

I. pH-mètre

1. Définition

Un pH-mètre est un instrument utilisé pour mesurer l'activité des ions hydrogène dans les solutions. Autrement dit, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution.

On l'appelle parfois pH-mètre potentiométrique car il mesure la différence de potentiel électrique entre une électrode de pH et une électrode de référence. Un schéma détaillé d'un pH-mètre est présenté ci-après pour une meilleure compréhension.

Un pH-mètre est un outil statistique qui surveille l'activité des ions hydrogène dans les solutions aqueuses, déterminant ainsi leur acidité ou leur alcalinité, exprimée par le pH.

Le terme pH signifie potentiel hydrogène (H^+) et constitue la méthode la plus simple pour mesurer l'acidité ou l'alcalinité relative à une température donnée. La valeur du pH est directement liée au potentiel des concentrations en ions hydrogène (H^+) et en ions hydroxyde (OH^-).

Le pH est mesuré sur une échelle de 1 à 14 pour spécifier l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse. Le pH d'un acide fort peut être inférieur à 0 ou supérieur à 14 pour une base très forte.

- Un pH de 7 indique une solution neutre, car les activités des ions H^+ et OH^- sont égales.
- Lorsque le pH est inférieur à 7, l'activité des ions H^+ est supérieure à celle des ions OH^- .
- À l'inverse, le pH augmente (au-dessus de 7) lorsque l'activité des ions OH^- dans une solution augmente à une température donnée.

Afin de développer une méthode plus rapide et plus performante pour mesurer le pH des solutions, Arnold Orville Beckman, professeur au Caltech, a inventé en 1934 la première méthode électrique moderne au monde, ouvrant ainsi la voie aux pH-mètres potentiométriques utilisés aujourd'hui dans le commerce.

