

27 juin 2020

LC25 - Corrosion humide des métaux (CPGE)

Gauthier Legrand et Francis Pagaud

27 juin 2020

Bibliographie

- Electrochimie, **Miomandre** (Sympa)
- Chimie PC-PC*, **GréCIAS** (chapitre 8 surtout à partir de la page 270)
- Précis chimie PC, **Durupthy** (à partir de la page 396)
- Dunod chimie PSI, **Fosset** (chapitre 9)
- Nathan Chimie MP, **Frajman** (chapitre 10)
- 100 manipulations de chimie générale et analytique, **Mesplède**
- Des expériences de la famille Réd-Ox, 2e édition, **Cachau-Herreillat**
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_potentiels_standard
- http://agregationchimie.free.fr/fichiers/cours_electrochimie.pdf

Pré-requis :

- Oxydo-réduction
- Thermodynamique en électrochimie et diagramme E-pH
- Cinétique électrochimique

Table des matières

1	Phénomène de corrosion	3
1.1	Généralités	3
1.2	Thermodynamique	3
1.3	Cinétique	5
2	La corrosion uniforme	6
2.1	Principe	6

2.2 Facteur aggravant la corrosion	6
2.3 Protection	7
3 La corrosion différentielle	7
3.1 Principe	7
3.2 Facteur aggravant la corrosion	8
3.3 Protection	8

Programmes

MP, notions et contenu	Compétences exigibles
Transformations spontanées : notion de potentiel mixte	Positionner qualitativement un potentiel mixte sur un tracé de courbes courant-potentiel.
Potentiel de corrosion, intensité de courant de corrosion, densité de courant de corrosion. Corrosion uni-forme en milieu acide ou en milieu neutre oxygéné	Interpréter qualitativement un phénomène de corrosion uniforme à l'aide de données expérimentales, thermodynamiques et cinétiques. Citer des facteurs aggravants de la corrosion.
Corrosion différentielle par hétérogénéité du support ou du milieu.	Interpréter qualitativement un phénomène de corrosion différentielle faisant intervenir deux métaux à l'aide de courbes courant-potentiel
Protection contre la corrosion : - revêtement ; - passivation ; - anode sacrificielle ; - protection électrochimique par courant imposé	Exploiter des tracés de courbes courant-potentiel pour expliquer qualitativement : - la qualité de la protection par un revêtement métallique ; - le fonctionnement d'une anode sacrificielle. Mettre en oeuvre des protocoles illustrant les phénomènes de corrosion et de protection

Reste à faire : Un diapo.

Introduction pédagogique

Cette leçon est l'aboutissement de l'électrochimie, on applique tout ce qu'on a vu dans les cours antérieurs et on l'applique aux métaux.

Pour appuyer sur cet aspect "application", on revient toujours aux outils connus pour expliquer : $E-pH + i-E$.

Introduction

Définition de la corrosion : "An irreversible interfacial reaction of a material (metal, ceramic, polymer) with its environment which results in consumption of the material or in dissolution into the material of a component of the environment." (IUPAC) Le coût de la corrosion se compte en pourcentage du PIB.

La Tour Eiffel faut l'entretenir souvent à cause de la corrosion, c'est ce qu'on va étudier dans cette leçon <https://www.toureiffel.paris/fr/le-monument/peinture-tour-eiffel>

Expérience introductive : précis page 396 ? (cf. fig. 1) On peut la trouver en vidéo ici : <https://youtu.be/WcmkdI9t2tg?t=29>

(F) : Sinon je propose tout simplement de plonger de l'alu dans de l'eau acidifiée, et regarder ce qu'il se passe. Peut-être que ça bulle un peu... Mais la vidéo peut faire le taf.

1 Phénomène de corrosion

Esprit du I/ : Quels sont les effets ? Comment l'expliquer ?

1.1 Généralités

Source : Précis chimie PC (page 396)

Enrichir cette partie d'exemples.

La corrosion est l'ensemble des phénomènes par lesquels un métal ou un alliage métallique tend à s'oxyder sous l'influence de réactifs gazeux ou en solution.

