

DESINFECTION

De

L'EAU des PISCINES

au

Cuivre - Argent

Ces explications sont totalement inspirées du livre de Mr Davoine portant le nom de ce livret.

Nous le conseillons vivement à toute personne chargée du suivi de contrôle d'une piscine publique

LE PROCÉDE ELECTROPHYSIQUE CUIVRE-ARGENT

Le cuivre

On connaît depuis longtemps les propriétés du **cuivre** et son action bénéfique dans l'agriculture sous forme de sulfate. Le sulfate de cuivre CuSO_4 est un **antiseptique** et un **fongicide** utilisé en culture biologique.

Le cuivre est un métal **bactéricide** : 1 g de cuivre peut détruire plusieurs kilogrammes de micro-organismes pathogènes tels que les colibacilles ou staphylocoques.

Sa toxicité n'est pas prouvée : il n'existe aucune maladie professionnelle causée par ce métal et les conduites d'eau potable, les casseroles ou les robinets en cuivre n'ont jamais été mis en cause.

La concentration maximale admise en **ions Cuivre Cu^{2+}** , pour les eaux de boisson, a été ramenée à 1000 $\mu\text{g/L}$ en France. Elle était auparavant de 3 mg/L. Une eau contenant du cuivre avec des doses supérieures à 2 ppm a mauvais goût, ce qui limite les risques d'ingestion. L'organisme humain en contient cependant 12 ppm et une carence en cuivre peut induire des infections à répétition (angine, bronchite, sinusite, ...).

L'ion cuivre Cu^{2+} est un **oxydant**, il corrode les métaux tels que le fer, l'aluminium ou le zinc.

L'argent

L'**argent** est aussi connu depuis l'antiquité. On a observé, en laboratoire, que la présence d'un fil d'argent placé dans l'eau des flacons empêche celle-ci de croupir.

On trouve, aujourd'hui, des pilules (*Katadyn*) utilisant les propriétés antiseptiques de l'**ion Ag^+** pour obtenir de l'eau, sinon potable, du moins désinfectée. Une pilule est capable d'assainir 1 litre d'eau douteuse. La durée d'efficacité est de 6 mois pour une bouteille bien fermée.

Le nitrate d'argent AgNO_3 , **oxydant** des matières organiques, est utilisé en ophtalmologie. Les sels d'argent servent aussi d'antiseptique pour les muqueuses.

A noter que le **sulfure d'argent Ag_2S** est un précipité noir qui apparaît lors de la réaction de l'hydrogène sulfuré H_2S avec les ions Ag^+ . L'hydrogène sulfuré est un gaz à l'odeur caractéristique d'œuf pourri. Il se forme dans les eaux contenant des sulfates et sous l'action réductrice de certaines bactéries anaérobies.

L'électrolyse du cuivre

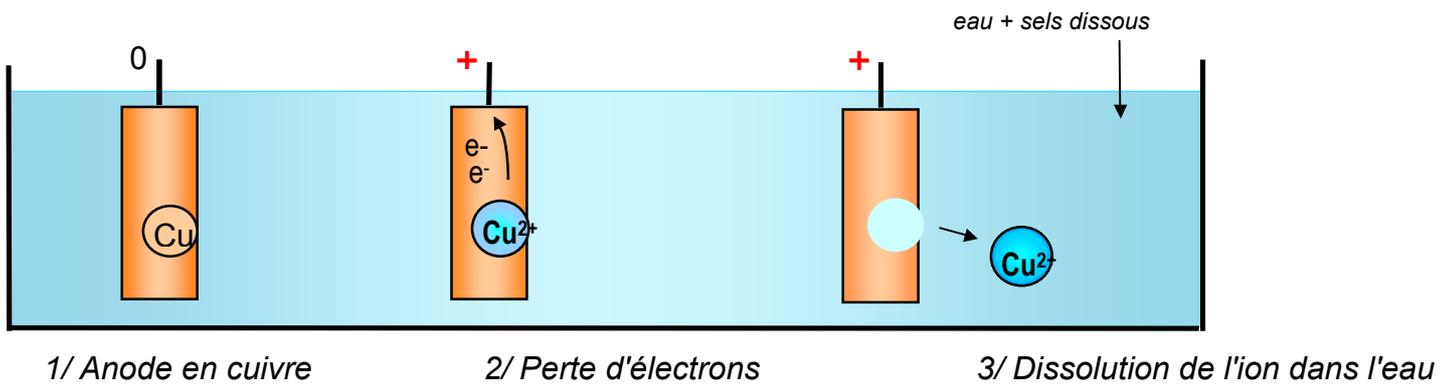
Deux électrodes de cuivre placées dans une solution conductrice et reliées aux 2 pôles d'un générateur de tension continue, constituent un électrolyseur. Cet appareil diffère d'un électrolyseur de sel dans la mesure où ce sont les électrodes qui entrent en jeu dans les réactions : On parle ainsi de **procédé électrophysique** plutôt que d'électrolyse.