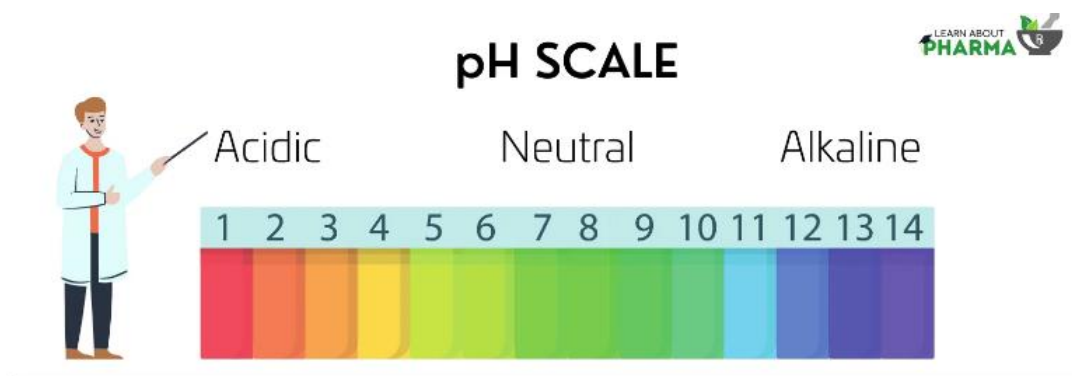


Fig 1: pH scale . <https://learnaboutpharma.com/>

pH Meter- Principle, Parts, Types, Uses, Examples

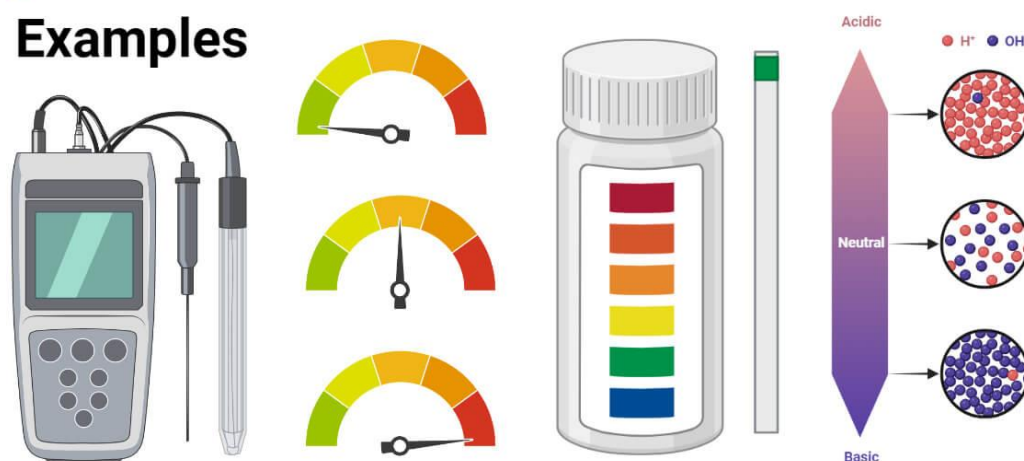


Figure 2 : pH-mètre. <https://microbenotes.com/>

1. Principe du pH-mètre

Le principe de fonctionnement du pH-mètre repose sur l'échange d'ions entre la solution échantillon et la solution interne (tampon pH 7) de l'électrode de verre, à travers la membrane de verre. Un pH-mètre est équipé d'une sonde pH qui transmet les signaux électriques à l'appareil, lequel affiche ensuite la valeur du pH de la solution. La sonde pH contient deux électrodes : une électrode sensible et une électrode de référence. L'une est remplie d'un tampon pH 7, et l'autre d'une solution saturée de chlorure de potassium. Le bulbe de l'électrode sensible est constitué d'une membrane de verre poreuse recouverte de sels métalliques et de silice.

Lorsque la sonde est immergée dans une solution échantillon pour mesurer le pH, des ions hydrogène s'accumulent autour du bulbe et remplacent les ions métalliques. De même, certains ions métalliques passent de l'électrode de verre (électrode sensible) à la solution échantillon. Du fait de sa faible sensibilité, voire de son insensibilité, aux variations de pH, le potentiel de l'électrode de référence présente une tension constante. Cela génère de l'électricité, captée par le fil d'argent grâce à la différence de potentiel induite par les ions hydrogène. Le pH-mètre convertit la tension de ce courant électrique en valeur de pH en la comparant à celle de l'électrode de référence.

L'augmentation de l'acidité de la solution entraîne une concentration plus élevée en ions hydrogène, ce qui augmente la tension. La mesure du pH sur le pH-mètre diminue en raison de cette augmentation de tension. De même, une augmentation de la concentration en ions hydroxyde diminue la tension et augmente la valeur de pH affichée par le pH-mètre.

2. Composants d'un pH-mètre

Un pH-mètre se compose de trois éléments principaux :

1) Une cellule à haute impédance d'entrée

Ce composant clé contient le microprocesseur qui traite les tensions extrêmement faibles des électrodes et affiche les mesures en unités de pH. La puce mesure le pH de la solution, calcule la température et convertit la valeur de tension de l'amplificateur.

2. L'électrode combinée

Elle est constituée de deux électrodes sur lesquelles la mesure est effectuée. Il s'agit du composant le plus coûteux, le plus sensible et le plus consommable de l'appareil, qui doit être manipulé avec précaution. Une électrode de référence et une électrode de mesure (ou électrode de détection), toutes deux immergées dans la même solution, constituent l'électrode combinée. L'électrode de référence doit présenter une tension stable et définie, indépendante de la solution mesurée, afin de produire une valeur de pH définie.

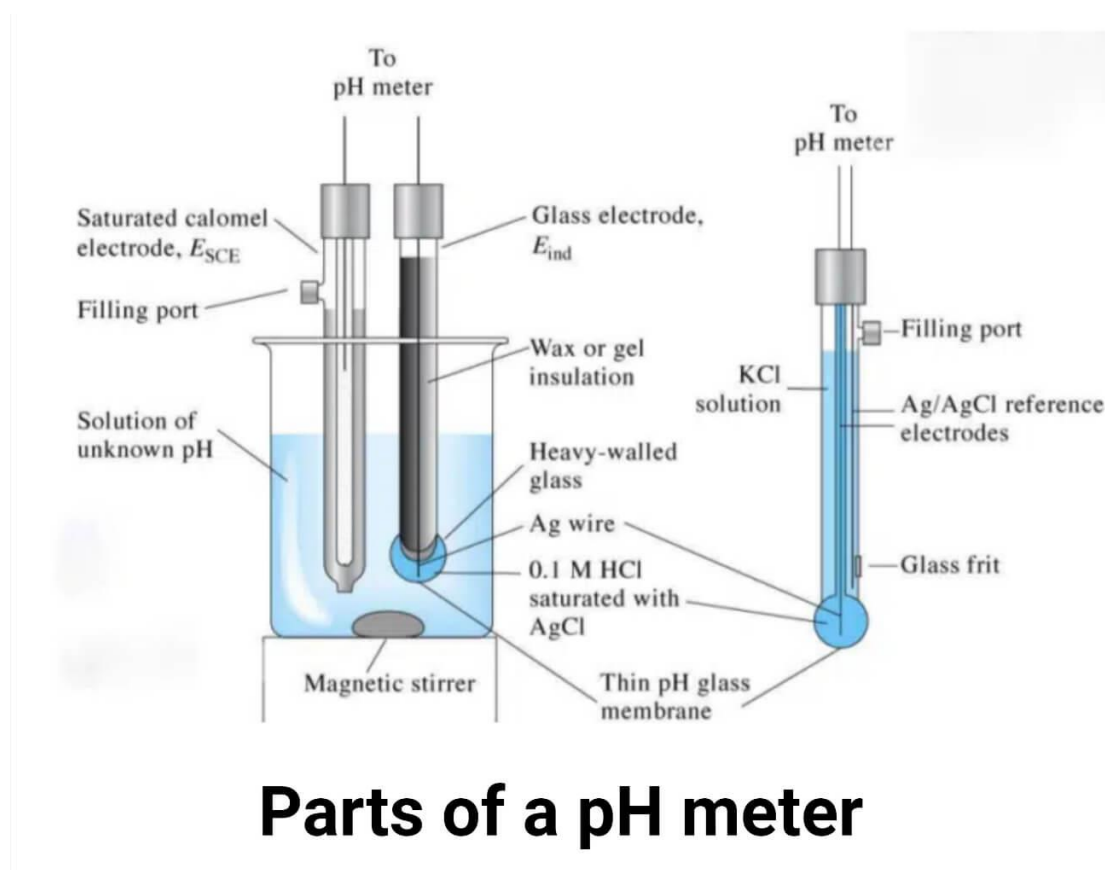
Électrode de référence : Une électrode de référence est constituée d'un matériau de référence (tel que le mercure, le chlorure de mercure ou une solution saturée de chlorure de potassium) immergé dans un électrolyte spécifique. Ce matériau doit interagir

