

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 57 (1931)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Contribution à l'étude de la corrosion électrolytique du fer et de l'acier en milieu argilo-calcaire  
**Autor:** Mellet, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44148>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 13.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

près de Rheinkassel mentionnées dans le compte rendu précédent.

La Commission centrale, statuant dans sa deuxième session sur les rapports de la Sous-commission relatifs aux ponts de Nimègue et d'Arnhem, a constaté que les deux projets ne soulèvent aucune objection au point de vue de la navigation et du flottage et que les dispositions que le Gouvernement néerlandais se propose de prendre dans l'intérêt de la navigation, sont appropriées.

c) *Relèvement des ponts de Strasbourg-Kehl.* Comme le compte rendu précédent le mentionnait, la Commission centrale avait procédé à une enquête pour pouvoir statuer en pleine connaissance de cause sur la question du tirant d'air à donner aux ponts de Strasbourg-Kehl après le relèvement de ces ouvrages.

Après avoir pris connaissance du rapport d'une Sous-commission, présidée par M. Herold, Commissaire de Suisse, qu'elle avait chargée de l'étude de la question, la Commission centrale, au cours de sa session d'avril 1930, a fixé à 7 m au-dessus du niveau des eaux correspondant à la cote de 3 m au limnimètre actuel de Bâle la hauteur à laquelle les ponts de Strasbourg-Kehl devraient être relevés. En outre, la Commission a pris acte de l'engagement pris par la France de laisser passer à travers le port de Strasbourg, de l'avant-port nord à l'avant-port sud et vice-versa, les bateaux qui, en raison de leur hauteur, ne pourront pas passer sous les ponts de Strasbourg-Kehl relevés, mais dont les dimensions leur permettront de franchir les ouvrages du port. Pour la traversée directe du port, lesdits bateaux bénéficieront du régime administratif du canal d'Alsace, tel qu'il est défini par la clause 11 de la résolution du 29 avril 1925. En outre, la traction desdits bateaux dans le port sera assurée gratuitement par l'Etat français.

d) *Relèvement du pont de chemin de fer près de Huningue.* Dans sa première session, la Commission a prié les délégations des Etats intéressés d'examiner la question des modifications à apporter au pont de chemin de fer situé près de Huningue, en vue de tenir compte du relèvement du plan d'eau qui résultera de la construction du barrage de Kembs.

e) *Pont de bateaux de Rhinau.* Dans sa première session, la Commission a pris acte de la déclaration faite par la Délégation française que les brise-glaces du pont de Rhinau ont été supprimés.

2. *Balisage.* Comme le compte rendu précédent le mentionnait, les délégations intéressées avaient été priées de faire connaître à la Commission le résultat des études que les administrations compétentes entreprendraient au sujet du balisage du chenal entre Mannheim et Bâle.

Dans sa deuxième session, la Commission a constaté que les administrations hydrotechniques allemande et française sont tombées d'accord sur le mode de balisage et ont décidé de baliser trois passages du talweg en aval du pont de Strasbourg-Kehl. L'expérience montrera si ce mode de balisage est satisfaisant. On étudiera en outre le balisage d'autres passages du talweg entre Strasbourg et Mannheim.

3. *Aménagement du Rhin entre Strasbourg et Bâle.* En ce qui concerne la régularisation, la Commission a constaté, dans sa deuxième session, que les négociations relatives aux modalités de la collaboration technique et administrative des Etats riverains (voir compte rendu précédent), ont eu pour résultat un arrangement entre la France, l'Allemagne et la Suisse, lequel est entré en vigueur le 19 mai 1930. Elle a pris connaissance du fait que les travaux préparatoires sont, en vue de cette régularisation, entrepris de telle sorte que les travaux d'exécution pourront bientôt être commencés.

En ce qui concerne le barrage de Kembs, il résulte des déclarations des Commissaires français qu'à la fin de novembre les travaux terminés comprenaient la culée de rive gauche, les murs de rive gauche amont, les fondations de la pile n° 1, les seuils 4 et 5, la pile n° 4, la culée de rive droite et la partie inférieure de la pile n° 3 (qui doit être provisoirement arasée à un niveau voisin de celui du seuil pour permettre le passage de la navigation dans les passes 3 et 4) et la traversée 5 du pont de service amont.

Étaient en cours : le montage des vannes de la passe 5 et de la travée 1 du pont de service aval, les travaux de défense

des rives, les travaux préparatoires pour la construction du seuil 1 et de la pile 2.

En ce qui concerne le canal, les terrassements étaient à peu près terminés. Le bétonnage était très avancé ; aux écluses et à l'usine, 250 000 m<sup>3</sup> de béton avaient été mis en œuvre. Les revêtements d'étanchéité en béton étaient exécutés sur 3,5 km. Le premier anneau de fondation des turbines avait été mis en place.

