

**Règle d'équivalence des taux de corrosion ou de dépôts électrolytiques.**

Société dite : SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES RHÔNE-POULENC résidant en France (Seine).

Demandé le 4 février 1966, à 16<sup>h</sup> 12<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré par arrêté du 29 mai 1967.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 27 du 7 juillet 1967.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

On sait que chaque année les pertes par corrosion représentent des sommes considérables, aussi les problèmes de corrosion sont-ils de plus en plus à l'ordre du jour.

Inversement, on sait que l'on protège les métaux en les recouvrant de couches minces de métaux divers par galvanoplastie.

Suivant les buts recherchés et les moyens d'investigation employés les taux de perte ou gain de métal sont exprimés en « unités » les plus diverses qui sont ordinairement :

Poids par unité de surface et de temps : pour les laboratoires semi-industriels ;

Épaisseur par unité de temps : pour les industriels ;

Courant de corrosion par unité de surface : pour les laboratoires de recherches fondamentales ;

Courant de dépôts par unité de surface ou épaisseur déposée par unité de temps : pour les industriels en galvanoplastie.

Les « unités » particulièrement utilisées sont :  
Pour la corrosion :

Poids par unité de surface et de temps : g/m<sup>2</sup> jour-mg/dm<sup>2</sup> jour (désigné généralement dans les ouvrages anglo-saxons par (m.d.d.) ;

Épaisseur par unité de temps : mm/an et dans les pays anglo-saxons : inch par an (ipy) ou mils par an (mil) ;

Courant de corrosion par unité de surface :  $\mu\text{A}/\text{cm}^2\text{-mA}/\text{dm}^2$ .

En galvanoplastie :

Densité de courant : A/dm<sup>2</sup> ;

Épaisseur déposée : micron/sec ( $\mu/\text{sec}$ )-micron/heure ( $\mu/\text{h}$ ) et dans les pays anglo-saxons : mil/sec-mil/h.

Les équivalents sont rarement d'ordre décimal du fait de nombreux facteurs :

Systèmes métrique ou anglo-saxon ;

Division non décimale du temps ;

Valeur du poids spécifique du matériau considéré ;

Valeur de l'équivalent gramme du courant de corrosion, ou de dépôt, du métal considéré.

Ceci oblige chaque utilisateur à procéder à des calculs de conversion selon les documents qu'il a pu se procurer et les renseignements qu'il désire obtenir.

La littérature fournit de nombreux tableaux de facteurs de conversion : on peut citer par exemple celui relevé dans l'ouvrage classique d'Uhlig « Corrosion Handbook » (John Wiley and Sons, Londres) p. 1160, édition 1948, ou ceux publiés dans des livres techniques comme « A guide to corrosion resistance », de la « Climax Molybdenum ».

Certains auteurs ont donné pour un métal déterminé des tableaux de correspondance par points alignés, on peut citer comme exemple le tableau n° 1 à échelles logarithmiques de l'article de H. Zitter, F. Matzer et G. Kraxner, publié page 743 de la revue « Werkstoffe und Corrosion » de septembre 1965.

Il a été maintenant trouvé, et c'est l'objet de l'invention à laquelle a participé M. René Retel, une série de règles permettant de donner immédiatement les différentes équivalences quand on connaît pour un matériau quelconque une des unités indiquées précédemment.

Ces règles sont établies suivant le principe général connu des règles à calcul.

Elles comportent deux parties F et M mobiles l'une par rapport à l'autre, chacune graduée en unités variées suivant des échelles logarithmiques, toutes de même dimension et de même sens et ne différant que par la valeur mentionnée sur la graduation, telles que, en déplaçant une des deux parties, on puisse trouver l'équivalence cherchée en faisant coïncider :

La valeur d'une constante physique caractéristique du matériau considéré avec un repère con-

venablement situé en fonction des « échelles de base » choisies ;

Ou les valeurs de deux constantes physiques de ce métal.

Les différentes règles de la série ne diffèrent entre elles que par les graduations des échelles employées qui les rendent plus adaptées au but précis recherché par chacune d'elles.

En négligeant les « unités » indiquées sur les différentes règles, leurs graduations logarithmiques permettent d'effectuer tous calculs de multiplication ou de division, comme on le fait avec une règle à calcul habituelle.

La description de la série des règles suivant l'invention en permettra la compréhension.

La figure 1 représente, sans échelle déterminée, une portion de la règle intitulée « Tableau d'équivalence des taux de corrosion (uniforme) » nécessaire à la compréhension.

La figure 2 représente, sans échelle déterminée, une portion de la règle intitulée « Equivalent électrochimique de la corrosion » nécessaire à la compréhension.