Les électrodes, en **alliage de cuivre et d'argent**, se présentent sous forme cylindrique. Elles se vissent sur le corps de la cellule. Leur montage ou démontage est aisé.

- Si on relie une électrode de cuivre à la **borne $+$** d'un générateur, celui-ci attire les électrons libres contenus dans le métal et chaque atome Cu qui perd 2 électrons devient un ion Cu^{2+} . Les ions, de couleur bleue, sont solubles et passent dans la solution.

La circulation de l'eau entraîne les ions cuivre Cu^{2+} .

L'électrode diminue de volume au cours de l'électrolyse (dissolution).

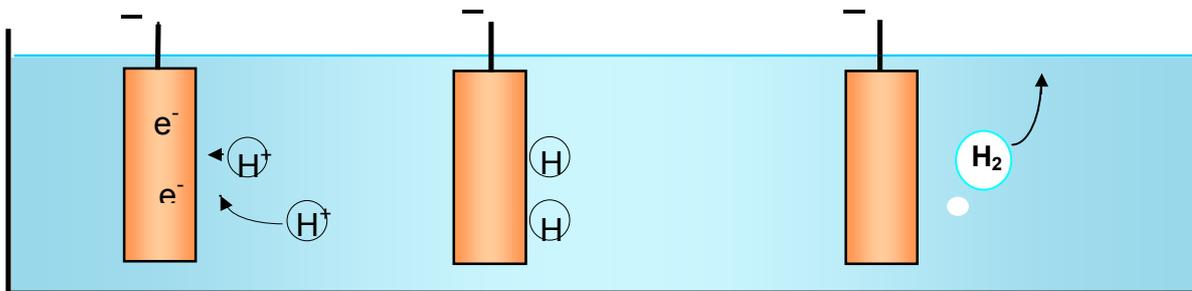


La quantité d'ions produite par l'électrolyse dépend de l'intensité du courant qui passe dans la solution. Plusieurs facteurs peuvent gêner ce passage :

- une eau pauvre en sels dissous, donc peu conductrice,
- des électrodes entartrées car les dépôts ne sont pas conducteurs,
- des électrodes usées dont la surface est réduite,
- des électrodes mal positionnées, trop éloignées les unes des autres.

Les mêmes phénomènes conduisent à la libération d'ions **argent Ag⁺**.

- L'électrode reliée à la **borne -** reçoit des électrons fournis par le générateur. Elle attire les ions positifs et particulièrement les ions **H⁺**. Ceux-ci retrouvent les électrons manquants et deviennent des atomes. De l'hydrogène **H₂** se dégage.



1/ Attraction des ions **H⁺** 2/ Formation d'hydrogène 3/ Dégagement d'hydrogène

La perte d'hydrogène induit localement une augmentation de la concentration en ions **OH⁻**. Le pH local est élevé.

Les ions **Cu²⁺** et **OH⁻** sont incompatibles et précipitent sous forme d'hydroxyde **Cu(OH)₂**.

Finalement, l'eau contient :

- **Cu²⁺** qui est **algicide** et **désinfectant**,
- **Ag⁺** qui est **désinfectant**,
- **Cu(OH)₂** qui a une action **floculante**.

Application à la piscine

L'électrolyse, produisant à la fois des désinfectants, un algicide et un floculant, est particulièrement bien adaptée au maintien de la qualité de l'eau des piscines. De plus, le système est autonome et demande peu d'attention. L'entretien se réduit à quelques analyses et à la maintenance du pH. Si une régulation du pH est associée ce dispositif, l'ensemble constitue une excellente solution technique.

