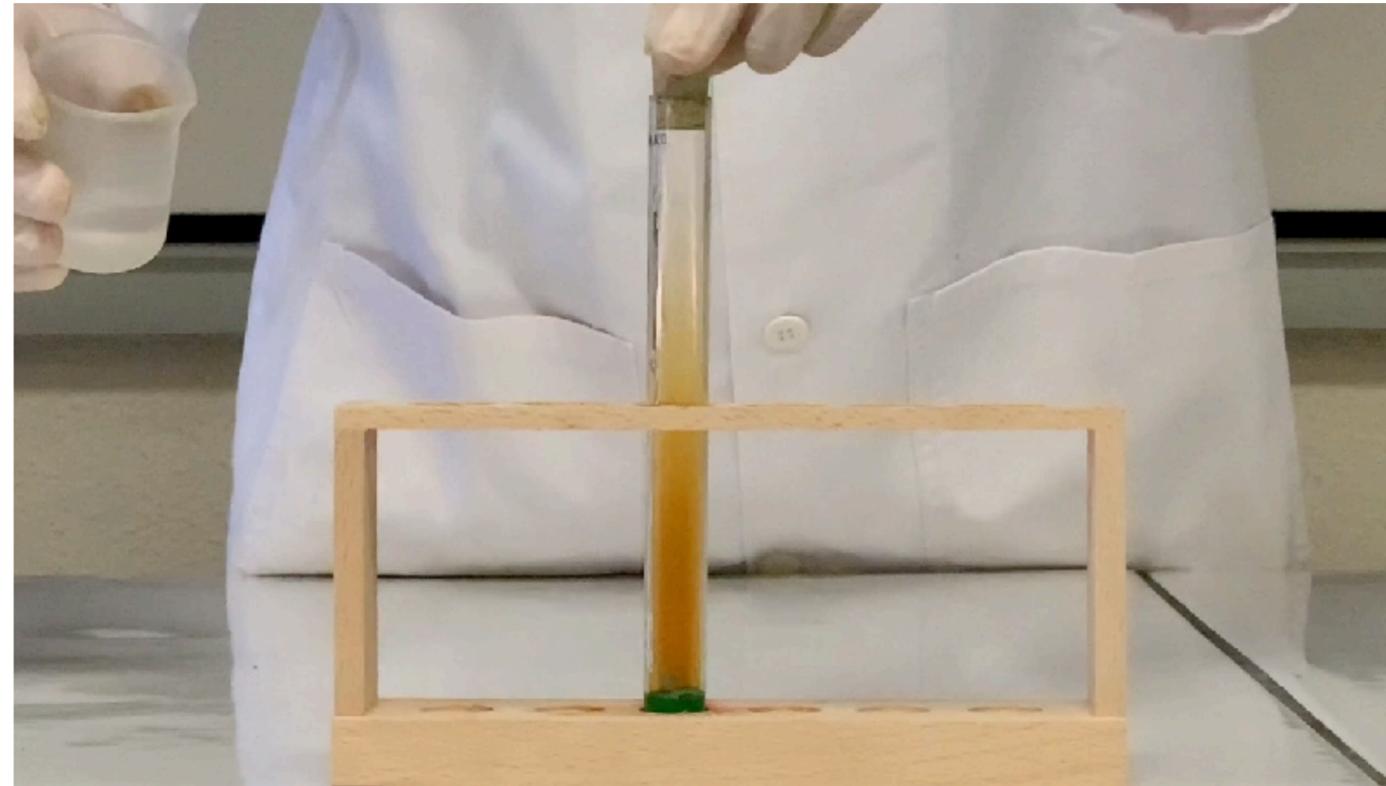
### **La couleur verte de la Statue de la Liberté**

Cette couleur verte s'explique par la formation, au contact du dioxygène, de l'eau et des traces de dioxyde de carbone contenus dans l'air, de ce qu'on appelle couramment « le vert de gris » (en chimie, on l'appelle « hydroxycarbonate de cuivre »).

# Résolution du problème

## Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et le cuivre

➔ Réaction entre une solution d'acide nitrique et le cuivre



➔ On ne peut pas généraliser à tous les métaux, et à tous les acides, la conclusion faite pour le fer et l'acide chlorhydrique.

# Allons plus loin

## Réaction entre des solutions acides et d'autres métaux



L'action de certains acides sur le plomb du toit augmente la présence de cet élément dans l'environnement.  
Des conséquences sur la santé (risque de saturnisme).



Le zinc, en réagissant avec le dioxygène de l'air, conduit à la formation d'une couche protectrice qui empêche la corrosion de se poursuivre, ce qui explique la longévité de ce matériau.