La figure 3 représente, sans échelle déterminée, une portion de la règle intitulée « Dépôts électrochimiques » nécessaires à la compréhension.

#### I. — Règle « Tableau d'équivalence des taux de corrosion.

Cette règle comporte (fig. 1) une portion dite fixe F formée de deux parties  $F_1$  et  $F_2$  entre lesquelles peut glisser une partie mobile M.

A. A la partie supérieure  $F_1$  un repère dit « repère A » situé en correspondance avec la valeur 0,36 de l'échelle 4 décrite ci-dessous.

B. A la partie inférieure  $F_2$  une échelle logarithmique 4 graduée en épaisseur de métal perdu (ou gagné) par corrosion uniforme exprimée en millimètre par an. Suivant l'usage communément admis on a indiqué des zones d'emploi du matériau en considérant que pour des épaisseurs inférieures à 0,1 mm/an le matériau est très bon, que pour des épaisseurs comprises entre 0,1 et 1 mm/an le matériau est considéré comme utilisable et à éviter pour des épaisseurs supérieures.

C. Toujours à la partie inférieure  $F_2$  des échelles 5 et 6 logarithmiques convenablement alignées vis-à-vis de l'échelle 4 et graduées respectivement en inch/an (Ipy) ou en mils/an (le mil étant le millième de l'inch).

Toute autre échelle donnant une épaisseur pour des unités quelconques de temps peut trouver sa place à cet emplacement.

La partie dite « mobile » M comporte diverses échelles logarithmiques toutes orientées dans le même sens que les échelles de la partie fixe F.

A. Se déplaçant sous le repère A, une échelle 1 graduée en valeur du poids spécifique du matériau considéré. Avantagement le poids spécifique des matériaux les plus courants peut

être repéré sur cette échelle par la mention de son symbole chimique.

B. L'échelle 2 graduée en  $g/m^2 \times k$  et convenablement située vis-à-vis de l'échelle 3.

C. L'échelle 3 graduée en  $g/m^2 \times 24 h$  (ou  $g/m^2 \times \text{jour}$ ).

Les échelles 1 et 3 ont leur origine parfaitement correspondante. Toute autre échelle donnant un poids pour des unités quelconques de surface et de temps trouverait sa place à cet emplacement.

A chaque position faisant correspondre une valeur de l'échelle 1 avec le repère 1, il existe une équivalence non équivoque entre une valeur des échelles mobiles 2 ou 3, et la valeur alignée des échelles 4, 5 ou 6.

#### II. — Règle « Equivalent électrochimique de la corrosion.

Cette règle comporte (fig. 2) une portion fixe F formée de deux parties fixes  $F_1$  et  $F_2$  entre lesquelles peut glisser une partie dite mobile M.

A. A la partie supérieure  $F_1$  une échelle logarithmique 7 graduée en équivalent électrochimique en g/coulombs (multiplié par  $10^4$ ) du métal considéré. Il s'agit de métal perdu pour une surface anodique ou de métal déposé sur une surface cathodique. Les métaux usuels sont directement repérés par leur symbole chimique et suivant leurs différentes valences habituelles.

B. A la partie inférieure une échelle logarithmique 10 graduée en  $g/m^2 \times 24 h$  de métal déposé ou dissous.

Toute autre échelle donnant un poids pour des unités quelconques de surface et de temps trouverait sa place en cet emplacement.

La partie dite « mobile » M comporte :

A. Un repère dit « repère B » aligné avec la valeur 11,6 de l'échelle 9 décrite ci-dessous.

B. Une échelle logarithmique 8 graduée en « densité de courant de corrosion » en milliampère par décimètre carré ( $mA/dm^2$ ).

C. Une échelle logarithmique 9 graduée en « densité de courant de corrosion » en microampère par centimètre carré ( $\mu A/cm^2$ ).

La valeur 1 de l'échelle 8 correspond à la valeur 10 de l'échelle 9.

Toute échelle donnant une densité de courant en unités quelconques de surface trouverait sa place à cet emplacement.

A chaque position faisant correspondre une valeur de l'échelle 7 avec le repère B, il existe une correspondance non équivoque entre une valeur des échelles 8 ou 9 et la valeur alignée de l'échelle 10.

#### III. — Règle « Dépôts électrochimiques ».

La règle comporte (fig. 3) une portion dite fixe F formée de deux parties  $F_1$  et  $F_2$  entre lesquelles peut coulisser une partie mobile M.

A. A la partie supérieure  $F_1$  une échelle loga-

rithmique 11 identique à l'échelle 7 de la règle 11.

B. A la partie inférieure  $F_2$  une échelle logarithmique 14 graduée en micron sec ( $\mu/\text{sec}$ ) et une échelle logarithmique 15 graduée en micron par h ( $\mu/h$ ).