fréquemment avec la solution mesurée via une jonction en céramique poreuse, présenter une faible résistance électrique grâce à une forte concentration ionique et une stabilité adéquate sur une large plage de températures. Son potentiel est connu et constant. Électrode de pH en verre : Il s'agit d'une ampoule de verre sensible aux ions hydrogène. Lorsque la concentration relative d'ions hydrogène à l'intérieur et à l'extérieur de l'ampoule varie, la tension de sortie en millivolts varie également. Elle est aussi appelée électrode de détection ou électrode indicatrice.

3. Amplificateur

Un amplificateur, également appelé amplificateur de tension, joue un rôle essentiel dans la mesure du pH. Il améliore la précision de la mesure, de la même manière qu'un thermomètre améliore la précision des calculs de température. Pour mesurer précisément l'acidité, la basicité et la neutralité d'une solution, ce composant garantit que la tension se situe dans la plage de pH de 0 à 14.

4. Sonde thermométrique



Chapitre 4 : les instruments de mesures

Certains pH-mètres peuvent mesurer la température de la solution analysée et intégrer cette information dans la mesure (la température de la solution influe directement sur le pH). Cette fonction est appelée « compensation automatique de température (CAT) ».

Électrode de pH en verre : Il s'agit d'une ampoule de verre sensible aux ions hydrogène. Lorsque la concentration relative d'ions hydrogène à l'intérieur et à l'extérieur de l'ampoule varie, la tension de sortie en millivolts varie également. Elle est aussi appelée électrode de détection ou électrode indicatrice.

3. Amplificateur

Un amplificateur, également appelé amplificateur de tension, joue un rôle essentiel dans la mesure du pH. Il améliore la précision de la mesure, de la même manière qu'un thermomètre améliore la précision des calculs de température. Pour mesurer précisément l'acidité, la basicité et la neutralité d'une solution, ce composant garantit que la tension se situe dans la plage de pH de 0 à 14.

4. Sonde thermométrique

Certains pH-mètres peuvent mesurer la température de la solution analysée et intégrer cette information dans la mesure (la température de la solution influe directement sur le pH). Cette fonction est appelée « compensation automatique de température (CAT) ».

