

Compte rendu du stage LIESSE

Électrochimie : aspects cinétique et thermodynamique.

Applications aux piles à combustible, à l'électrolyse de l'eau et à la corrosion

ENSIC Nancy, du 9 au 11 mai 2023

Comme tous les ans au début du mois de mai, le directeur de l'ENSIC – M. Alain Durand – a accueilli à Nancy de nombreux professeurs de CPGE, en leur offrant une occasion unique, celle d'enrichir leurs connaissances en électrochimie : le stage s'appuyait sur la thermodynamique de l'oxydoréduction et se doublait d'une approche cinétique – omniprésente – afin d'illustrer et de modéliser les phénomènes de corrosion humide des métaux. La présentation de l'électrochimie et de sa théorie était constamment associée à ses manifestations et à ses applications (électrolyse de l'eau, piles à combustible).

L'organisation millimétrée, assurée grâce au dévouement de Chloé Le Bris et de Romain Privat, la qualité remarquable de toutes les interventions et le souci constant de la convivialité ont fait de ces trois jours de stage une occasion exceptionnelle pour conforter ses compétences en cinétique de l'oxydoréduction.

Par son organisation et les thèmes abordés, ce stage témoignait clairement du souhait de l'École de réunir des professeurs de physique, de chimie et de physique-chimie de toutes les filières. Des enseignants en MP, PC, PSI, PT et TSI étaient présents, ce qui, grâce à l'expertise des intervenants, a permis des échanges extrêmement fructueux.

Le stage se déclinait sous trois formes :

- des « cours » qui permettaient aux participants d'asseoir leurs connaissances, de bénéficier d'exemples concrets, d'ordres de grandeur, d'anecdotes issues de l'expérience professionnelle très riche des intervenants ;
- des travaux dirigés, où il s'agissait souvent d'appréhender un procédé ou de concevoir une solution à un problème ;
- des travaux pratiques, utilisant le matériel des laboratoires de recherche.

Avec à la fois beaucoup de rigueur et un sens constant de la formule, M. Michael Matlosz a présenté d'une part la cinétique électrochimique (aspects qualitatifs, modèle de l'interface métal/électrolyse, cinétique interfaciale : loi de Tafel, de Butler-Volmer), d'autre part la corrosion humide (principales formes de corrosion, méthodes de protection, corrosion uniforme et couplages galvaniques). Le souci était manifeste de dégager les idées clés et de donner du sens physique aux courbes courant-potentiel, à leur acquisition et à leur exploitation.

La première séance de travaux dirigés – parfaitement orchestrée par M. Dominique Petitjean – traitait du procédé de nickelage électrochimique. Il retravaillait la lecture des courbes courant-potentiel (calcul d'un potentiel d'équilibre, d'une densité de courant, limitation par le transfert de charge ou le transport de matière, influence de la concentration en ions nickel(II)) et permettait d'appréhender de façon quantitative des phénomènes souvent traités d'un point de vue qualitatif en CPGE.

La seconde séance de travaux dirigés – sous la houlette à nouveau de M. Michael Matlosz – traitait de l'utilisation d'un inhibiteur de corrosion pour protéger une cuve. Après avoir étudié dans un premier temps la vitesse de corrosion en l'absence ou en présence de l'inhibiteur, la comparaison des potentiels de corrosion permettait de comprendre le mécanisme d'inhibition avant de l'appliquer à un procédé continu. La séance se concluait par un second problème traitant de la protection d'une cuve par anode sacrificielle et du couplage galvanique du fer et du zinc.

Les séances de TD-cours dispensées avec beaucoup de clarté et de pédagogie par M^{me} Veys-Renaux, s'articulaient autour de deux thèmes : d'une part l'électrodéposition du nickel et du zinc, avec le souci d'obtenir le meilleur rendement faradique mais aussi un dépôt adhérent et imperméable ; d'autre part l'anodisation, illustrée sur l'exemple de l'aluminium. M^{me} Veys-Renaux a su encourager notre participation et a illustré ses propos en apportant de nombreux échantillons, ce qui était très à-propos.

Les séances de TP s'articulaient autour de deux thèmes. La première, animée par M. Olivier Herbinet, consistait à

tracer les courbes de polarisation et déterminer un courant de corrosion pour l'attaque du fer en milieu acide. C'était une parfaite illustration des notions abordées lors des cours et TD. La seconde avait lieu dans le laboratoire de recherche de M. François Lopicque (LRGP) et avait pour but de nous faire étudier le fonctionnement d'une pile à combustible (tracé expérimental des courbes $U = f(I)$, étude de la puissance électrique produite, du flux de chaleur...) tout en discutant à bâtons rompus des nombreux enjeux technologiques, des problèmes soulevés et des solutions à l'étude.

Le stage se concluait par l'exposé de M. François Lopicque sur les piles à combustible et l'électrolyse de l'eau : après quelques rappels de cinétique et de thermodynamiques électrochimiques, M. Lopicque nous a fait voyager dans l'univers des voitures électriques et de l'électrolyse de l'eau, posant le problème de la production et de l'utilisation du dihydrogène.

Nous avons également pu assister à une conférence historico-scientifique par Arnaud Fischer, enseignant-chercheur juste avant le dîner du mercredi soir, intitulée *Voyage en sérendipité, le jeu de la science et du hasard*. Comme il l'avait fait lors de précédentes conférences à Nancy, M. Arnaud Fischer a captivé son auditoire en illustrant son propos de maints exemples et anecdotes allant de la découverte de la pile Volta à celle du Viagra en passant par les rayons X !

Cette conférence était suivie de la présentation par M^{me} Laurence Muhr de quelques manipulations simples mais extrêmement convaincantes permettant d'illustrer avec du matériel courant au laboratoire les phénomènes de corrosion galvanique, d'anode sacrificielle, de corrosion différentielle... en faisant appel au bon sens des participants et à des applications de la vie courante (barre de magnésium qui protège les chauffe-eau de la corrosion, influence sur la corrosion de l'ajout de sel régénérant dans un lave-vaisselle).

Les trois déjeuners, le dîner à la médiathèque et les voyages en train offerts par l'ENSIC étaient autant d'occasion d'échanger à propos des thèmes évoqués lors des cours/TD/TP, de la forte attractivité de l'ENSIC (4 500 ingénieurs dans le monde, 98 % des diplômés en emploi en moins de six mois), des pratiques pédagogiques en CPGE ou encore de Nancy où le terme hospitalité prend tout son sens.

Florence Levecque, Pierre Boudinet, Yves Le Gall