L'or ne réagit pas avec des acides pris séparément. C'est d'ailleurs grâce à cette propriété que les bijoutiers peuvent facilement identifier l'or.

# Conclusion

➔ Rappel de la problématique :

*Comment expliquer l'effet des pluies acides sur les métaux ?*

➔ Rappel de l'hypothèse :

*On pense que les solutions acides réagissent avec les différents métaux.*

➔ Notre hypothèse est-elle validée ?

*Cette hypothèse n'est pas validée : on ne peut pas dire que toutes les solutions acides réagissent avec tous les métaux. En revanche, il arrive qu'une solution acide réagisse avec un métal. Des ions sont alors impliqués dans la transformation chimique.*

*Les pluies acides, par l'apport d'ions hydrogène  $H^+$ , favorisent certaines transformations chimiques avec les métaux.*

# Ce qu'il faut retenir

- **Ce qu'on a découvert : action des acides sur les métaux**

Les réactions entre les acides et les métaux, lorsqu'elles ont lieu, impliquent des ions. Comme toutes les transformations chimiques, elles sont modélisées par une équation de réaction qui rend compte de la conservation des éléments.

# Ce qu'il faut retenir

## •Ce qu'on a remobilisé :

Le pH est un nombre compris entre 0 et 14 qui permet d'évaluer l'acidité ou la basicité d'une solution. Il est relié à la présence d'ions hydrogène  $H^+$  et d'ions hydroxyde  $OH^-$ , toujours présents dans une solution aqueuse.

Une solution aqueuse acide (valeur du pH inférieure à 7) contient plus d'ions hydrogène  $H^+$  que d'ions hydroxyde  $OH^-$ .

Un ion est un atome, ou un groupe d'atomes, qui a perdu, ou gagné, un ou plusieurs électrons.

# As-tu bien compris ?

**Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?**

Le processus de fabrication des canettes pour boissons a été breveté en décembre 1974 aux États-Unis.

Les canettes sont vernies à l'intérieur et imprimées à l'extérieur.

Intéressons-nous à cette canette en aluminium contenant du cola.



**Formule une hypothèse pour expliquer pourquoi cette canette en aluminium est couverte d'un vernis protecteur à l'intérieur.**

À toi !

**Indice :** le cola est une solution acide

# As-tu bien compris ?

**Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?**

Le processus de fabrication des canettes pour boissons a été breveté en décembre 1974 aux États-Unis.

Les canettes sont vernies à l'intérieur et imprimées à l'extérieur.

Intéressons-nous à cette canette en aluminium contenant du cola.



**Formule une hypothèse pour expliquer pourquoi cette canette en aluminium est couverte d'un vernis protecteur à l'intérieur.**

On peut supposer que le cola, qui est acide, réagit avec l'aluminium, et que l'intérieur des canettes est verni pour éviter que cette transformation chimique n'ait lieu.

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

Quelle expérience vas-tu réaliser pour tester cette hypothèse ?

A

Il faut mélanger de l'eau avec du fer.

B

Il faut mélanger une solution acide avec du fer.

C

Il faut mélanger de l'eau avec de l'aluminium.

D

Il faut mélanger une solution acide avec de l'aluminium.

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

Quelle expérience vas-tu réaliser pour tester cette hypothèse ?

A

Il faut mélanger de l'eau avec du fer.

B

Il faut mélanger une solution acide avec du fer.

C

Il faut mélanger de l'eau avec de l'aluminium.

D

Il faut mélanger une solution acide avec de l'aluminium.

Nous réalisons l'expérience choisie :  
on mélange une solution d'acide concentré avec de l'aluminium.  
On observe une effervescence. On en déduit qu'un gaz se forme.

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

On approche une allumette enflammée près du gaz formé.  
On entend une légère détonation. Quel gaz s'est-il formé ?

A

Il s'est formé du dioxygène.

B

Il s'est formé du dihydrogène.

C

Il s'est formé du dioxyde de carbone.

D

Il s'est formé du diazote.

Quelques tests d'identification des gaz :

Gaz	Observation en cas de test positif
Dioxygène (O <sub>2</sub> )	Ravive une braise incandescente.
Dihydrogène (H <sub>2</sub> )	Produit un petit bruit au contact d'une flamme.
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Fait apparaître un précipité blanc dans l'eau de chaux.

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

On approche une allumette enflammée près du gaz formé.  
On entend une légère détonation. Quel gaz s'est-il formé ?

A

Il s'est formé du dioxygène.

B

Il s'est formé du dihydrogène.

C

Il s'est formé du dioxyde de carbone.

D

Il s'est formé du diazote.

