

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة



رقم الترتيب:.....  
رقم التسلسلي:.....

كلية الرياضيات و علوم المادة  
قسم الكيمياء

رسالة محاضرة لنيل شهادة

دكتوراه في العلوم

تخصص: كيمياء

من إعداد:

بن منين عبد القادر

تحت عنوان:

**Étude de l'effet inhibitrice des extrais de plantes sur la corrosion  
de l'acier CX52**

نوقشت يوم: 2017/ 11/04..

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ	أ.د. سقني لعجال
مقررا	جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي	أستاذ	أ.د. وهراني محمد رضا
مناقشا	جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي	أستاذ	أ.د. العائز التهامي
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ	أ.د. حجاج محمد
مناقشا	جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي	أستاذ محاضر أ	د. العويني صلاح الدين

السنة الجامعية 2018/2017

# إلى من

إلى فرة عيني و عماد البيت أمي العزيرة .

إلى أبي العزيز الذي وفر لي سبل التعليم.

إلى أخواني أخواتي.

إلى جميع أفراد عائلتي الصغيرة والكبيرة

إلى الوطن.

إلى كل من ساهم في هذه الرسالة و في توجيهي أهدي بختي هذا راجيا من العليم

القدير أن يجعله خالصا لوجه الكريم .



الحمد لله الذي هداني ووفقني على إتمام هذا العمل.

كما جاء في الأثر من لا يشكر الناس لا يشكر الله

أتوجه بجزيل الشكر وأسماء التقدير لأستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور محمد رضا وهراني أستاذ بجامعة الوادي على تحمله أعباء هذا الإشراف في إتمام هذا العمل وعلى دعمه العلمي والمعنوي فجزاه الله كل خير.  
كما أتوجه بتحيةة احترام وتقدير للأستاذ الفاضل سقني لعجال أستاذ بجامعة قاصدي مرباح ورقلة، على قبوله رئاسة لجنة المناقشة ومشاركته في إثراء هذا البحث.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لأستاذ الفاضل الأستاذ الدكتور العازز التوهامي أستاذ بجامعة الوادي على قبوله مناقشة هذا العمل و أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ الفاضل الدكتور لعويني صلاح الدين أستاذ بجامعة الوادي على قبوله مناقشة هذا العمل.

كما لا يفوتني بتوجيه شكري الخاص واحترام ي للأستاذ الفاضل حجاج محمد أستاذ بجامعة قاصدي مرباح ورقلة على قبوله مناقشة هذا العمل.

كما لا يفوتني بتوجيه شكري الخاص واحترام ي الأساتذة الافاضل الدكتور حسين العوضي بجامعة الشارقة والدكتور احسان شحاة رئيس قسم الكيمياء والدكتور محمد النجار بنفس الجامعة

كما لا يفوتني بتوجيه شكري الخاص واحترام ي لأستاذ الفاضل الدكتور محمد لخضر بلفار بجامعة الوادي والدكتور لطفي باعمر و الاستاذ بوسعد عبدالمالك الدكتور محمد الامين سكيريفة والأستاذ محمد تخته و أساتذتي الكرام الذين ساهموا في تكويني في كل المراحل التعليمية.

إلى الذين ساعدوني في إتمام هذا الرسالة وشكري الخاص إلى عميد كلية الرياضيات وعلوم المادة، وإلى كل اساتذة وعمال جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

## الفهرس

1	مقدمة عامة.
	الفصل الأول
7	الفوائد البيئية
8	I-1- الدراسة النظرية لشجرة الرثم
10	I-2- الدراسة النظرية لنبات القرطوفة
13	I-3- الدراسة النظرية الزيتة.
	الفصل الثاني
16	II-1- عموميات حول التآكل
16	II-1-1- تعريف التآكل
17	II-1-2- التقسيم العام للتآكل
17	II-1-2-1- التآكل الجاف و الرطب
17	II-1-2-2- التآكل المباشر و غير المباشر
18	II-1-3- أشكال التآكل
25	II-1-4- العوامل المؤثرة على التآكل
25	II-1-5- التآكل كظاهرة إلكتروكيميائية
28	II-2- التآكل في وسط مائي
28	II-3- الدراسة الترموديناميكية للتآكل
28	II-4- شرط التآكل
28	II-5- كمون الاتزان - علاقة Nernst
29	II-6- منحني POURBAIX

31	II-7- الدراسة الحركية للتآكل
35	II-2-3-2- الطرق الالكتروكيميائية المتغيرة
41	II-3-2-1- القياس التجريبي لطريقة الهمانعة الالكتروكيميائية
43	II-4-1- الحماية بالمثبطات
43	II - 4 - 2- تعريف المثبط
43	II-4-3- تصنيف المثبطات
44	المثبطات المستخدمة في الأوساط المعتدل
46	II - 1-3- طرق الحماية من التآكل
	الفصل الثالث
	المسح الفيتوكيميائي
52	III-1- جمع و قطف النباتات
52	III-2- تجفيف النباتات والأعشاب
53	III-7- الكشف عن بعض العناصر الفعالة في مختلف أعضاء النباتات
53	III-8- طرق الكشف عن القلويدات ( Alkaloids )
54	III-9- الكشف عن الصابونيان (Saponins)
54	III-10- الكشف عن الفلافانويدات (Les Flavonoides)
54	III-11- الكشف عن التينينات (Tanins)
55	III-12- بعض العناصر الفعالة في الرثم و الشيح و الزيتة
55	III-13- العناصر الفعالة المتواجدة في نبات الزيتة حسب مطيافية تحت الحمراء
	الفصل الرابع
57	IV-1- تحديد الشروط التجريبية لدراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلصات
57	IV-1-1- أساس اختيار مستخلصات كمثبطات
57	IV-1-2- أساس اختيار الطرق المستعملة
59	IV - 2- طريقة الضياع في الكتلة