Elle est dite sèche lorsque les agents oxydants ne sont pas en solution et elle est dite humide dans le cas contraire.

Il ne faut pas oublier que la corrosion nécessite un conducteur électronique et est également favorisée par un électrolyte.

Cette expérience montre que la présence de dioxygène et d'eau est un facteur favorisant la corrosion, ce qui justifie son étude dans cette leçon.

Transition : Et pourquoi on observe cela ? On connaît tous les outils.

1.2 Thermodynamique

Source : Grécias

Conventions de tracé concentration des espèces solubles fixées à 10^{-6}M (Cette valeur est définie comme le "seuil de corrosion". On considère que les espèces ioniques sont détectables à partir de cette valeur)

5 Corrosion humide

La *corrosion* désigne l'ensemble des phénomènes par lesquels un métal ou un alliage métallique tend à s'oxyder sous l'influence de réactifs gazeux ou en solution.

Elle est dite *sèche* lorsque les agents oxydants ne sont pas en solution ; elle est dite *humide*, dans le cas contraire.

5.1. Facteurs de corrosion humide

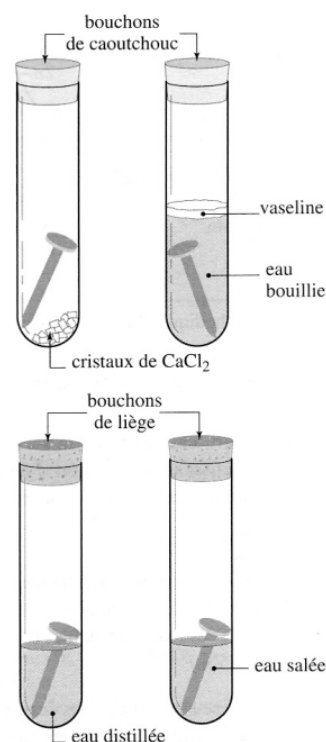
■ Mise en évidence expérimentale

Quatre clous en acier, dégraissés avec du dichlorométhane, sont placés chacun dans un tube à essai (doc. 33). On ajoute alors :

- dans le premier tube, quelques cristaux de chlorure de calcium anhydre, qui ont la propriété d'absorber la vapeur d'eau ;
- dans le deuxième, de l'eau, portée pendant quelques minutes à ébullition afin de la désaérer, et de la vaseline qui forme une couche à la surface de l'eau (en se refroidissant, cette couche constitue un bouchon qui empêche tout contact entre la solution et l'air) ;
- dans le troisième, de l'eau distillée, de manière à couvrir le clou à moitié ;
- dans le quatrième, de l'eau salée en quantité semblable.

On bouche soigneusement les deux premiers tubes, plus légèrement les deux autres. La corrosion étant toujours lente, on laisse reposer les tubes pendant 24 h, au moins, avant d'examiner leur contenu.

On constate que le premier clou semble inattaqué ; en revanche, des traces brunes de rouille sont visibles sur les autres. La quantité de rouille formée croît lorsque l'on passe du deuxième au troisième tube et du troisième au quatrième.



Doc. 33. Mise en évidence des différents facteurs de corrosion humide.

FIGURE 1 – Précis PC. Pas ouf le diclo, on peut essayer avec de l'acétone ou de l'éthanol. Ça met 24h donc on peut le faire à l'ENS et prendre des photos ?

Sur slide on montre les différentes zones dans le diagramme E-pH du fer et leur lien avec les domaines de stabilité de l'eau. On peut faire le lien avec la vidéo d'intro : en milieu basique, des oxydes se forment.

Mesplède page 172

Expérience rapide où on montre de la limaille de fer qui s'oxyde en milieu acide et pas en milieu basique (on justifie alors l'appellation des domaines "d'immunité" là où le métal est sous sa forme solide, et "corrosion" là où le métal a été transformé en espèce ionique).