(A suivre).

## Contribution à l'étude de la corrosion électrolytique du fer et de l'acier en milieu argilo-calcaire

par M. le Dr R. MELLET,  
professeur à l'Université de Lausanne.

La corrosion des conduites enterrées et des câbles souterrains par les courants vagabonds des chemins de fer électriques a fait l'objet d'innombrables travaux. Il est incontestable que, dans de nombreux cas, les courants vagabonds sont la cause des corrosions observées, mais, dans de nombreux cas aussi, il peut y avoir doute.

Les cas les plus discutables sont ceux dans lesquels les métaux corrodés se trouvent enfouis dans des sols marneux ou argilo-calcaires compacts et gorgés d'eau, milieux dans lesquels les métaux ferreux peuvent être corrodés aussi bien par voie chimique (action des constituants du sol) que par électrolyse (action des courants vagabonds). L'expérience a démontré en effet que, dans de tels terrains, des corrosions se produisent fréquemment en l'absence de toute ligne de chemin de fer électrique ou de tramway et, par conséquent, dans des conditions où l'influence de courants vagabonds est totalement exclue.

De nombreux auteurs se sont occupés de l'étude de la corrosion chimique par les sols argilo-calcaires, désignée parfois sous les noms de « self-corrosion », « corrosion auto-galvanique », « auto-électrolyse ». La notoriété de ces nombreuses publications, qui ont fait époque dans la littérature des corrosions, me dispense de les énumérer. Il résulte de ces études approfondies que la tension de dissolution du fer, cause première de la corrosion, est renforcée par des éléments locaux, couples minuscules dans lesquels l'électrolyte (pour les terrains en question) est principalement le bicarbonate de calcium ou les bicarbonates de calcium et de magnésium, l'agent destructeur étant en définitive l'acide carbonique, d'où la présence d'une notable quantité de carbonate de fer dans la matière corrodée. Les expériences effectuées par quelques-uns de ces auteurs ont prouvé en outre que la présence de sulfates ou de chlorures (de calcium ou de magnésium) même en quantité minime, accélère considérablement la corrosion chimique. Ces sels, quoique neutres, ont pour effet de diminuer la dissociation des bicarbonates de même ion et, par contre-coup, d'augmenter la dissociation de l'acide carbonique libre ; ils provoquent ainsi une « acidité agressive » du liquide d'imprégnation d'une terre neutre, considérée même comme alcaline au point de vue chimique, les carbonates de

calcium et de magnésium étant formés d'une base forte et d'un acide faible.

Lorsque les conduites corrodées dans un terrain de ce genre sont situées dans des conditions considérées comme dangereuses par les « Règles suisses » élaborées par la « Commission des corrosions »<sup>1</sup>, soit à moins de 200 m des rails d'un chemin de fer à courant continu, avec une différence moyenne de potentiel de 0,8 volt entre rail et tuyau et avec une différence moyenne, observée en service pendant une période de quatre heures consécutives, supérieure à 2 volts, on attribue la corrosion aux courants vagabonds, sans preuve directe, à condition bien entendu que la conduite soit anodique par rapport au rail. Remarquons cependant qu'une différence de potentiel entre rail et tuyau n'indique pas nécessairement le passage d'un courant. Il faut encore que la résistance du sol soit assez faible pour qu'un courant puisse passer. Or il est impossible, au dire des gens du métier, de mesurer exactement la résistance du sol entre rail et tuyau, aussi bien que de déterminer expérimentalement avec certitude s'il passe ou s'il ne passe pas de courant, l'introduction d'un appareil de mesure au voisinage immédiat du tuyau ayant pour effet de modifier l'état antérieur.

L'examen de l'aspect des lésions et la détermination de la composition chimique des produits de la corrosion, comme critères d'une corrosion chimique ou d'une corrosion électrolytique, ne semblent pas avoir préoccupé les auteurs des innombrables travaux concernant les courants vagabonds. On ne trouve, en effet, dans la littérature des corrosions, aucune étude systématique ayant pour but de rechercher une différenciation basée sur ces caractères. L'opinion la plus répandue est que les deux genres de corrosion ne peuvent pas être différenciés avec certitude par l'aspect des lésions. Certains auteurs vont jusqu'à affirmer catégoriquement que ni l'aspect des lésions, ni la composition chimique de la matière corrodée ne peuvent permettre une différenciation. Mais cette affirmation, pas plus que l'opinion précitée, n'est basée sur une étude systématique ou sur des recherches expérimentales.

Ayant eu l'occasion d'examiner personnellement plusieurs cas de corrosion de conduites et tuyaux enterrés dans des sols argilo-calcaires et d'analyser chimiquement leurs produits de corrosion, j'ai pu observer les faits suivants :

A. En l'absence de tout chemin de fer électrique, c'est-à-dire dans les cas où la corrosion ne pouvait être attribuée qu'à une action chimique du terrain, les lésions se présentaient sous la forme de cratères isolés, répartis irrégulièrement à la surface du métal et entourés souvent de régions parfaitement intactes ; la matière de corrosion remplissant les cratères était friable, parfois graphitueuse, et contenait surtout du carbonate de fer.