Quelques tests d'identification des gaz :

Gaz	Observation en cas de test positif
Dioxygène (O <sub>2</sub> )	Ravive une braise incandescente.
Dihydrogène (H <sub>2</sub> )	Produit un petit bruit au contact d'une flamme.
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Fait apparaître un trouble blanc dans l'eau de chaux.

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

On réalise alors le test à la soude, et on observe l'apparition d'un précipité blanc. Quels sont les ions formés ?

A

Après l'ajout de nitrate d'argent, j'observe la formation d'un précipité blanc.  
J'en déduis que des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  se sont formés.

B

Après l'ajout de la soude, j'observe la formation d'un précipité blanc.  
J'en déduis que des ions zinc  $\text{Zn}^{2+}$  se sont formés.

C

Après l'ajout de la soude, j'observe la formation d'un précipité blanc.  
J'en déduis que des ions aluminium  $\text{Al}^{3+}$  se sont formés.

D

Après l'ajout de la soude, j'observe la formation d'un précipité bleu.  
J'en déduis que des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  se sont formés.

Quelques tests d'identification des ions :

Ions	Observation en cas de test positif
Ions zinc $\text{Zn}^{2+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.
Ions aluminium $\text{Al}^{3+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.
Ions chlorure $\text{Cl}^-$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de nitrate d'argent.

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

On réalise alors le test à la soude, et on observe l'apparition d'un précipité blanc. Quels sont les ions formés ?

A

Après l'ajout de nitrate d'argent, j'observe la formation d'un précipité blanc.  
J'en déduis que des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  se sont formés.

B

Après l'ajout de la soude, j'observe la formation d'un précipité blanc.  
J'en déduis que des ions zinc  $\text{Zn}^{2+}$  se sont formés.

C

Après l'ajout de la soude, j'observe la formation d'un précipité blanc.  
J'en déduis que des ions aluminium  $\text{Al}^{3+}$  se sont formés.

D

Après l'ajout de la soude, j'observe la formation d'un précipité bleu.  
J'en déduis que des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  se sont formés.

Quelques tests d'identification des ions :

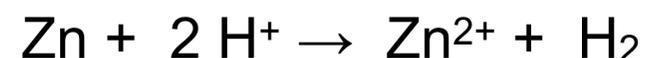
Ions	Observation en cas de test positif
Ions zinc $\text{Zn}^{2+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.
Ions aluminium $\text{Al}^{3+}$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de soude.
Ions chlorure $\text{Cl}^-$	Apparition d'un précipité blanc lors de l'ajout de nitrate d'argent.

# As-tu bien compris ?

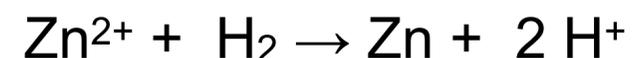
Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

Quelle est l'équation de réaction modélisant la transformation chimique étudiée ?

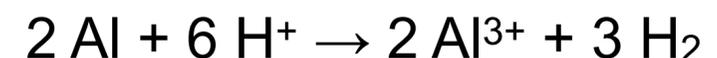
A



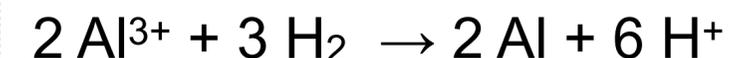
B



C



D



**Rappel :** Dans la transformation chimique étudiée, il se forme du dihydrogène et des ions aluminium  $\text{Al}^{3+}$ .

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

Quelle est l'équation de réaction modélisant la transformation chimique étudiée ?

A



B



C



D



**Rappel :** Dans la transformation chimique étudiée, il se forme du dihydrogène et des ions aluminium  $\text{Al}^{3+}$ .

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

Que pourrait-il se passer si les fabricants ne mettaient pas de vernis protecteur dans la canette d'aluminium contenant le cola ?

A

Sans vernis, la canette pourrait se dissoudre et le cola pourrait couler.

B

Sans vernis, la canette pourrait se détériorer et le cola pourrait couler.

C

Sans vernis, le pH du cola pourrait augmenter.

D

Sans vernis, le pH du cola pourrait diminuer.

Plusieurs réponses possibles !

# As-tu bien compris ?

Comment expliquer le vernis protecteur présent à l'intérieur d'une canette ?

Que pourrait-il se passer si les fabricants ne mettaient pas de vernis protecteur dans la canette d'aluminium contenant le cola ?

A

Sans vernis, la canette pourrait se dissoudre et le cola pourrait couler.

B

Sans vernis, la canette pourrait se détériorer et le cola pourrait couler.

C

Sans vernis, le pH du cola pourrait augmenter.

D

Sans vernis, le pH du cola pourrait diminuer.

**Merci !**



**La Philharmonie de Paris**

Architecte : Jean Nouvel

(2015)