On peut également discuter l'influence de la taille de la surface avec la limaille de fer et relier ça aux connaissances déjà acquises sur la corrosion.

<https://www.youtube.com/watch?v=hR6n9bW0Qa8> : j'ai pas mieux.

On voit donc tout de suite qu'on peut jouer sur le pH et le potentiel pour éviter la corrosion.

Transition : Comme on l'a vu l'électrochimie est en grande partie une étude cinétique et la thermodynamique ne suffit pas toujours pour expliquer des phénomènes

1.3 Cinétique

Source :

On **dessine** les courbes i-E (ça permet d'expliquer pendant qu'on les traces leur forme). On voit que l'oxygène dissous dans la solution est très problématique. On donne l'exemple pour le fer ($E^o = -0,44V$ ESH)

On définit alors le potentiel mixte (= de corrosion), l'intensité de courant de corrosion.
Code Py. ODG : le courant de corrosion donne en général des vitesses de corrosions de l'ordre du μm au mm par an. $v = \frac{j}{nF} \frac{M}{\rho}$ (ODG du Q : 5 T de fer corrodées / s!)

C'est le moment de parler de l'échelle de noblesse des métaux en l'illustrant sur le graphe i-E (**slide**)

- potentiels standards en Volts par rapport à l'ESH pour un pH nul de certains couples ox/red
- Mg^{2+}/Mg : $-2,37$
 - Al^{3+}/Al : $-1,66$
 - Zn^{2+}/Zn : $-0,76$
 - Fe^{2+}/Fe : $-0,44$
 - Ni^{2+}/Ni : $-0,25$
 - Cu^{2+}/Cu : $0,34$

Dans l'absolu ces valeurs n'ont pas trop d'intérêt puisqu'il faut connaître les surtensions. Mais pour un couple impliquant le matériau de l'électrode la surtension est souvent faible. En effet, sur le métal on a juste formation d'un ion, donc pas trop dur. Mais pour la formation de H_2 , il y a formation de liaison, donc surtension variable.

Transition : Au vu de tout ça on peut donc déjà voir ce qui aggrave la corrosion

2 La corrosion uniforme

2.1 Principe

Source :

Il y a corrosion uniforme si toute la surface du métal est attaquée de la même façon et s'il n'y a pas de circulation d'électrons au sein du métal.

Exemple d'un bateau primitif dont la coque est en fer sans aucune peinture.

On peut faire ici un étalon de clou dans l'agar agar.

Expérience du courant de corrosion, à tester. Idéalement on prend du fer, mais pas sûr que ce soit probant.

Plonger une lame de zinc dans une solution acide pendant un certain temps (mesure au chrono lancée au début de l'expérience). Peser la lame avant et après corrosion, en déduire le courant de corrosion.

Pour éviter un excédent d'eau sur la lame, on peut utiliser un sèche-cheveux avant la pesée.

Transition : Comment cela est influencé par les param extérieurs ?

2.2 Facteur aggravant la corrosion

Source : Grélias PC page 277 (askip ça vient du Sarrazin)

Ça peut être bien de prendre un tableau vide et de le remplir au fur et à mesure de la leçon. On peut séparer en deux catégories "extérieurs" vs "liés au matériau"

Facteur	Effet
Air oxydant (O_2, CO_2)	Thermodynamique ($K^o \nearrow$) et cinétique ($j \nearrow$)
Vapeur d'eau atmosphérique, eau de mer (H_2O, Na^+Cl^-)	Cinétique ($j \nearrow$ car conductivité $\nearrow$)
Pluie (H_2O, H^+)	Pas de passivation

Pour rendre ça vivant il faut donner exploiter un graphe à chaque fois. On prend le cadre du fer et on compare la situation avec ou sans le facteur.