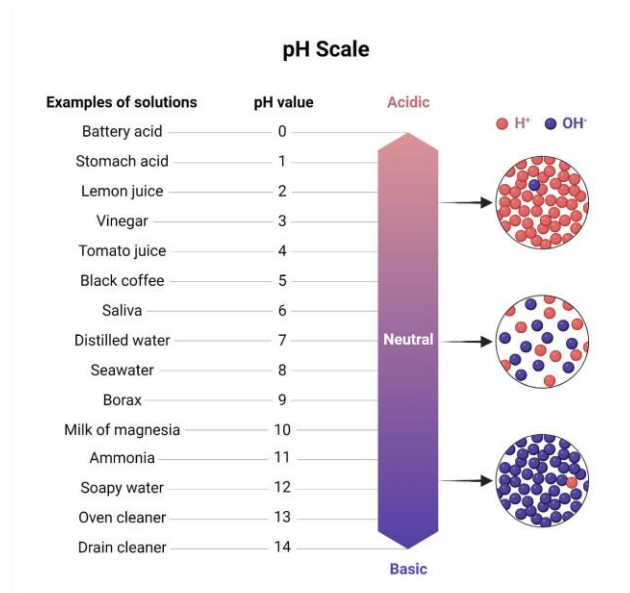


Figure 3 : Échelle de pH avec exemples de solutions. <https://microbenotes.com/>

3. Types de pH-mètres

1) Selon la portabilité

a. pH-mètres portables : Ces pH-mètres portables et économiques ont la taille d'un livre de poche. Leur format compact les rend très faciles à transporter et à utiliser en déplacement. Ils sont composés d'un pH-mètre, d'un écran et d'une électrode. Les pH-mètres portables sont utilisés dans de nombreux secteurs : bâtiment, hydroponie, production alimentaire, entretien des piscines et spas.

b. pH-mètres portables : Ces pH-mètres sont généralement plus robustes et légèrement plus grands que les pH-mètres portables. L'électrode est indépendante du pH-mètre. Selon les besoins de mesure du pH, les pH-mètres portables sont généralement équipés d'électrodes interchangeables. Pour les solutions de pH moyen à ferme, par exemple, on utilise des électrodes à pointe de lance. Les pH-mètres portables sont conçus pour une utilisation sur le terrain. Les agents environnementaux les utilisent dans la recherche, l'aquaculture, l'agriculture et le traitement de l'eau.

c. pH-mètres de paillasse : Les pH-mètres de paillasse sont les plus nombreux des trois types de pH-mètres. Ils peuvent être fixés au mur ou posés sur un bureau. Ce sont souvent les pH-mètres les plus précis disponibles, ce qui les rend idéaux pour une utilisation en laboratoire et en milieu professionnel. Les pH-mètres de paillasse sont fréquemment utilisés dans les laboratoires pour la surveillance environnementale, les analyses d'eau et l'industrie agroalimentaire.

2) Selon l'utilisation

a. pH-mètre de laboratoire : Il possède une large plage de mesure, une grande précision et une grande polyvalence.

b. pH-mètre industriel (en ligne) : Ses qualités distinctives, qui combinent sortie analogique, intelligence numérique et fonctions d'alarme et de contrôle des limites supérieures et inférieures, incluent une stabilité exceptionnelle, un fonctionnement fiable, une grande efficacité de mesure, une flexibilité environnementale et une résistance aux interférences.

c) Selon le niveau de performance

3) pH-mètre économique

a. pH-mètre intelligent : Il a de nombreuses applications, notamment le traitement de l'eau, les aquariums, les piscicultures, l'industrie agroalimentaire, la photographie, les laboratoires, l'industrie papetière, etc.

b. pH-mètre de précision : Il existe deux catégories : les pH-mètres à aiguille et les pH-mètres numériques.

4) Selon le type de lecture

a. pH-mètre analogique

Un pH-mètre analogique est le modèle d'origine. Sur un pH-mètre analogique, une aiguille indique le niveau de pH. Cette aiguille se déplace vers le chiffre correspondant au pH après l'immersion de l'électrode de mesure dans l'échantillon. L'utilisation d'un pH-mètre analogique requiert une grande précision, notamment grâce à la présence de cette petite aiguille.

b. pH-mètre numérique

Le développement des pH-mètres analogiques a conduit à la création du pH-mètre numérique. L'affichage sur l'écran du pH-mètre numérique indique le niveau de pH mesuré, ce qui simplifie l'obtention de résultats précis. Cependant, le fonctionnement de base des pH-mètres analogiques et numériques reste identique.

4. Entretien du pH-mètre

- ☐ Les électrodes de pH sont sensibles et fragiles ; il ne faut donc pas les utiliser comme une tige de verre pour agiter la solution pendant la mesure du pH.
- ☐ Les pH-mètres doivent être étalonnés quotidiennement avant utilisation à l'aide de solutions tampons standard.
- ☐ Les mesures de pH sont sensibles à la température ; les pH-mètres ne doivent donc pas être exposés à la lumière directe du soleil. • Tous les tubes à essai et la verrerie utilisés pour les mesures doivent être nettoyés à l'eau distillée avant utilisation.

Chapitre 4 : les instruments de mesures

- Pour chaque nouvel échantillon, utiliser une pipette fine ou une tige de verre neuve, ou bien laver soigneusement la pipette ou la tige à l'eau entre chaque utilisation.
- Toutes les solutions utilisées pour les mesures doivent être préparées extemporanément.