

## De la théorie à la pratique

# La Technologie MHD

## MagnétoHydroDynamique

### FONCTIONNEMENT DU CONDITIONNEUR D'EAU MAGNÉTIQUE

On trouve, dans les eaux naturelles, outre certains ions et gaz dissous, une quantité non négligeable, selon les cas, de colloïdes (ou micelles), qui sont chargés électriquement et qui sont de grande taille par rapport aux molécules d'eau. C'est ainsi que les colloïdes de  $\text{CaCO}_3$  se repoussent mutuellement, étant chargés positivement (forces de Coulomb) et n'ont aucune chance de former des germes de cristallisation.

Si ces colloïdes sont mis en présence d'une forte concentration d'ions, ceux-ci vont s'entourer d'ions de signe opposé à eux, et s'ils sont assez nombreux, le champ électromagnétique des colloïdes sera réduit, par effet d'écran, et décroîtra de manière exponentielle avec la distance. Du même coup, ces colloïdes pourront s'agglomérer et former des germes de cristallisation au sein du liquide. Le flux de l'eau entraînera les microcristaux en croissance, et l'incrustation du carbonate de calcium sur les parois métalliques des conduites n'aura pas lieu. D'autre part, dans les canalisations déjà entartrées, l'absorption d'ions sur les colloïdes déplacera la réaction d'équilibre :

$(\text{CaCO}_3) (\text{crist.}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{(+)} + \text{CO}_3^{(-)} (\text{dissous})$  vers la droite, dissolvant progressivement le carbonate de calcium (détartrage physico-chimique).

Dans les bons conditionneurs, les champs magnétiques sont produits par une série particulière d'aimants disposés de manière à ce que les champs radiaux, grâce au montage des aimants en polarité inversée, influencent à plusieurs reprises les ions contenus dans l'eau, à leur passage. De plus, l'écoulement de l'eau doit avoir une composante de vitesse à la fois orthogonale à l'axe de l'appareil et au champ magnétique, de manière à permettre aux forces de Lorentz de concentrer alternativement les cations et les anions, selon leur position par rapport aux aimants.

Ces concentrations locales d'ions permettent donc aux colloïdes de s'agglomérer et de former des germes de cristallisation.

Ainsi, en présence d'une concentration  $n_0$  d'ions et à une température  $T$ , les colloïdes vont être entourés d'ions de signe opposé au leur; la couche d'ions ainsi formée réduit par effet d'écran le champ électrostatique situé autour du colloïde.

Ce champ décroît rapidement de manière exponentielle :  $|\vec{E}| = E_0 \cdot \exp. (- r / D)$

La constante de décroissance  $D$  est donnée par :  $D = \sqrt{\frac{\epsilon k T}{2 n_0 q^2}}$

où  $\epsilon$  est la permittivité du liquide,  $k$  la constante de Boltzmann, et  $q$  la charge des ions.

Le champ décroît d'un facteur  $1/e = 1/2,718282$  à une distance  $D$ .

Cette distance, appelée aussi « longueur de Debye », mesure l'épaisseur de la couche d'ions de signe opposé à celui du colloïde.

On constate que la longueur de Debye est **inversement proportionnelle à la concentration  $n_0$  d'ions**, et proportionnelle à la température  $T$ .

Nous avons vu que les colloïdes se repoussent du fait de leur charge de même signe. Si maintenant la pellicule d'ions réduit suffisamment le champ électrostatique des colloïdes, ceux-ci peuvent entrer en contact et s'agglomérer, formant ainsi des germes de cristallisation au sein même du liquide. Cette agglomération est favorisée par une diminution de la longueur de Debye, c'est-à-dire par :

- une diminution de la température
- une augmentation de la concentration d'ions.

L'agglomération des colloïdes forme des germes de cristallisation de  $\text{CaCO}_3$  au sein même du liquide, rendant de ce fait l'incrustation beaucoup moins probable. Dans le cas où les colloïdes s'accrocheraient aux parois de la conduite, les cristaux formés seraient plus gros, donc moins incrustants. L'agglomération des colloïdes et la germination dans le liquide s'accompagnent d'une augmentation de la turbidité de l'eau, mais cette augmentation est faible.