62	IV-3 - دراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلص (Co)
63	IV-4- دراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلص (Re)
64	IV-5- دراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلص (2)
	الفصل الخامس
72	V-1- بالطريقة الالكترو كيميائية
72	V-2- خلية إلكتروليتية كيميائية
84	V-3- نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروكيميائية للمثبط القرطوفة (Co)
87	V-4- برمجة عملية النمذجة للمثبط القرطوفة (Co)
90	V-6- نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروكيميائية للمثبط الرثم (Re)
92	V-7- برمجة عملية النمذجة للمثبط الرثم (Re)
95	V-9- نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروكيميائية للمستخلص (2)
98	V-10- برمجة عملية النمذجة للمثبط للمستخلص 2
104	V-12- نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الممانعة
106	V-13- القانون المستخدم في حساب مردود التثبيط %R لطريقة الممانعة
101	V-14- دراسة طبيعة الامتزاز المثبط للمستخلص 2 على سطح CX60
109	V-15- تأثير NaCl على تثبيط التآكل
99	V-16- تأثير درجة الحرارة على تثبيط التآكل
100	V-17- الدراسة الترموديناميكية
112	V-18- دراسة سمك الطبقة المتشكلة لمستخلص 2 على سطح (CX60)
114	النتائج والمناقشة الخلاصة

## قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان
11	الشكل 1.1. صورة فوتوغرافية لشجرة الرثم
11	الشكل 2.I. : صورة فوتوغرافية لنبات القرطوفة
13	الشكل 3.I. : نبات الزيتة
21	الشكل 1.II. : رسم تخطيطي لتآكل المعمم
21	الشكل II-2: رسم تخطيطي لتآكل الغلفاني.
22	الشكل II-3 : تآكل غلفاني لأنبوب من فولاذ
22	الشكل II-.4: تآكل غلفاني لألمونيوم بالبرونز
23	الشكل II - 5 : تآكل غلفاني لبرونز
23	الشكل II-6: رسم تخطيطي التآكل النقر
24	الشكل II - 7: صورة لتآكل بالنقر لفولاذ
24	الشكل II - 8 : تآكل بالنقر لسكينة .
24	الشكل II-9: رسم تخطيطي لتآكل الحثي
25	الشكل II-10: صورة لأنبوب متآكلة نتيجة
25	الشكل II-11 : صورة لمحرك متآكل بمرور الزمن
26	الشكل II-12 : رسم تخطيطي لتآكل بين الحبيبات
26	الشكل II-13: رسم تخطيطي التآكل بالإزالة المختارة
27	الشكل II-14 : صورة لفولاذ متآكل بوجود كبريتيد الهيدروجين
28	الشكل II-15: منحنى تغيرات سرعة التآكل بدلالة pH الوسط لبعض المعادن
32	الشكل II-16: منحنى POURBAIX لحديد في وسط مائي عند درجة الحرارة $25\text{ C}^0$
37	الشكل II-17: منحنى الاستقطابية
38	الشكل II-18: منحنى Tafel
39	الشكل (II-19): الاثارة الجيبية لكمون المسرى
40	الشكل (II-20): منحنى نيكويست
42	الشكل (II-21): نموذج يبين حالة معدن متآكل .
44	الشكل (II-22): منحنى Bode المكافئ للدائرة في الشكل (II-9)

57	الشكل-III-1- طيف IR لمستخلص الزيتة
59	الشكل-III-2- جهاز HPLC متصل ب UV
67	الشكل-III- المجهر الالكتروني الماسح (MEB)
68	الشكل III-3-منحنى تحليل العناصر في مستخلص (Co)
69	الشكل III-4-منحنى تحليل العناصر في مستخلص (2)
72	الشكل-IV-1: رسم تخطيطي للعينة
73	الشكل IV 2- يمثل التركيب التجريبي للتجربة الضياع في الكتلة.
75	الشكل- IV 4- تغير المردود بدلالة التركيز للمستخلص (Co)
76	الشكل- IV 6- تغير المردود بدلالة التركيز للمستخلص (Re)
79	الشكل- V 1- الجهاز التجريبي للطريقة إلكتروكيميائية
80	الشكل- V 2- رسم تخطيطي لخلية الإلكتروكيميائية
83	الشكل- V 1- منحنى الاستقطابية للفولاذ X52 $i=f(E)$ بدون مثبت
83	الشكل- V 2- منحنى Tafel للفولاذ $\log i=f(E)$ بدون مثبت
83	الشكل- V 3- منحنى $\log(i)=f(E)$ للفولاذ الكربوني X52 بتراكيز مختلفة من المستخلص (Co)
85	الشكل- V 4- منحنى تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبت الرثم (Re)
86	الشكل- V 5- علاقة لانكمير للامتزاز للمثبت على سطح X52 في محاليل مختلفة
86	الشكل- V 6- علاقة لانكمير للامتزاز للمثبت على سطح X52 في محاليل مختلفة
88	الشكل- V 7- منحنى تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبت الرثم (Re)
89	الشكل- V 8- منحنيات Tafel $\log(i)=f(E)$ للفولاذ X52 بتراكيز مختلفة من المستخلص (Re)