Transition : Voyons comment exploiter ceci pour se protéger de la corrosion

2.3 Protection

Source : Grécias page 280

- Passivation : formation de vert-de-gris sur le toit de l'Opéra Garnier <https://fr.wikipedia.org/wiki/Vert-de-gris>
- Couche protectrice : peinture (Tour Eiffel), couche de plastique (grillage), parkérisation (phosphate de zinc <https://en.wikipedia.org/wiki/Parkerizing> utilisé pour les voitures)
- Protection anodique / cathodique (canalisations enterrées, rails de trains). On peut parler de la qualité des oxydes : la rouille est poreuse, l' Al_2O_3 est plus robuste, cf. passage Seb. mais ne se forme pas par-dessus l'aluminium mais bien à la place de l'aluminium (à la fin on n'en a plus...)
- (Rendre les surtensions très grandes en jouant sur l'état de la surface?)

Réf : Des expériences de la famille Réd-Ox, **Cachau-Herreillat** p. 182

Anodisation de l'Aluminium . On peut remplacer la lame de plomb pour l'électrolyse par une lame de graphite, moins chère et moins toxique.

Plutôt que de plonger deux plaques d'aluminium dans l'éosine, on peut en plonger une seule mais au-delà du niveau de passivation. Attention à avoir assez de solution pour la plonger... Mais ça marche encore mieux du coup.

Bien s'appuyer sur le Cachau pour discuter pleins de trucs.

Anodisation : <https://www.youtube.com/watch?v=rfzDR6Gr9xc>

Désanodisation : <https://www.youtube.com/watch?v=D4AgD1DgavY>

Transition : Dans la vraie vie il y a rarement un seul métal à considérer

3 La corrosion différentielle

3.1 Principe

Source : Grécias PC page 277

Il y a corrosion différentielle lorsque l'attaque s'exerce de façon différente en deux zones de la surface du métal. Il y a nécessairement circulation d'électrons au sein du métal pour relier ces deux zones.

Sarrazin page 290 ou Cachau p. 166.

Clou dans l'agar-agar pour montrer influence : état de surface, influence concentration et composition. Pour l'influence de la surface, il faut tordre le clou soi-même, ça marche mille fois mieux.

Attention à porter les gants safe en manipulant l'acide concentré. Bien parler de la phénophtaléine et en quoi elle révèle ce qui se passe.

On explique ce qu'il se passe bien correctement.

Transition :

3.2 Facteur aggravant la corrosion

Source : Grécias PC page 277 (askip ça vient du Sarrazin)

Ça peut être bien de prendre un tableau vide et de le remplir au fur et à mesure de la leçon. On peut séparer en deux catégories "extérieurs" vs "liés au matériau"

Facteur	Effet
Air oxydant (O_2 , CO_2)	Thermodynamique ($K^o \nearrow$) et cinétique ($j \nearrow$)
Vapeur d'eau atmosphérique, eau de mer (H_2O , Na^+Cl^-)	Cinétique ($j \nearrow$ car conductivité $\nearrow$)
Pluie (H_2O , H^+)	Pas de passivation
Hétérogénéité de surface (défauts, rayures)	Corrosion différentielle
Hétérogénéité de composition (impuretés, alliages, soudure, contact avec autre métal)	Corrosion différentielle
Hétérogénéité de concentration (dilution ou aération différentielle)	Corrosion différentielle

On peut parler des micropiles mais c'est pas au programme dont vaut mieux éviter je pense. Avoir la goutte d'Evans en tête.

Transition : Voyons comment exploiter ceci pour se protéger de la corrosion

3.3 Protection

Source : Précis PC page 401

- Anode sacrificielle : à illustrer avec un clou en fer entouré par un fil de cuivre dans de l'agar-agar.
- Galvanisation / électrozingage : on combine l'anode sacrificielle et le revêtement. Encore mieux : c'est j qu'il faut mettre dans les diagramme intensité-potentiel, donc $I = jS$ est d'autant plus grand pour l'anode qu'on sacrifie que sa surface est grande, et de même le courant est très faible pour la cathode au fond de la rayure.

4.1. Protection électrochimique

Dans le cadre du programme, on s'intéressera à la protection cathodique.