Des essais ont montré que l'adjonction d'une très faible quantité de chlore accéléreraient fortement le processus de désinfection, l'argent jouant le rôle de catalyseur. La présence simultanée d'hypochlorite et d'argent, avec une teneur de l'ordre **0,1 ppm** pour le chlore, est donc recommandée : c'est, en principe, la teneur résiduelle de l'eau du robinet. Cette faible concentration est bien tolérée par les personnes sensibles au chlore.

En résumé : 3 agents participent, en synergie, à la désinfection : **cuivre + argent + chlore**.

La **floculation permanente** complète la filtration et maintient la limpidité.

Une chloration-choc ponctuelle reste possible en cas de besoin.

Les normes légales

0,5 ppm < **Cuivre** < 0,7 ppm

7,2 < **pH** < 7,6

on peut descendre à 7 sans problème

Chlore : 0,1 ppm

Le procédé n'est plus agréé en piscine publique, sauf pour les installations existantes.

En revanche, en piscine familiale, il apporte une bonne alternative au chlore classique. Une teneur en cuivre de l'ordre de 0,4 ppm à 0,5 ppm est une garantie quasi absolue contre les algues même en cas de forte chaleur.

Analyse du Cuivre

La mesure de la teneur en cuivre s'effectue avec :

- un photomètre capable de différencier le cuivre libre du cuivre combiné.
- un colorimètre et une pastille spécifique.

On rappelle qu'un pH trop élevé provoque la précipitation du cuivre sous forme d'hydroxyde $\text{Cu}(\text{OH})_2$ formant un léger trouble blanc bleuté visible dans les bassins. Ce floc disparaît par une filtration forcée mais, comme il est l'indicateur d'un pH élevé, il s'élimine plus sérieusement par l'abaissement du pH à une valeur un peu inférieure au pH_s . Naturellement, en présence d'une régulation pH, le problème ne se pose pas.

La mesure du cuivre est significative lorsque l'eau est limpide et non chlorée. Les pastilles "*déchlor*" servent à neutraliser la présence d'hypochlorite dans l'échantillon. Il faut les utiliser particulièrement si l'analyse intervient après une chloration-choc, mais il vaut mieux prendre la mesure avant !

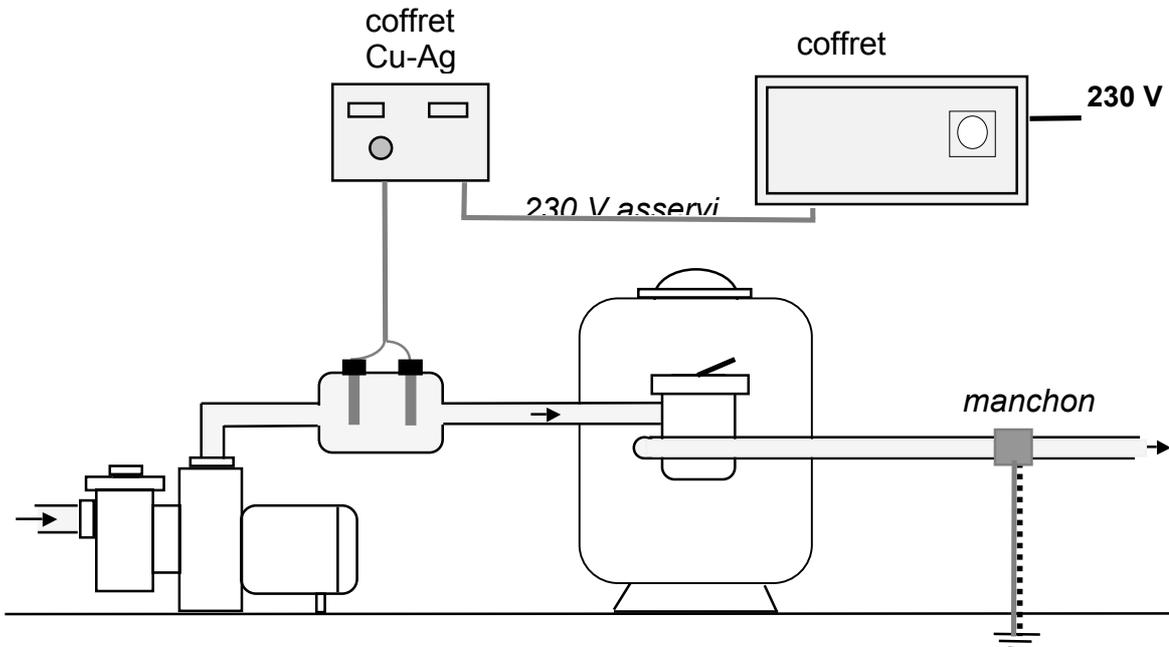
Le cuivre ne se dégrade pas. Sa teneur reste stable si sa lente consommation est compensée par les apports de l'électrolyseur. Une mesure mensuelle de la concentration suffit.