91	الشكل V-9 تغير السرعة بدلالة الزمن
92	الشكل - V-10 منحني الاستقطابية للفولاذ X52 $i=f(E)$ بدون مثبط
92	الشكل -V-11: منحني Tafel للفولاذ $\log i=f(E)$ بدون مثبط
93	الشكل - V-12: منحنيات Tafel $\log(i)=f(E)$ للفولاذ CX60 بتركيز مختلفة من المستخلص 2
95	الشكل - V-13: منحني تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبت المستخلص 2
97	الشكل - V-14 علاقة لانكمير للامتزاز للمثبط على سطح CX52 في محاليل مختلفة
98	الشكل - V-16 علاقة لانكمير للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة
100	الشكل - V-17 علاقة فراندليش للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة
101	الشكل - V-18: منحني الممانعة للفولاذ الكربوني CX60 بدون مثبط
103	الشكل -V-19:منحنيات الممانعة لمستخلص 2 CX60
104	الشكل - V-20 علاقة لانكمير للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة
105	الشكل - V-21 علاقة لانكمير للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة
106	الشكل - V-22 علاقة فراندليش للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة
106	الشكل - V-23 علاقة فراندليش للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة
107	الشكل - V-24 منحنيات Tafel لمستخلص 2 (CX60)
108	الشكل - V-25 منحنيات Tafel للمستخلص 2
109	الشكل - V-26 منحنيات Tafel للمستخلص 2
115	الشكل - V-27 - نموذج هولمولتي

## قائمة الجداول

13	جدول I-1: تصنيف شجرة الرثم الخاضعة للمسح الفيتوكيميائي
14	جدول I-2- التصنيف العلمي لنبات القرطوفة
15	الجدول I-3- تصنيف نبات الزبنة كمستخلص 2 للتأكل
50	جدول III-1- المواد المستعملة
53	جدول III-2 - العناصر الفعالة للرثم و الشيح والزبنة
56	الجدول III -3- حزم الإمتصاص في طيف IR لمستخلص 2

82	جدول IV-1 : يوضح العناصر الكيميائية للفولاذ CX52
82	الجدول IV-2 المواد المستعملة في التجارب.
86	الجدول IV-3: القيم المميزة لتآكل معدن الفولاذ الكربوني CX52 في وسط حمض كبريتيك.
62	الجدول IV-5: نتائج المتحصل عليها بالنسبة لتأثير التركيز على مردود التثبيط للمستخلص (Co) لتآكل بطريقة الضياع في الكتلة في وسط حمض الكبريت 20 % على CX52.
62	الجدول IV-7: نتائج المتحصل عليها بالنسبة لتأثير التركيز على مردود التثبيط للمستخلص (Re) لتآكل بطريقة الضياع في الكتلة في وسط حمض الكبريت 20 % على الفولاذ CX52.
88	الجدول IV-8 مقارنة المستخلصات حسب طريقة التغير في الكتلة
67	الجدول V-1-العناصر المتكونة لخلية الإلكتروليتية
71	الجدول V-2: القيم المميزة لمنحنى Tafel المختلف تراكيز المستخلص (Co).
74	الجدول V-3: تراكيز المواد الفعالة في النبات القرطوفة (Co).
76	الجدول V-4:- القيم المميزة لمنحنيات Tafel $\log(i)=f(E)$ للفولاذ X52 المختلف تراكيز المستخلص (Re)
78	الجدول V-5: تراكيز المواد الفعالة في النبات الرثم.
97	الجدول V-6 : مقارنة نتائج المستخلصات (Co) و (Re)
83	الجدول V-7: القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز لمستخلص 2.
70	الجدول V-8: تراكيز المواد الفعالة في المستخلص 2.
89	الجدول V-9: القيم المميزة لمنحنى الممانعة لمختلف التراكيز لمستخلص 2.
96	الجدول V-10- : القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز للمستخلص 2
97	الجدول V-11:- القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز للمستخلص 2
97	الجدول V . 12: القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز للمستخلص 2
98	الجدول V-13: القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز للمستخلص 2.

## قائمة الرموز

الرمز	التسمية
$I_c$	كثافة التيار الكاتودي
$I_a$	كثافة التيار الانودي
$\Delta G$	طاقة التنشيط الحرة
$F$	ثابت فارداي
$E_c$	كمون الانودي
$E_a$	كمون الكاتودي
$E^\circ$	الكمون القياسي
$R$	ثابت الغازات المثالية
$T$	درجة الحرارة
$[OX]$	تركيز المؤكسد
$[Red]$	تركيز المرجع
$V$	سرعة التفاعل
$\Delta G_a^* , \Delta G_c^*$	الطاقتي التنشيط الحرة لكل من التفاعل الإلكتروليتي الكاتودي والآنودي على التوالي
$s$	المحلول
$sol$	إلكتروليت-إلكتروليت
$\Delta G_a^{ch*} , \Delta G_c^{ch*}$	الطاقتي الحرة لكل من التفاعل الكيميائي الكاتودي والانودي على التوالي
$\alpha$	ثابت التحول الشحني
$E_{eq}$	كمون الاتزان
$\eta$	فوق الجهد
$t$	الزمن
$\Delta m$	تغير في الكتلة
$R \%$	المردود

كمون التآكل	$E_{corr}$
المقاومة الاستقطابية	$R_p$
تيار التآكل	$i_{corr}$
معامل Tafel الانودي	$B_a$
معامل Tafel الكاتودي	$B_c$
الوزن المفقود بوجود المثبط	$W_{in}$
الوزن المفقود بوجود المثبط	$W_{un}$
مقاومة الانتقال الشحني في غياب المثبط	$Rt_{corr}$
مقاومة الانتقال الشحني في وجود المثبط.	$Rt_{inh}$
سعة الطبقة المضاعفة	$C_{ed}$
التواتر	$HZ$
الأنطالبية	$(\Delta H)$
الأنتروبي	$(\Delta S)$
درجة الحرارة	$T$
ثابت الامتزاز	$K_{ad}$

مقدمة عامة:

يعتبر هذا البحث محاولة لا يجاد مثبطات جديدة سهلة التحضير والتطبيق ، غير سامة ، ومتوفرة بكثرة ، خاصة في منطقتنا الجنوبية ,التآكل يعد من الظواهر التي عرفت منذ اكتشاف المعادن بحيث اهتم بها العلماء منذ أن ظهر الصدأ على الأسلحة الرومانية عام 1800م, أما الدراسة العلمية فبدأت في القرن التاسع عشر مع اكتشاف التحليل الكهربائي للماء من قبل نيكلسون (NIEHOLSON) وكارليل (CARLVLE), وفي سنة 1830م طور الكيميائي السويسري اوغست (AUGUSTE) النظرية الكهروكيميائية للتآكل و أكملت و طورت من طرف العالمان هارو (T.P.AOAR) وافنس (U.R.EVANS) في نهاية 1920م, ولم يعرف الحجم الصحيح لمدى كلفة التآكل المعدني إلا في الربع الأول من القرن العشرين[1]. من المشاهدات اليومية في الحياة يتجلى لنا أن هناك معادن عضية على التآكل, تسمى المعادن النبيلة, ولسوء الحظ فأثمانها الباهظة تحد من استعمالاتها في مختلف مجالات الحياة بكميات هائلة, بينما المعادن زهيدة الثمن نسبيا و التي نجدها حاضرة في جل المنشآت الصناعية هي مواد قابلة للتآكل[2]. فمن المعروف أن المعادن متوفرة في الطبيعة على شكل مركبات كيميائية مستقرة تسمى خامات, ويتم الحصول على المعادن المطلوب تصنيعها بعد إجراء عملية استخلاص مناسبة لها من خاماتها, و اعتمادا على النظرية التي تقول أن المعادن تحاول العودة إلى أصلها بوصفها مركبات أكثر استقراراً بمجرد أن تتوفر لها ظروف مناسبة كوسط مسبب للتآكل, و هذا بدوره يعد السبب الرئيسي لحدوث التآكل في المعادن[3].

إن فهم عملية التآكل و السيطرة عليها أصبح ضرورة علمية و اقتصادية حيث أن أضراره بليغة إلى درجة يطلق عليها صناعة معاكسة نظراً للخسائر الكبيرة التي تسببها[4], حيث يبلغ مقدار ما يفقده العالم من إجمالي إنتاج المعادن حوالي ( 10% ) الجزء الأكبر منه نتيجة خسائر, و تبلغ التكاليف الناتجة من هذه الخسائر و المبدولة لغرض التخفيف أو التخلص منها ملايين الدنانير سنويا, على سبيل المثال فإن برج إيفل في باريس يتطلب حوالي ten (30-45) من الأصباغ و عدد ساعات عمل يساوي حوالي أربعين ألفا لأعمال الصيانة و الحماية من التآكل[5].

و مما تقدم يتضح أن التآكل هو الطريق الذي تستعيد به الطبيعة ما اغتصبه منها الإنسان من فلزات كذلك يكون من الواضح أنه ليس من العملي محاولة إيقاف التآكل بصفة نهائية, وان دور كل متصد لعملية التآكل يتلخص في محاولة الحد من معدل وقوعه[6].

ففي هذه الدراسة تم استخدام مستخلصات مائية لنباتات طبيعية ونظرا لما يخلفه التآكل من خسائر اقتصادية وبيئية (ملوثات كيميائية) وصحية لهذه الأسباب وغيرها أخذنا هذه المثبطات في حماية المعادن CX52 و CX60 من التآكل في محلول حمضي  $H_2SO_4$  (1M) وحمض (HCl). ولغرض تقييم الأداء التثبيطي لهذا المثبطات فقد أجريت عدة اختبارات تمثلت في قياس معدل التآكل بطريقة فقدان الوزن و استكمال منحنى تافل وطريقة الممانعة ودراسة طبيعة الامتزاز لهذه المثبطات.

يعرف التآكل بأنه تلف المعادن نتيجة تفاعله كيميائياً أو كهربائياً مع الجو أو الوسط المحيط به ومن هنا فان تلف المعادن نتيجة تأثير القوى الميكانيكية الاحتكاك على سبيل المثال لا يسمى بالتآكل [2] التآكل هو عبارة عن تلف المعدن بواسطة تفاعل كيميائي أو إلكترو كيميائي مع الوسط المحيط به. حيث يكون في حالة تلامس مباشر معه سواء أكان الوسط الذي يحيط به هو الهواء الجوي أو محيط كيميائي أخروفي أي درجة حرارة كانت [3].

التآكل يكلف المجتمع تكاليف باهظة وقد يذهب البعض حين يسمع كلمة تكاليف المالية منها فقط والواقع أن التآكل يكلف المجتمع من خلال لأمر ثلاثة هي: أولاً: التآكل يهدر أموالاً طائلة التكلفة الباهظة بسبب الإجراءات الوقائية للحد من التآكل إهدار الطاقة نتيجة تسرب الوقود، الماء والهواء والغازات من الأنابيب المتآكلة ثانياً: يُضِيب أو يقضي على الموارد الطبيعية.

ثالثاً: يؤدي إلى عدم سلامة البشر وفي بعض الأحيان القضاء عليها.

تعاني جميع دول العالم وخاصة المتقدمة منهاو بعد التطور الصناعي من مشكلة التآكل. فالتآكل عند عامة الناس هو صورة الصدأ الناتج عن المنتجات الحديدية وكأن الحديد هو المعدن الذي يستطيع أن يبرز هذه الظاهرة [4]. إلا أن جميع المعادن تعاني من ذلك، حيث السبب الرئيسي في ذلك هو عدم ثبات أو استقرار معدن في حالته النقية وبذلك يعود إلى حالته الأصلية من خلال عملية التآكل [3]. فقد أصبح هذا الأخير مشكلة العصر فهو السبب في خسائر سنوية تقدر بالملايين بل ببلاتين الدولارات سنوياً وخاصة بعد التطور الحاصل في تقنيات إنتاج الطاقة، فلقد ظهرت في السنوات الأخيرة مشاكل التآكل حتى في منتجات الطاقة النووية والمفاعلات النووية [4].