Dans une pile de corrosion, le fer est corrodé là où il joue le rôle d'anode. Pour le protéger, on va donc chercher à lui faire jouer un rôle de cathode. Pour cela, on constitue un circuit électrique pour diminuer son potentiel de sorte que le dioxygène (ou l'eau, ou l'acide) soit réduit à son contact sans que le fer ne soit trop attaqué.

Un moyen simple est de réaliser un simple contact avec un métal moins noble que lui (Zn, Mg pour le fer). On parle alors de **couplage galvanique**.

Fig. 17

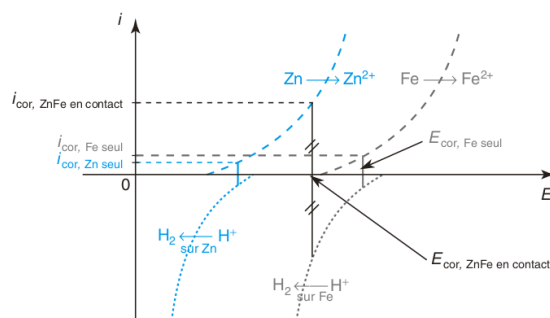


FIGURE 2 – Natahan MP Frajman. Illustration de l'anode sacrificielle

Cachau p. 171

Expérience anode sacrificielle : clou dans de l'agar-agar entouré de différents métaux. L'analyse est dans le livre, RAS.

On peut s'étendre sur la durée de vie des anodes sacrificielles et comparer ça à la fréquence de remplacement.

Conclusion

Ouvertures possibles :

Commentaires pendant la prépa aux oraux

- c'est faux que le tétanos s'attrape à cause de la rouille (autant de risque si le clou n'est pas rouillé)

Passage de Seb le 14/05

- Comment trouver le courant et potentiel de corrosion ? Expérimentalement ? On ne peut pas car le courant reste dans le métal.
- Comment on définit un potentiel mixte ?
- Les polymères se corrodent aussi. Les élastiques deviennent friables.
- C'est quoi la différence entre les hydroxydes de fer et les oxydes de fer ? Comment passer de l'un à l'autre ? Réaction de déshydratation entre les deux. Au long terme on a des oxydes.
- Qu'est-ce qui cause l'oxydation de la coque du bateau ? Quel rôle du chlorure de sodium ? Qu'est-ce qui cause la corrosion différentielle ? Sur un bateau, c'est l'oxygène et il y a un gradient haut/bas.
- Ça veut dire quoi "anodiser" ? La lame subit une anodisation.
- Comment peut-on prévoir si un oxyde sera passivant ou non ? Paramètre de "pilling bedworth", qui est un ratio de densité oxyde/métal. Si il vaut 1, il n'y a pas altération de la surface, ça accroche.

Il faut avoir du fond plutôt que de faire un listing de choses. Il faut montrer un max de courbes potentiel. "Les diagrammes E-pH sont d'importance relativement faible" - G.G.

Questions

Pourquoi une anode en plomb dans la manip d'électrodépôt ? Comment êtes-vous sûr que le seul l'eau est oxydée à l'anode et pas le plomb ?

Pile d'Evans : pourquoi ces réactions et pas d'autres, en particulier pourquoi

on équilibre avec OH^- ? Comment on en déduit que la corrosion a lieu dans le milieu le plus dilué ?

Sur la protection, vous avez dit que le Zinc jouait le rôle d'anode sacrificielle mais aussi qu'il était inerte en solution acide pour des raisons cinétiques, contradiction ?

Diagramme E-pH : conventions de tracé, conventions usuelles quand on étudie la corrosion, domaine d'existence, de prédominance, comment on connaît les frontières verticales, horizontales ? Retrouver la valeur de la verticale sur le Zn. (Ils m'ont donné le pKs)

Courbes i-E : justifier le tracé, potentiels standard, surtensions Platine inerte en solution, d'autres métaux aux mêmes propriétés ? potentiel mixte ?

Vous avez parlé d'alliage, définition ? Vous parlez de l'acier, alliage par substitution ou interstitiel ? En pratique les métaux ne sont pas disponibles à l'état pur, méthodes pour les obtenir en métallurgie ?