<sup>1</sup> Règles à suivre pour assurer la protection des conduites métalliques et des câbles souterrains contre les effets de corrosion des courants vagabonds des chemins de fer électriques, rédigées par le Secrétariat général de l'Association suisse des électriciens et adoptées par une commission mixte des trois associations : Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux, Union des chemins de fer secondaires suisses, Association suisse des Electriciens.

B. Dans les cas où la corrosion était indubitablement d'origine électrolytique et due à l'action de courants vagabonds, les lésions affectaient au contraire plus ou moins régulièrement toute la surface du métal et ne revêtaient pas l'aspect de cratères isolés ; la matière corrodée était dure, présentait une structure stratifiée et était formée surtout d'oxyde ferroso-ferrique ou, plus exactement, d'un mélange d'oxydes ferreux et ferrique.

Il m'a paru intéressant de rechercher, par une étude systématique, si les observations ci-dessus mentionnées étaient purement fortuites ou si, au contraire, elles pouvaient peut-être constituer un critère de différenciation des deux genres de corrosion.

Ces recherches auraient dû comporter tout naturellement deux parties distinctes, destinées à se compléter mutuellement, à savoir :

1. Etude de la corrosion chimique du métal par des terres argilo-calcaires compactes et imprégnées d'eau, sans aucune intervention électrolytique extérieure.
2. Etude de la corrosion électrolytique du métal dans les mêmes milieux.

La première de ces études m'a paru avoir été faite d'une manière suffisamment complète par les travaux que j'ai rappelés au début du présent article. Les recherches effectuées ont prouvé que la corrosion chimique des métaux ferreux dans des terrains argilo-calcaires compacts et gorgés d'eau est localisée en divers petits points irrégulièrement répartis à la surface du métal, que les piqûres sont cratériformes et graphitiques, la matière corrodée étant friable ou spongieuse et molle et contenant une forte proportion de carbonate de fer. Les résultats de ces recherches concordent donc avec mes observations mentionnées ci-dessus sous A. J'ai par conséquent jugé inutile de refaire une étude de ce genre, d'autant plus qu'elle me paraît difficilement réalisable par des expériences de laboratoire et exige nécessairement une longue période expérimentale sur le terrain, les échantillons métalliques devant être enfouis dans le sol en place.

L'étude de la corrosion électrolytique en milieu argilo-calcaire m'a semblé, par contre, facilement réalisable en petit au laboratoire et je me suis proposé de faire une série d'expériences, suivies de l'examen et de l'analyse chimique des électrodes, recherches que j'ai poursuivies pendant plus de deux ans et dont la présente publication a pour but de faire connaître les résultats.

Cette étude a été effectuée en partie, pour la réalisation pratique des expériences électrolytiques, avec la collaboration de mon collègue, M. le professeur *M.-A. Bischoff*, qui a bien voulu se charger également de suivre les électrolyses par des observations régulières du voltage et de l'ampérage. Je tiens à lui exprimer ici mes remerciements et ma reconnaissance pour son aimable collaboration.

Nous nous sommes efforcés de réaliser les conditions électrolytiques dans lesquelles peuvent se trouver des conduites enterrées dans un sol argilo-calcaire et soumises à l'action de courants vagabonds. Ainsi qu'il a été dit précédemment, l'électrolyte est constitué dans ce cas

par du bicarbonate de calcium ou par un mélange de bicarbonates de calcium et de magnésium. J'ai donc préparé une solution de ces bicarbonates, semblable à l'eau d'imprégnation des terrains en question, en faisant barboter pendant trois jours un courant d'acide carbonique dans de l'eau tenant en suspension un excès de carbonates de calcium et de magnésium pulvérisés. Les bicarbonates étant facilement décomposables par perte d'acide carbonique et précipitation des carbonates neutres, la solution était préparée fraîchement de la même façon avant chaque essai d'électrolyse. Sa minéralisation totale, déterminée par évaporation d'un échantillon de 100 cm<sup>3</sup> et dessiccation du résidu à 110°, était de 1,382 gr de carbonates par litre, ce qui correspond à une teneur en bicarbonates d'environ 2,5 gr par litre (calculée en bicarbonate de calcium).

Pour étudier systématiquement la marche de l'électrolyse et les produits formés, nous avons d'abord effectué l'électrolyse de cette solution, sans autre addition, entre deux lames métalliques. Puis, au moyen d'électrodes identiques, nous avons procédé à l'électrolyse de boues de carbonate de calcium imprégné de la même solution, enfin, dans les mêmes conditions, l'électrolyse de boues formées d'un mélange en parties égales de carbonate de calcium et d'argile, imprégné de ladite solution.