وأهم التقنيات المستعملة بشكل واسع لتقليل أو منع تآكل المعادن هو استعمال المثبطات وهي مركبات كيميائية تعمل بشكل فاعل على اختزال معدل تآكل المعدن الذي يتعرض للمحيط المضافة له وتضاف بتركيز قليلة نسبياً إلى النظام. [5,6,7] في المحاليل المشبعة بالهواء المتعادلة.

لقد أجريت بحوث و دراسات عديدة اعتمدت على دراسة التآكل و تأثيره في المعادن المستخدمة وأنواعه والعوامل المؤثرة في مقاومة التآكل وطرق الحماية منه, ومنها :

- دراسة وتشبيط تآكل معدن الصلب المطاوع في محلول حمض الكبريتيك [IM] المحتوي على 10% كحول إيثيلي باستخدام المستخلص المائي والمستخلص الكحولي لنبات السدر بالطرق الكيميائية (تساعد الهيدروجين والفقد في الوزن) والطرق الكهروكيميائية . وجد أن معدل تآكل الصلب المطاوع يزداد بزيادة تركيز الحمض [0.25- 1.5 M] وهو تفاعل من الرتبة الأولى بدون تغيير ميكانيكية التفاعل، وأوضحت النتائج أنه بزيادة تركيز المستخلص المائي و/ أو المستخلص الكحولي لنبات السدر يقل معدل تآكل عينة الصلب المطاوع مما يدل على تشبيط عملية التآكل. أوضحت نتائج الطرق الكهروكيميائية أن تآكل وتشبيط تآكل عينة الصلب المطاوع يتم عن طريق انتقال الشحنة. كما

دلت نتائج الاستقطاب أن مستخلصات نبات السدر تحت الدراسة تعمل كمثبطات خليطه، حيث تؤخر كل من التفاعلين المصعدي والمهبطي. وكانت النتائج من الطرق الكيميائية والطرق الكهروكيميائية تتبع أيزوثرم لانجمير للإدمصاص. حسبت قيم ثابت الاتزان والطاقة الحرة القياسية للإدمصاص. [8]

وأيضاً هناك دراسة ثانية في هذا المجال

استخدمت الطريقة الوزنية لدراسة تأثير درجة الحرارة على تثبيط تآكل الصلب المطاوع في محاليل 2M لكل الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك باستخدام المستخلص المائي لأوراق الحلبة. أفادت النتائج انه في محاليل حمض الهيدروكلوريك تزداد فعالية تركيز التثبيط المستخلص بينما يلاحظ زيادة أو نقص في فعالية التثبيط بزيادة درجة الحرارة معتمداً على مدى التركيز المطبق. أما في محاليل حمض البرتالالكبريتيك ففعالية التثبيط تزداد بانتظام بزيادة كل من تركيز ودرجة حرارة المستخلص كل فإن المثبط يكون ذو فعالية أفضل في محاليل حمض الهيدروكلوريك الهيدروكلوريك مقارنة بحمض الكبريتيك ومن المفارقة فإن امتزاز مكونات مستخلص الدراسة على سطح في محاليل حمض الهيدروكلوريك تخضع لنموذج امتزاز لانجمير بينما في محاليل حمض الكبريتيك تخضع لنموذج امتزاز تمكين. وفقاً لنتائج الدراسة الثرمو ديناميكية وجد أن (أ) امتزاز شامل (فيزيائي-كيميائي) لمكونات المستخلص على سطح الصلب في محلول ييل حمض لهيدروكليك، (ب) امتزاز كيميائي لمكونات المستخلص على سطح الصلب في محاليل حمض الكبريتيك. بينت الدراسة ربط جيد بين سلوك المثبط في الأوساط المختلفة وبين مكوناته. [9]

ولقد تم تقسيم الدراسة في هذه الرسالة إلى قسمين القسم الأول لثلاثة فصول :

حيث تطرقنا في الفصل الأول الدراسة نظرية للنباتات الصحراوية من حيث الوصف والبيئة الجغرافية والتصنيف العلمي والاستعمالات الشائعة.

كما تم في الفصل الثاني التطرق إلى الدراسة النظرية حول التآكل من تعريفه وتصنيفه وأنواعه وطرق الحماية منه باستعمال المثبطات وأنواعها .

والقسم الثاني إلى فصلين كما تم التطرق في الفصل الثالث لدراسة المسح الفيتو كيميائي لبعض النباتات. لاحتوائها

على مجموعات فعالة و المسولة على القدرة التثبيطية للتآكل ودراسة المكونات الكيميائية للمستخلصات

تطرقنا في الفصل الرابع إلى دراسة عملية تمثلت في أخذ عينات من الفولاذ الكربوني CX52 و CX60 كنموذج للدراسة

وقمنا بإجراء الدراسة الحركية في عملية التآكل للتعرف على زمن الغمز (زمن الاتزان)

تليها قمنا بدراسة الفعالية التثبيطية بطريقة فقدان الوزن والتي تحصلنا على مردود جيد للتثبيط

وذلك في وسط حمضي على الفولاذ الكربوني عينات منه X C52 و XC60.

أما في الفصل الخامس تمت دراسة الفعالية التثبيطية للتآكل بالطريقة الكهروكيميائية باستعمال جهاز galvano stat

-potentionstat من نوع PG201 .

فكانت النتائج متقاربة في حساب مردود التثبيط كما وضحت ذلك في منحنيات تافال حيث تطرقنا في الفصل الأول الدراسة نظرية للنباتات الصحراوية من حيث الوص ف والبيئ الجغرافية والتصنيف العلمي والاستعمالات الشائعة.