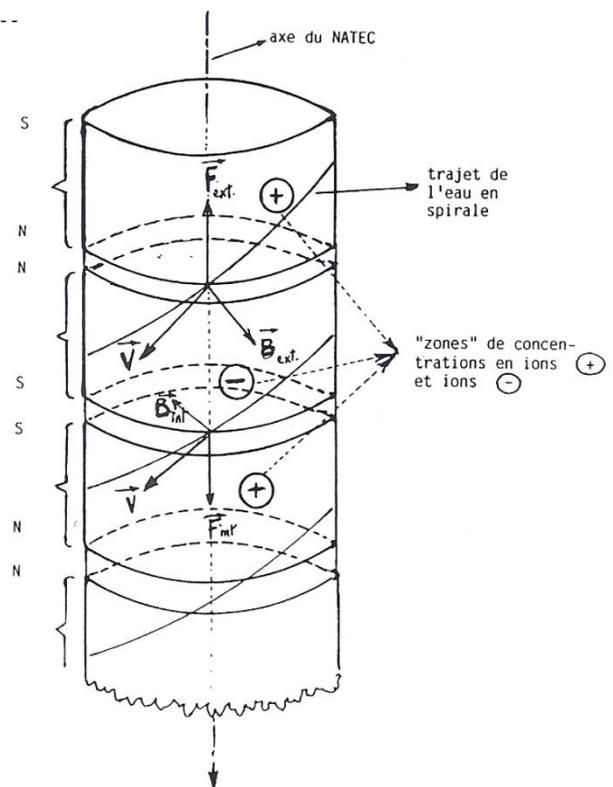
Nous avons vu que les colloïdes de  $\text{CaCO}_3$  étaient chargés positivement ; la pellicule d'ions formée autour d'eux sera donc de signe négatif. Participeront à la formation de cette pellicule les ions  $\text{CO}_3^{(-)}$  et  $\text{OH}^{(-)}$ .

Cette attraction des ions  $\text{CO}_3^{(-)}$  et  $\text{OH}^{(-)}$  va briser les équilibres calco-carboniques.

En particulier, la réaction :  $(\text{CaCO}_3) \rightleftharpoons \text{Ca}^{++} + \text{CO}_3^{--}$  va être déplacée vers la droite et le tartre sera dissous.

Deux conditions sont nécessaires au fonctionnement de notre appareil :

- il faut s'arranger pour que le champ magnétique  $\vec{B}$  sorte de manière radiale plusieurs fois sur le passage du fluide ; c'est pour cette raison que les aimants sont montés en polarité inversée ;
- l'écoulement de l'eau doit, en plus, avoir une composante de vitesse à la fois orthogonale à l'axe de l'appareil et au champ magnétique.



Dans ces conditions, le champ  $\vec{B}$  agit sur les ions qui sont en mouvement à travers les forces de LORENZ et les ions passent en écoulement hélicoïdal à une vitesse  $\vec{V}$

$$\vec{F} = q \vec{V} \wedge \vec{B}$$

où  $q$  est la charge ionique et  $\wedge$  est le produit vectoriel.

Il se produit des zones de concentration alternées composées de cations et d'anions. Les cations sont repoussés **vers le haut** quand  $\vec{B}$  est orienté vers l'extérieur, et les anions sont repoussés **vers le bas** quand  $\vec{B}$  est orienté vers l'intérieur.

### Influence de ces « zones » de concentrations

L'eau circulant en spirale traversera donc, en emportant ces colloïdes chargés positivement, ces « zones », en particulier concentrées en  $\text{CO}_3^{(-)}$  et  $\text{OH}^{(-)}$  et **se chargera** de ces anions qui **s'aggloméreront** et formeront des **germes de cristallisation**, et ainsi rompront l'équilibre calco-carbonique : sur une **conduite neuve, le tartre ne se déposera pas**, et sur une **conduite déjà entartrée, le tartre se désagrègera peu à peu** (loi d'action des masses).

### LES AVANTAGES TECHNIQUES DE NATEC

1. L'appareil est protégé contre les facteurs externes (moteurs, etc.) par une protection magnétique.
2. Les aimants sont séparés l'un de l'autre par une entretoise et sont insérés dans une gaine entièrement isolée électriquement. Contrairement aux autres conditionneurs d'eau, NATEC est donc résistant aux décharges électriques (conducteurs de terre).
3. Les entrées et de sorties ont été conçues pour assurer un écoulement hélicoïdal de l'eau, indépendant de la quantité d'écoulement, avec un angle précis qui correspond à l'angle optimal entre le vecteur  $\vec{V}$  de l'eau et les ions, et le vecteur  $\vec{B}$ , tel que le résultat  $\vec{F}$  est également optimal.
4. Le choix des matériaux, en particulier les aimants, la gaine isolante et la protection antimagnétique, a été déterminant pour le succès de NATEC et son fonctionnement sans faille. L'exécution élégante et experte de l'appareil dans son ensemble l'a rendu presque indestructible.
5. La surface interne du tuyau externe dans le NATEC est isolée avec un matériau diélectrique, ce qui permet d'obtenir l'effet particulièrement spectaculaire de « passivation » (voir ci-dessus).