Vous avez dit que la corrosion est la formation d'ions par oxydation, pourquoi des ions et pas des hydroxydes ? Les ions posent plus problème car les ions peuvent partir, alors que les oxydes restent sur le métal.

Est-ce qu'il peut y avoir de la corrosion humide à l'air libre ? Oui, pluie ou condensation, on n'est pas obligé de plonger les métaux dans l'eau.

Est-ce qu'on parle de passivation pour le fer ? Oui selon la définition donnée (formation d'oxydes et pas de formation d'ions) mais oxydes poreux donc non passivante. Bien faire la différence entre la zone de passivation dans le diagramme et la passivation qui protège.

Clou dans l'agar-agar : d'où vient la coloration rose ?

Pile dans le cas de l'aération différentielle Le clou est à la fois l'anode et la cathode : zone riche en oxygène = cathode, zone pauvre en dioxygène = anode. C'est une pile en court-circuit.

Goutte d'eau sur du fer : quel type de corrosion ? Corrosion différentielle (goutte d'Evans).

Autre méthode de protection ? Par revêtement ou dépôt métallique (de métaux plus réducteurs)

Cas où le contact entre deux métaux pose des problèmes de corrosion ?
Contact cuivre-acier (tuyauterie, radiateur, statue de la liberté).

Proportion d'acier produit pour compenser la corrosion ?

Qu'est-ce que l'inox ? C'est un alliage de chrome et d'acier. Le chrome est passivé ce qui protège l'alliage (contrairement à de l'acier recouvert d'un revêtement de chrome).

Tests caractéristiques de Fe^{2+} ? test à la soude et test à l'o-phen

Corrosion pire avec eau douce ou eau dure ? Une eau douce est plus sujette à provoquer des corrosions qu'une eau dure (i.e riche en Ca^{2+} et Mg^{2+}) car l'eau dure favorise la formation de couche protectrice de calcaire CaCO_3 sur les canalisations. Par contre, une eau douce est évidemment moins corrosive qu'une eau de mer (moins d'ions, intensité de corrosion + faible).

Vraiment pas de corrosion pour l'inox ? L'inox est un alliage d'acier et de chrome (+ de 10%). Attention au terme « inox » car le chrome s'oxyde justement pour former une couche protectrice de Cr_2O_3 adhérente et compacte.

D'où vient le terme galvanique ? du médecin Luigi Galvani (fin du 18ème siècle) connu pour ses expériences sur les grenouilles et sa controverse avec Volta sur l'origine de l'électricité (très intéressant au niveau épistémologique, pour plus d'infos : <http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/zoom/galvanivolta/index.php>)

Autre types de corrosion que corrosion humide ?

Sur la protection, vous avez dit que le Zinc jouait le rôle d'anode sacrificielle mais aussi qu'il était inerte en solution acide pour des raisons cinétiques, contradiction ?

Diagramme E-pH : conventions de tracé, conventions usuelles quand on étudie la corrosion, domaine d'existence, de prédominance.

Courbes i-E : justifier le tracé, potentiels standard, surtensions

Platine inerte en solution, d'autres métaux aux mêmes propriétés ?

Vous avez parlé d'alliage, définition ?

Vous parlez de l'acier, alliage par substitution ou interstitiel ?

En pratique les métaux ne sont pas disponibles à l'état pur, méthodes pour les obtenir en métallurgie ?

L'anode sacrificielle est-elle la seule façon de protéger le fer ? Entre un changement d'anode et un changement de revêtement, qu'est ce qui se fait le plus fréquemment ?

Pourquoi le dépôt de zinc est-il plus efficace que la peinture ?

Dans l'aération différentielle, qu'est ce qui s'oxyde ?

Pourquoi l'aération différentielle se fait dans la zone la moins aérée ? ça paraît paradoxal ?

Quelle est la réaction lors de la mise en évidence avec le ferricyanure de potassium ?

Autre façon de mettre en évidence les ions Fe^{2+} ?