كما تم في الفصل الثاني التطرق إلى الدراسة النظرية حول التآكل من تعريفه وتصنيفه وأنواعه وطرق الحماية منه باستعمال المثبطات وأنواعها .

والقسم الثاني إلى فصلين كما تم التطرق في الفصل الثالث لدراسة المسح الفيتو كيميائي لبعض النباتات. لاحتوائها على مجموعات فعالة و المسؤولة على القدرة التثبيطية للتآكل ودراسة المكونات الكيميائية للمستخلصات.

تطرقنا في الفصل الرابع إلى دراسة عملية تمثلت في اخذ عينات من الفولاذ الكربوني CX52 و CX60 كنموذج للدراسة وقمنا بإجراء الدراسة الحركية في عملية التآكل للتعرف على زمن الغمس (زمن الاتزان) تليها قمنا بدراسة الفعالية التثبيطية بطريقة فقدان الوزن والتي تحصلنا على مردود جيد للتثبيط وذلك في وسط حمضي على الفولاذ الكربوني عينات منه CX52 و CX60 .

أما في الفصل الخامس تمت دراسة الفعالية التثبيطية للتآكل بالطريقة الكهروكيميائية باستعمال جهاز galvano stat –potentionstat من نوع PG201.

فكانت النتائج متقاربة في حساب مردود التثبيط كما وضحت ذلك في منحنيات تافال ، تم درسنا تأثير درجة الحرارة على تثبيط التآكل كما تمت دراسة طبيعة الامتزاز المثبط للمستخلص 2 على سطح CX52 و CX60. وأيضا دراسة تأثير NaCL على تثبيط التآكل وأيضا تمت فيه دراسة الفعالية التثبيطية بطريقة الممانعة التي تحصلنا أيضا من خلالها على نتائج مقاربة .

ثم درسنا وديناميكية وقمنا بحساب الطاقة الحرة والأنتالبية والأنتروبي.

تقريبا فان تآكل CX52 و CX60 عموما يمكن أن يثبط بواسطة الايونات التي تثبط تآكل الحديد (مثل الكرومات، بنزوات، فوسفات واستات).

التثبيط يحدث كذلك في المحاليل الحاوية على ايونات كبريتات أو نترات، الايونات التي تكون عدائية تجاه الحديد فهي كذلك بالنسبة للألمنيوم والتي تتضمن الهاليدات لتي تسبب تآكل تقري والايونات تكون ذائبة في معقد مع CX52 و CX60 مثل والتي تسبب تآكل عام [10].

وبسبب الكلفة العالية لبعض المركبات المستعملة كمثبطات أصبح من الضروري إيجاد وتطوير مواد جديدة للاستخدام كمثبطات تكون غير سامة و اقل كلفة والمنتجات الطبيعية يمكن أن تعتبر مصدر جيد



# الفصل الثاني

التآكل والمشبطات

## II-1- عموميات حول التآكل

يعد التآكل ظاهرة طبيعية خطيرة تمس معظم المعادن و تبرز خاصة بمرور الزمن وبذلك أصبح التآكل مشكلة العصر و آفته ، ففي هذا الفصل سنحاول إعطاء بعض المعلومات حول التآكل خاصة في الوسط المائي، لما لهذه الأوساط من خطورة على المعادن. خاصة الحامضية منها.

### II-1-1- تعريف التآكل

عرف التآكل بأنه عملية إتلاف للمعدن الذي يحدث بسبب تفاعل كيميائي أو إلكتروكيميائي وهذا في وسط غازي أو مائي [ 1 ]. يمكن القول أيضا أن التآكل هو تفاعل غير عكوس للسطح الفاصل بين المعدن والوسط المحيط به [2] .

ويمكن أن يعرف أيضا

- أعطي للتآكل عدة مفاهيم، تعلق بنوعية المادة وطبيعتها الفيزيائية والكيميائية منها [1] .
- تدمير المعدن عن طريق التفاعل الكيميائي أو الالكتروكيميائي.
- تلف المعدن تحت تأثير حث أو فعل ميكانيكي.
- بقايا المواد (عموما المعادن) بسبب التفاعل مع المحيط [2].
- فقدان المادة خصائصه الفيزيائية و الكيميائية الناتجة عن تفاعله الكيميائي وله عدة مظاهر منها [2].

☞ تحول الفولاذ إلى صدأ .

☞ ظاهر الأكسدة بوجود النحاس.

☞ تقكك البلاستيك (PVC) بوجود أشعة فوق بنفسجية .

☞ تأثير الحمض على الأنابيب بلاستيكية.

☞ مرور تيار غازي ساخن على سطح سبيكة.

☞ شبه تشقق بوجود الأمونياك [2] .

و عليه يمكن القول بأن التآكل هو تفاعل سطحي كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط. يفقد هذه

المادة - عموما المعادن - خواصه الفيزيائية أو الكيميائية.

## II-1-2- التقسيم العام للتآكل

يقسم التآكل حسب الوسط الذي يحيط به سواء أكان رطب أو جاف ، تآكل مباشر أو غير مباشر حسب الحالة الفيزيائية للوسط الأكال غازي أو سائل، موقع التآكل (متجانسا وموضعي) [1] .

### II-1-2-1- التآكل الجاف و الرطب

#### II-1-2-1-1- التآكل الرطب

يكون في وسط سائل ودرجة الحرارة عادية ، مثال تفكك الفولاذ في وجود الماء [1] .

#### II-1-2-1-2- التآكل الجاف

فهو تآكل في عدم وجود الرطوبة (مادة سائلة) ، فالتآكل الجاف يكون في درجات حرارة مرتفعة كتآكل الفولاذ تحت تأثير تيار من الغاز المضغو [1] .