Les appareils

Ils sont constitués d'une cellule d'électrolyse pouvant recevoir de 2 à 6 ou 8 **électrodes**. Celles-ci sont reliées à un générateur de tension continue fournissant 30 Volts maximum avec une intensité pouvant atteindre 1 Ampère. Par inversion de polarité, les électrodes s'usent alternativement. Un coffret de contrôle affiche les paramètres et permet de régler le courant.

La **cellule** transparente laisse voir l'état et le niveau d'usure des électrodes. Leur durée de vie peut être de plusieurs années.

Le fonctionnement de la cellule est **asservi à la filtration**. Pour cela, l'alimentation du coffret en mono 230 V passe par le contact auxiliaire du contacteur de pompe. La protection est assurée par un fusible spécifique.

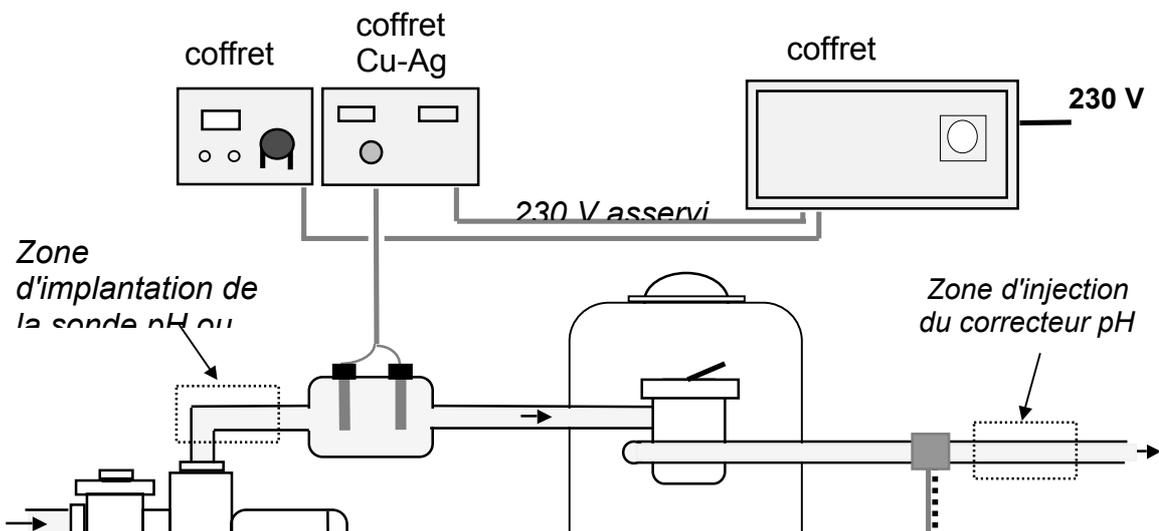


La cellule est placée entre la pompe et le filtre, du fait de la propriété floculante du procédé.

La prise de terre spécifique avec son propre piquet limite les désordres causés par les charges électriques engendrées par le système. La section du câble est 20 mm². Le manchon métallique s'installe sur la canalisation retour.

Les réactions qui se produisent dans la cellule modifient sensiblement le pH de l'eau dans le voisinage des électrodes et sur les lignes de courant d'eau en sortie de cellule. Donc, tout piquage ou électrode destinée à la mesure du pH, en vue d'une régulation, doit impérativement être installé en amont de la cellule sinon les mesures, relevées en sortie immédiate, sont erronées, l'erreur pouvant être importante.