Citer des métaux passivés de façon autonome qu'on n'a pas besoin de protéger. Quelles sont les conditions pour que la passivation soit efficace ? Quelle condition pour que la couche d'oxyde soit efficace ?

Redéfinir le potentiel de corrosion ? Quel est le nom général ?

Pourquoi les courants anodiques et cathodiques sont de signe opposé ?

La corrosion humide a-t-elle lieu que dans l'eau ?

La surtension du zinc impur est-elle toujours de -0,5V ?

Comment éviter la rouille la la jonction fer-cuivre du radiateur ? Comment est protéger le radiateur ?

Autre type de protection ? Galvanisation ? Anodisation ?

Peut-on montrer la jonction entre deux métaux autre que dans l'agar-agar ?

D'où vient le terme galvanique ?

Comment mesurer le coté corrosif de l'eau ? (eau douce / eau de mer).

Peux

-tu comparer les courants de corrosion à d'autres connus ? Il répond que ça dépend énormément du milieu et de la surface, de pH... C'est difficile de comparer.

-Le courant est constant lors de la première expérience. Pourquoi ? Lame neuve, surface évoluant peu, les concentrations ne bougent quasiment pas, donc Nernst n'est pas affecté.

-Butler-Volmer, c'est un peu pute comme question (vu que c'est Boris, ça ne m'étonne pas)

-Comment utiliser Butler -Volmer pour trouver le courant de corrosion ? Droites de Tafel.

-Tu as trouvé que la corrosion différentielle accélère la vitesse de corrosion, tu peux en dire plus ? Une électrode est beaucoup plus attaquée, l'autre ne l'est plus. Petite mention de l'expérience sur l'aération différentielle. Il l'a fait sur plusieurs heures, et en mettant à ébullition l'agar -agar pour dégager O_2 . . . Ca marche bien mais j'ai pas tout compris son protocole. Peut

-être que la goutte d'Evans est plus sympa pour le montrer, bref.

-Sur les diagrammes E -pH : Sur le fer, on voit $Fe(OH)_2$ et Ag_2O_2 dans des domaines de pH similaires. Pourquoi on a d'un côté un oxyde, de l'autre un hydroxyde ? Selon Vincent, c'est causé par le milieu aqueux : en milieu aqueux, on a des hydroxydes. . . Je pense plus que c'est un problème de stabilité, il faut relire le DM qui parlait de l'Indium.

-A partir des photos d'agar -agar, peut classer les métaux par noblesse ?

-Que se passe -t -il si la solution est plus chargée en NaCl ? C'est un électrolyte qui facilite la corrosion, c'est ce que l'on voit en eau de mer.

-Pourquoi il y a des points roses et bleus sur un même clou, notamment au niveau de la courbure du clou ?

-Qu'est -ce que l'acier inox ? Il est passivé par une couche de Chrome.

-Pourquoi utiliser des gants ? Milieu acide + gras sur les électrodes pour éviter des problèmes. En vrai, le pH est de 3, on n'a pas besoin de gants. Quoi comme exemples communs d'acides ?

-Qu'est -ce que vous feriez en séance de TP ? (bonne considération des déchets métalliques lourds) anodisation de l'aluminium. . .

-Quelle est le point difficile pour les étudiants ? Comment faciliter la compréhension ?

-Quels facteurs peuvent favoriser la corrosion ? L'état de surface, l'électrolyte, le pH, l'humidité, les concentrations.

-Pourquoi avoir rincé la plaque de Zinc ? Eviter un dépôt de sel séché.

-Le zinc est plus réducteur que le fer. Pourquoi protège -t -on le fer par le zinc ? Qu'est -ce qui se passe pour la corrosion atmosphérique du zinc ? Oxyde de zinc. Est -ce un bon isolant ? il ne sait pas.

-Quelle précaution avec le ferricyanure ? Pas d'acide, sinon on a HCN...

-Sur la phénolphtaléine ? C'est interdit, mais il a fait une leçon CPGE... Est -ce que ça passe ?