### II-2-1- التآكل المباشر و غير المباشر

#### II-1-2-2-1- التآكل المباشر

هو التآكل الناجم عن تفاعل المعدن مع أحد العناصر غير المعدنية مثل بخار الماء، الأكسجين، الكلور في حالة التآكل الجاف [1] مثال :

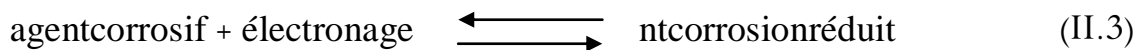
( 1.II)



*acier Oxygène Oxydeferraux*

### II-1-2-2-2- التآكل الإلكتروكيميائي

هذا النوع من التآكل يتبع الطريقة الإلكتروكيميائي ة حيث يتفاعل وفق معادلتين، يتم فيهما التبادل الالكتروني وفق المعادلتين التاليتين [2] .



### II-1-3- أشكال التآكل

لقد أعطى العلماء عدة أقسام وأشكال للتآكل وذكرت في معظم الكتب التي تدرس هذه الظاهرة وذلك حسب المصدر ف:

Fatana و Greene إلى إحدى عشر شكلا أما Brucetraig إلى ثلاث أقسام وإلى ثلاثة عشر شكلا من طرف:

(ASM) L'amerion society for metals والى إثتان وعشرون شكلا وخمسة مجموعات

مختلف وفي هذه التقسيمات الأخيرة تم إعطاء الأشكال في الحالة الغازية وفي حالة درجات الحرارة المرتفعة و اعتمد في ذلك لعدة عوامل منها [2].

- المكونات الكيميائية و البنية المجهرية. المكونات الكيميائية للمحيط.
- العوامل الفيزيائية (درجة الحرارة، المحيط،.....).
- الحالة الميكانيكية للمعدن ( وجود تصدع،.....).
- العوامل البيولوجية.

ويمكن إعطاء أهم أشكال التآكل وهي [1] :

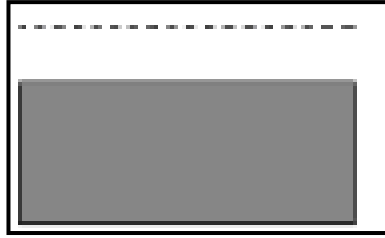
- التآكل المتجانس أو التآكل المعمم.
  - التآكل الغلفاني أو التآكل بين معدنين.
  - التآكل الموضعي.
  - التآكل باختلاف التركيز.
  - التآكل ألحثي التآكل بين الحبيبات. والإزالة المختارة. والتآكل التشققي.
- وهذه الأشكال يمكن تقسمها إلى ثلاثة مجموعات كما يلي [2]

### II-1-3-1- المجموعة الأولى

تحتوي كل أنواع التآكل الذي يمتاز بالانتشار على مستوى السطح كليا و منها.

### II-1-3-1- التآكل المتجانس أو التآكل المعمم

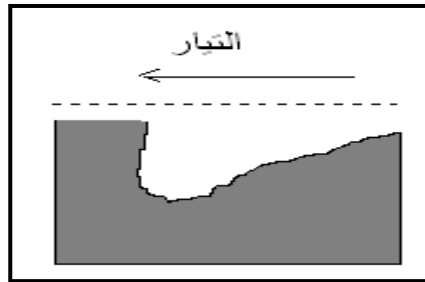
هو الشكل الأكثر انتشار وينتج عادة من تفاعل إلكتروكيميائي أو الكيمياء حيث يكون متجانس على السطح [2] كما في الشكل.1.I.



الشكل -II-1: رسم تخطيطي لتآكل المعمم

### II-1-3-1-2- التآكل الغلفاني أو التآكل بين معدنين

عند وجود معدنين مختلفين و وجود محيط ناقل فاختلف جهد المعدنين يعطي تدفق تيار ، التآكل عموما يكون على المعدن الأقل مقاومة [1] كما في الشكل. II-2 و II-3 و II-4. و II-5 .



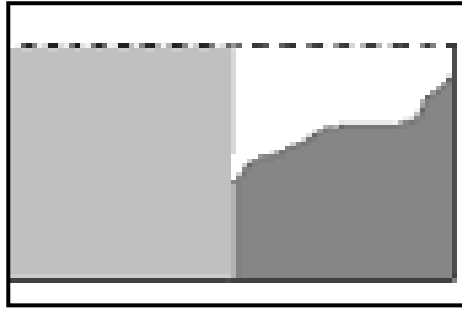
الشكل -II-2: رسم تخطيطي لتآكل الغلفاني.

يحدث التآكل الغلفاني في أماكن غير متوقعة ، كما يمكن أن ينعكس الفعل الغلفاني عند وجود أوساط تغيرات مختلفة، فعند وصل الفولاذ و الزنك يتآكل الزنك لكن الفولاذ يبقى محميا أما عند ارتفاع درجة الحرارة ( $82C^0$ ) يتآكل الفولاذ بدل الزنك.



الشكل-II-3 : تآكل غلفاني لأنبوب من فولاذ

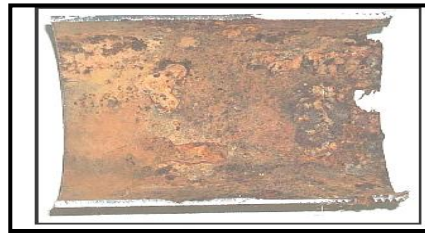
ممکن أن يكون التآكل الغلفاني مفيدا وله تطبيقات مرغوب فيها ، فالخلايا الجافة و البطاريات تعطي قدرتها بالفعل الغلفاني ، و أيضا الحماية الكاثودية تعتبر تطبيقا مفيدا لهذا التآكل [7].