Installation complète Cu-Ag et régulation pH



Réglage et entretien

Le réglage de l'intensité **I** du courant dépend du volume **V** du bassin, de la durée de filtration **t** et de la pollution potentielle (?).

La formule ci-dessous donne une valeur de départ, puis on procède par ajustements successifs pour conserver la teneur en cuivre entre 0,4 et 0,5 ppm.

$$I \text{ en mA} = k \frac{V}{t} \quad V \text{ en m}^3 ; \quad t \text{ en heure} ; \quad k = 13$$

exemple : pour 50 m³ et 6 heures par jour de filtration, $I = 50 \times 13 : 6 = 108 \text{ mA}$

A l'usage, les électrodes se couvrent d'un dépôt de tartre. Sa composition est variable et l'emploi d'acide pour l'éliminer n'est pas nécessaire. Certains dépôts ne sont pas dissous par l'acide qui, en revanche, abîme les vis en matière plastique. Il est préférable de décaper les électrodes par un moyen mécanique : la brosse métallique.

L'entartrage des électrodes est plus accentué par des pH trop élevés que par une dureté importante de l'eau. Quelques appareils disposent d'un détartrage automatique par tension H.F. Cette technique reste accessoire.

Mise en service

En début de saison :

Ajuster le pH en dessous de 7,4.

Effectuer une chloration-choc.

Mettre en marche forcée pour obtenir 0,5 ppm de cuivre.

Les eaux peu minéralisées ou très douces ne conviennent pas car leur pH d'équilibre est élevé et leur conductivité trop faible. Une correction du TH à 15 ou 20°F donne des résultats satisfaisants : il suffit de dissoudre du chlorure de calcium en quantité suffisante.

Le procédé s'accommode bien des eaux dures puisque son pH de fonctionnement est bas.

Entretien en saison

Le **courant d'ionisation** est, en principe, réglé une fois pour toutes. En saison, la durée de filtration augmente avec la température et la fréquentation, donc, les apports de cuivre et d'argent augmentent aussi.

Une analyse mensuelle du taux de cuivre indique si le courant d'ionisation doit être modifié.

Pour le **pH**, s'il existe une régulation, peu d'interventions à part la vérification du stock de correcteur et une analyse manuelle du pH pour s'assurer du bon fonctionnement de la sonde. Les liners ne noircissent pas si le pH est inférieur au pH d'équilibre.

En l'absence de régulation, dès que le pH atteint 7,7 ou 7,8 l'eau perd de sa limpidité car l'hydroxyde de cuivre précipite en excès : c'est le signal pour une correction manuelle.

Le **Chlore**, même à faible dose, est indispensable. Dans un skimmer, un galet de 500 g conservé dans sa boîte plastique fermée où l'on aura percé 1 trou dans le couvercle et 1 trou de 3 mm dans le fond suffit à fournir 1g par m³ par semaine (0,14 ppm).

Une **chloration-choc** ponctuelle, avec un produit chloré, achève le traitement et évite tout problème : à faire de temps en temps ou lorsque les parois deviennent douteuses et vérifier si le taux de cuivre n'est pas insuffisant.

Pas de floculant, ni d'anticalcaire qui neutralise le cuivre.

Enfin, pour le dégagement d'hydrogène, les règles de **sécurité** sont celles données dans le chapitre précédent : Electrolyse du sel, p. 118.

L'hivernage

Augmenter le taux de cuivre par une marche forcée de la filtration pendant 48 h au moins. La quantité de cuivre mise dans l'eau suffit à la protection de l'eau pour tout l'hiver.

Le pH ramené au minimum, soit 6,8 à 7, réduit les risques d'apparition de sels de cuivre bleu-vert, d'entartrage éventuel du filtre ou de taches sur les parois.

Il arrive que le sable du filtre noircisse pendant l'hivernage. Ce dépôt, qui enrobe les grains, disparaît facilement sous l'action d'un acide. Idem, pour les liners grisonnants : en maintenant durablement le pH sous le pH d'équilibre, ils retrouvent peu à peu leur couleur d'origine même si leur aspect défraîchi est ancien.

Une couverture d'hivernage opaque et étanche est l'assurance de retrouver au printemps une eau pratiquement prête à l'emploi.