

## Mesure des variables essentielles à la maîtrise des procédés - Conductivité

### Vos objectifs :

A la fin de cette leçon, "Mesure des variables critiques pour le contrôle des procédés - Conductivité", vous serez capable d'évaluer la variable conductivité.

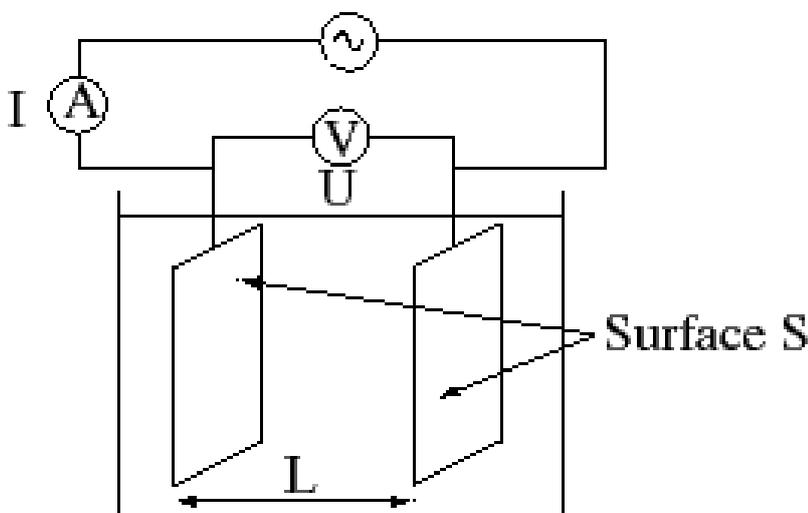
### Définition de la conductivité électrique

La conductivité électrique, ou conductance spécifique, est l'inverse de la résistivité électrique (voir ci-dessous). Elle représente la capacité d'un matériau à conduire le courant électrique. Elle est couramment représentée par la lettre grecque  $\sigma$ , tandis que  $\kappa$  (notamment en électrotechnique) et  $\gamma$  sont parfois également utilisés. L'unité SI de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m).

La résistivité électrique (également appelée résistance électrique spécifique ou résistivité volumique) et son inverse, la conductivité électrique, sont des propriétés fondamentales d'un matériau qui quantifient la force avec laquelle il résiste ou conduit le courant électrique. Une faible résistivité indique un matériau qui laisse facilement passer le courant électrique. La résistivité est couramment représentée par la lettre grecque  $\rho$ . L'unité SI de la résistivité électrique est l'ohm-mètre ( $\Omega \cdot m$ ). Par exemple, si un cube solide de matériau de  $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$  comporte des contacts sur deux faces opposées, et que la résistance entre ces contacts est de  $1\ \Omega$ , la résistivité du matériau est donc de  $1\ \Omega \cdot m$ .

### Mesure

La conductivité électrique d'une solution est mesurée en déterminant la résistance de la solution entre deux électrodes plates ou cylindriques séparées par une distance fixe. Une tension alternative est utilisée afin d'éviter l'électrolyse. La résistance est mesurée par un conductimètre.



Une grande variété d'instruments est disponible dans le commerce. Il existe deux types de cellules, le type classique à électrodes plates ou cylindriques et un second type basé sur l'induction. De nombreux systèmes commerciaux proposent une correction automatique de la température.

Voici peut-être une bonne vidéo explicative à ce sujet :

<https://www.youtube.com/watch?v=sVcG65dMZfk>

Dans les industries biotechnologiques et pharmaceutiques hautement réglementées, une mesure analytique efficace est essentielle pour garantir une qualité de production élevée et une efficacité opérationnelle tout en respectant les normes d'hygiène. L'une des principales applications de ces mesures est l'analyse de la conductivité pendant les processus de nettoyage en place (NEP), mais elle est également utilisée pour plusieurs autres processus. La mesure de la conductivité fait tellement partie intégrante du processus de fabrication pharmaceutique qu'il est facile de la considérer comme acquise. Cependant, la compréhension de certains principes de base de son fonctionnement et de sa bonne application peut faire une différence significative dans l'efficacité et l'efficacité du NEP.

### **La conductivité dans le NEP (nettoyage en place)**

Le processus de NEP garantit que les équipements sont nettoyés et entretenus afin de minimiser toute contamination croisée éventuelle et d'améliorer la sécurité et la qualité des produits. L'analyse de la conductivité est une mesure de la capacité d'une solution à conduire l'électricité. Les solutions de nettoyage sont plus conductrices que l'eau utilisée pour rincer le système. La mesure de la conductivité permet donc aux usines de contrôler les étapes de nettoyage et le rinçage final pour s'assurer qu'ils sont complets.

De manière optimale, un processus de NEP maximise la sécurité tout en empêchant la contamination croisée. Ainsi, en augmentant le temps de NEP, vous minimiserez les arrêts de production tout en optimisant l'efficacité thermique, en réduisant les besoins en énergie et en évitant les pertes de chaleur excessives.

Le processus de NEP en plusieurs étapes comprend la vidange initiale et finale, le pré-rinçage, le lavage à l'hydroxyde de sodium et le post-rinçage. Certains procédés peuvent également inclure un cycle de désinfection afin de réduire la contamination bactérienne, en utilisant des oxydants puissants tels que le peroxyde d'hydrogène, l'ozone, le dioxyde de chlore ou d'autres composés contenant du chlore. Il est essentiel que les usines de transformation veillent à ce que ces produits chimiques soient soigneusement éliminés, non seulement pour éviter la contamination croisée, mais aussi pour prévenir la corrosion des équipements.

L'efficacité du nettoyage est déterminée par la force du détergent, le temps de nettoyage et la température. La mesure de la conductivité est utilisée tout au long du processus de NEP pour garantir la bonne concentration de détergent et pour contrôler l'achèvement de chaque étape. En mesurant la conductivité des solutions acides et basiques en sortie, les usines peuvent confirmer que le détergent est de la bonne force, avec la bonne concentration d'acide et de base, pour chaque circuit de NEP. Ces mesures de conductivité sont proportionnelles à la concentration ou à la force de la solution et sont enregistrées pour validation. Au cours du processus de NEP, comme il est courant que les fluides ne soient que partiellement neutralisés, les analyses de conductivité indiquent quand il faut ajouter du concentré supplémentaire.

En mesurant la conductivité, les installations peuvent déterminer l'interface entre les solutions de nettoyage et l'eau de rinçage. Lorsque la conductivité chute à la valeur de l'eau de rinçage, cela indique que l'étape suivante du cycle peut commencer. Cette procédure minimise le temps de NEP tout en respectant la conformité réglementaire (standard). La conductivité est également un moyen efficace de détecter l'interface entre les solutions de nettoyage et le produit, ce qui permet de commuter les vannes au bon moment afin d'éviter à la fois la contamination croisée et l'usure du matériel.