Toute autre échelle donnant une épaisseur par unité de temps trouverait sa place à cet emplacement.

La partie dite « mobile » M comporte :

A. Une échelle logarithmique 12 graduée en poids spécifique  $g/cm^3$ , identique à l'échelle 1 de la règle 1 et qui se déplace devant l'échelle 11.

B. Une échelle logarithmique 13 graduée en densité de courant galvanique exprimée en  $Amp/dm^2$  et qui se déplace devant la règle 14.

Toute autre échelle donnant une densité de courant trouverait sa place à cet emplacement.

Les échelles 11, 12, 13 et 14 ont des origines correspondantes.

A chaque position faisant correspondre le poids spécifique d'un métal (échelle 12) avec son équivalent électrochimique (échelle 11) il existe pour chaque densité de courant (échelle 13) une valeur non équivoque de l'épaisseur déposée de ce métal pendant l'unité de temps choisie, seconde pour l'échelle 14 ou heure pour l'échelle 15, les échelles étant convenablement alignées en fonction de leur coefficient de correspondance.

Bien d'autres variantes peuvent être imaginées, elles ne sont que des variantes technologiques ou de construction et sont comprises dans l'invention. Par exemple les échelles fixes et mobiles peuvent être interverties, des échelles peuvent être ajoutées ou supprimées; les règles peuvent comporter des curseurs ou repères mobiles pour faciliter les lectures; les différentes règles peuvent être groupées sur un même appareil en utilisant soit une, soit deux faces.

Les règles représentées rectilignes peuvent être circulaires ou réalisées de toute façon usuelle pour les règles à calcul. Les règles peuvent avoir la longueur voulue pour la précision désirée.

Ces règles peuvent être réalisées pratiquement en tout matériau tel que, carton, bois, matière plastique, etc., du type de ceux utilisés habituellement pour la fabrication des règles à calcul et tableaux à glissière.

Les exemples suivants illustrent sans les limiter des modes de réalisation des règles selon l'invention et leur emploi.

*Exemple 1. — Détermination de l'équivalence entre « unités » d'épaisseur perdue.*

On utilise la règle figure 1 : Tableau d'équivalence des taux de corrosion.

La partie de cette règle utile pour la compréhension est représentée figure 1, la partie mobile de la règle est figurée mise dans la position voulue pour une détermination particulière.

On lit directement, par coïncidence des échel-

les superposées, la correspondance entre les épaisseurs en mm/an (échelle 4), inch par an (ipy) (échelle 5) ou mils par an (échelle 6).

On peut trouver les multiples ou sous-multiples du temps ou de la surface et vice-versa en se servant de la règle mobile comme on le ferait avec une règle à calcul.

Exemple : Quelle est l'épaisseur de corrosion en mm/an équivalente à 2 mils par mois ?

On utilise la règle figure 1 : la règle ne donne pas directement le résultat, il faut commencer par calculer en corrosion annuelle en travaillant comme avec une règle habituelle.

On effectue la multiplication  $2 \times 12 = 24$  (mils/an). La correspondance entre les échelles 6 et 4 permet de trouver que 24 mils/an est équivalent à 0,6 mm/an.

*Exemple 2. — Détermination de l'équivalence entre « unités » de poids perdu.*

On utilise la règle figure 1.

Les échelles 2 et 13 de la règle mobile donnent par points alignés les équivalences de poids perdus en  $g/m^2 \times h$  et en  $g/m^2 \times 24 h$ .

On peut calculer tout multiple ou sous-multiple de ces unités en utilisant la règle en règle à calcul de la façon habituelle.

*Exemple 3. — Equivalence entre les « unités » de poids et les « unités » d'épaisseur.*

On utilise la règle représentée figure 1.

Une telle équivalence fait intervenir la connaissance du poids spécifique; cette unité est repérée à la partie supérieure de la règle mobile (échelle 1).

Pour trouver l'équivalence entre les unités de poids et d'épaisseur, on déplace la règle mobile M de façon à amener la valeur du poids spécifique en concordance avec le repère A (à la partie supérieure  $F_1$  de la règle fixe).

A chaque valeur de poids lue sur l'échelle 2 (ou 3) de la règle mobile M correspond alors l'épaisseur équivalente sur les échelles 4, 5 ou 6 de la règle fixe  $F_2$ .

Exemple : Quelle est l'épaisseur par an (dans le système métrique) de zinc corrodé correspondant à une attaque de 2 mils/mois et quel est le poids équivalent en  $g/m^2 \times 24 h$  ?