Pour empêcher autant que possible une action chimique éventuelle durant les électrolyses, nous avons soigneusement évité toute trace de sulfates ou de chlorures qui, ainsi que cela a été dit précédemment accélèrent considérablement la corrosion chimique dans les terrains argilo-calcaires. Nous avons employé dans ce but du carbonate de calcium et de l'argile chimiquement purs, cette dernière traitée par lévigation.

Nous avons utilisé successivement comme électrodes des lames de tôle de fer ordinaire, puis des lames d'acier laminé de 4,5 mm d'épaisseur. La surface utile de chaque électrode était de 18 à 20 cm<sup>2</sup>, la distance entre les deux électrodes de 3 cm environ. Nous avons travaillé dans chaque cas avec une tension de 2 volts, puis avec 4 volts. L'intensité, mesurée au début, variait, dans le cas des boues, de 18 à 25 milliampères sous 2 volts et de 40 à 50 milliampères sous 4 volts, mais, par suite de l'appauvrissement du bain, l'ampérage baissait rapidement, en général au bout de quelques jours. N'ayant pas réussi à établir jusqu'ici un moyen pratique pour alimenter régulièrement nos bains boueux en électrolyte de même concentration que la solution initiale, sans changer la proportion d'eau de nos boues, nous avons dû nous contenter, pour le moment, d'électrolyses de courte durée (au maximum 15 jours) et nous avons interrompu chaque essai dès que l'ampèremètre n'accusait plus de courant appréciable.

Pour éviter autant que possible une perte d'électrolyte, durant l'électrolyse, par évaporation d'eau ou par élimination d'acide carbonique et précipitation de carbonates neutres, le bain était recouvert d'une couche de paraffine liquide pure. Dans le cas des boues, cette précaution s'est

montrée insuffisante ; le dégagement d'hydrogène à la cathode fissurait la masse, la paraffine pénétrait dans les fissures et isolait partiellement l'électrode. Nous avons alors remplacé la paraffine liquide par une couche de vaseline, fondue et coulée à la surface de la boue, puis solidifiée par refroidissement avant le début de l'électrolyse.

Ayant constaté en outre que, dans le cas des boues, une petite quantité de liquide aqueux s'accumulait peu à peu à la surface du bain, par différence de densité, nous avons placé entre les électrodes une plaque en verre de longueur égale au diamètre du vase et pénétrant de quelques millimètres dans la boue, pour éviter que le courant ne passe directement d'une électrode à l'autre à la surface du bain boueux.

Enfin, chaque essai électrolytique a été répété plusieurs fois, comme contrôle, avec des proportions différentes de la solution d'imprégnation.

La durée de nos électrolyses étant limitée par l'appauvrissement du bain, les corrosions et les dépôts obtenus n'ont pas été suffisants pour nous permettre d'en faire l'analyse quantitative, mais nous avons pu les analyser qualitativement et déterminer leurs constituants.

Mentionnons tout d'abord les constatations générales que nous avons pu faire à la suite de ces divers essais :

1. L'aspect des corrosions électrolytiques et la composition chimique des produits formés ont été les mêmes avec des électrodes de tôle de fer et avec des électrodes d'acier laminé.

2. Les résultats obtenus ont été qualitativement les mêmes sous 2 volts et sous 4 volts, les corrosions étant simplement plus accentuées avec 4 volts.

3. Dans le cas des boues, les résultats ont été les mêmes quelle que soit la proportion de la solution de bicarbonates, pourvu que la quantité de liquide soit suffisante pour former une pâte plastique et compacte, adhérent aux électrodes.

Les constatations faites et les résultats obtenus dans chacun des trois cas étudiés sont donnés dans les tableaux suivants.

(A suivre.)

### L'aménagement de la Vieille Ville de Genève.

Le 29 mai dernier, M. J. Uhler, président du Conseil administratif de la Ville de Genève, avait obligeamment convoqué des représentants de la presse à prendre connaissance du projet d'aménagement de la Vieille Ville, approuvé par le Conseil municipal, le 26 du même mois. Au cours de cette séance, M. le président Uhler et les membres de la Commission des experts, MM. les architectes L. Blondel, H. Garcin, A. Guyonnet et A. Roche, mirent une inlassable servabilité à faciliter aux journalistes l'intelligence de ce très remarquable projet.

A notre tour, nous avons tenté d'en faciliter la lecture à ceux de nos lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec la Vieille Ville de Genève en illustrant le rapport de la Commission par deux plans, l'un montrant l'état présent, l'autre l'état projeté, et par onze croquis perspectifs dessinés par les experts. Les chiffres inscrits sur le plan représentent les points de vue de ces perspectives.

Réd.