On cherche, comme à l'exemple 1, l'épaisseur corrodée par an, soit 24 mils (ou 0,024 ipy) et 0,6 mm/an. On place alors la valeur du poids spécifique lue sur l'échelle 1 (repérée par Zn) en face du repère A (fig. 1), on lit sur l'échelle 3 le poids corrodé correspondant à l'épaisseur lue sur l'échelle 4, soit  $12 g/m^2 \times \text{jour}$  pour 0,6 mm/an.

*Exemple 4. — Détermination du poids de métal corrodé connaissant un courant de corrosion.*

On utilise la règle « Equivalent électrochimique de la corrosion » représentée figure 2.

On place le repère du métal considéré, ou de son équivalent  $g/coulomb \times 10^4$  (échelle 7)

face au repère B. A chaque valeur du courant de corrosion lue sur les échelles 8 ou 9 de la règle mobile correspond la valeur équivalente du poids perdu sur l'échelle 10.

Exemple : Quel est le poids de zinc perdu s'il se trouve en présence d'un autre métal plus noble (Cu par exemple) tel que le courant de corrosion soit de  $20 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  ?

En mettant l'indice Zn de l'échelle 7 en face du repère B on lit sur l'échelle 10 en face de  $20 \mu\text{A}/\text{an}$  lu sur l'échelle 9 la perte de poids :  $5,8 \text{ g}/\text{m}^2 \times 24 \text{ h}$ .

*Exemple 5. — Détermination des dépôts électrolytiques.*

On utilise la règle « Dépôts électrolytiques » (fig. 3).

Pour la détermination des dépôts électrolytiques on fait correspondre le repère du poids spécifique du métal déposé lu sur l'échelle 12 avec le repère de son équivalent électrochimique lu sur l'échelle 11, et on lit sur les échelles 14 et 15 l'épaisseur déposée par unité de temps suivant la densité de courant utilisé lue sur l'échelle 13.

Exemple : Quelle est l'épaisseur de Zn déposée par heure et par seconde pour un courant de  $20 \text{ A}/\text{dm}^2$  ?

On fait correspondre les deux repères Zn des échelles 11 et 12 et en face de  $20 \text{ Amp}/\text{dm}^2$  lu sur l'échelle 13, on lit sur l'échelle 14 l'épaisseur  $0,095 \mu/\text{sec}$  et sur l'échelle 15 l'épaisseur  $340 \mu/\text{h}$ .

Si l'on désire connaître l'épaisseur déposée dans ces conditions en un temps déterminé (par exemple 12 minutes) on effectue l'opération  $340 \times 12$

en utilisant la règle comme une simple règle à calcul usuelle et l'on trouve  $68 \mu$ .

#### RÉSUMÉ

Nouvelles règles donnant, par lecture directe, les équivalences deux taux de corrosion ou des dépôts galvanoplastiques, comportant sur des parties fixes et mobiles des échelles logarithmiques convenablement graduées et permettant par simple glissement vis-à-vis de repères prédéterminés de trouver les équivalences entre poids, épaisseurs, courant de corrosion ou de dépôt, d'un métal donné en connaissant son poids spécifique, son équivalent électrochimique, ou les deux.

Société dite : SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES  
RHÔNE-POULENC

Fig. 1.

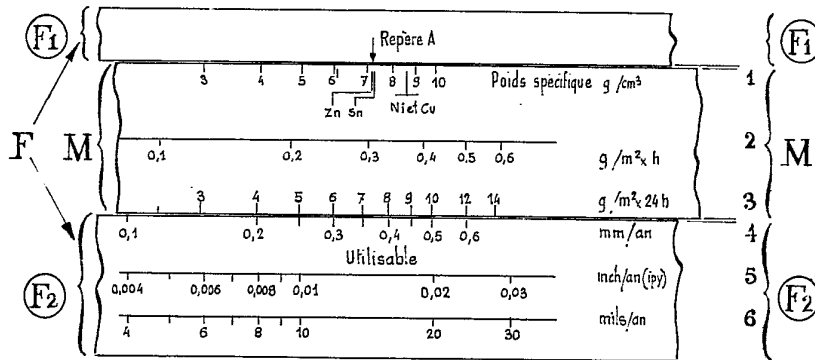


Fig. 2.

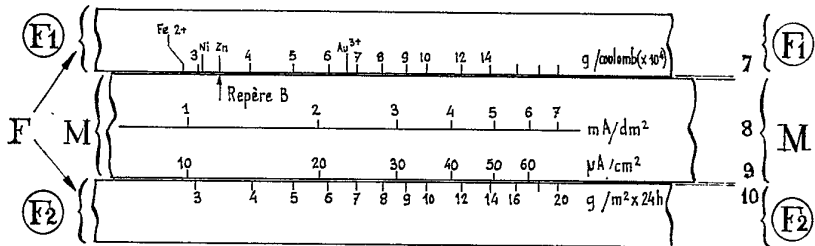


Fig. 3.