الشكل II-4: تآكل غلفاني لألمونيوم بالبرونز

#### II-1-3-1-3- تآكل اختلاف التراكيز أو البييلة

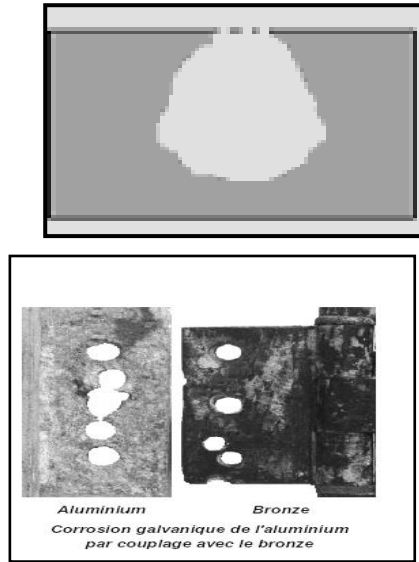
وهو ناتج عن بييلة أنود -كاثود حيث تتكون على سطح المعدن في منطقتين مختلفتين ،كما يمكن أن تشكل البييلة بين المعدنين وهو حالة التآكل بين معدنين أو غلفاني [1].



الشكل II--5 : تآكل غلفاني لبرونز

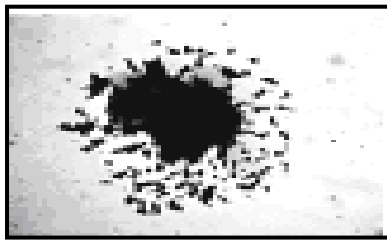
#### II-1-3-1-4-التآكل الموضعي

ويتضمن كل أنواع التآكل التي لا تمتاز بانتشارها على كافة السطح وأشهر هذه الأنواع التآكل بالنقر هو ناتج عن بعض المواد لا سيما الكلور حيث يمتز على سطح الطبقة الرقيقة المتكون من أكسيد الحديد إذ يلعب دور إلكترو محفز فتشكل ثقب أو ما يعرف كذلك بالكهوف ، حيث أقطارها من رتبة مكرو [2] .



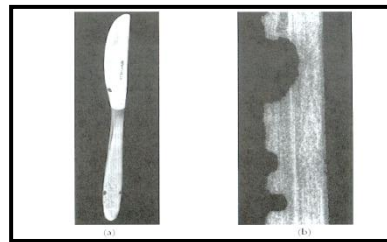
الشكل II-6: رسم تخطيطي التآكل النقر

وهذا النوع من التآكل من الصعب التعرف عليه في المخبر لأنه لا يظهر إلا بعد مرور زمن طويل تعد بالسنوات والأشهر، إلا أنها الأكثر انتشارا في المناطق الصناعية [1]، أنظر في الشكل II-6.



الشكل II-7: صورة لتآكل بالنقر لفولاذ

II-8.



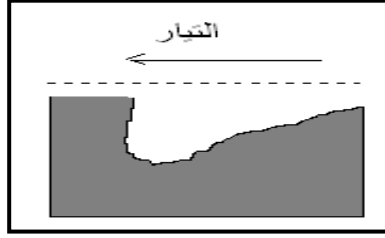
الشكل II-8: تآكل بالنقر لسكينة

و II-7-و-

### II.2.3.1. المجموعة الثانية

#### II.2.3.1.1. التآكل الحثي

يعرف التآكل الحثي أو بالتعرية بأنه زيادة معدل التآكل أو التحلل نتيجة حركة النسبية بين الوسط التآكل و سطح المعدن، حيث تترك أخاديد أو حفر أو تموجات أو ثقوب دائرية [10] كما الشكل II-9. و الشكل II.10. و هو نوعان :



الشكل II-9: رسم تخطيطي لتآكل الحثي

### أ-التآكل التجويفي

التآكل التجويفي هو ظاهرة تكون الحفر والتجاويف في المعادن بتأثير سائل سريع الحركة على سطح المعدن [10].



الشكل II-10: صورة لأنبوب متآكلة

### ب-التآكل بالحك أو التماس

التآكل الذي يحدث على المساحات المتماسية بين المواد المحملة بالأحمال المعرضة للاهتزاز و الانزلاق. و يظهر ذلك على شكل نقر أو حفر في المعدن محاطة بنواتج التآكل ويلاحظ هذا النوع من التآكل في الماكينات وأجزاء المحركات [10] أنظر الشكل II-11.



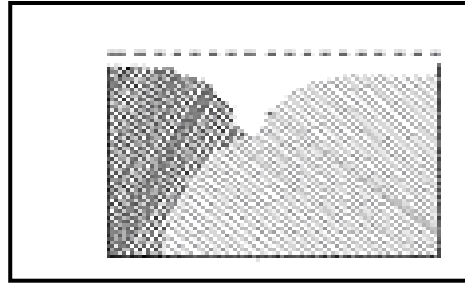


الشكل II-11: صورة لمحرك متآكل بمرور الزمن.

### II-2-1-3-2-2- التآكل الحبيبي ( التآكل بين الحبيبات )

تحت ظروف معينة، تكون حدود الحبيبات أكثر فاعلية و عرضة للتآكل مما يؤدي إلى حدوث ما يسمى بالتآكل بين الحبيبات وهو هجوم موضعي أو محلي في ويقرب من الحدود و هو ينتج عن:

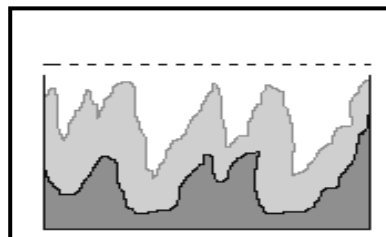
- وجود شوائب عند الحدود الحبيبية .
- ارتفاع أو انخفاض نسبة أحد العناصر السبكية في مناطق معينة من حدود الحبيبات.
- عزل الذرات المذابة عند الحدود الحبيبية، فالفولاذ المقام لصدا من النوع (8Ni،18Cr) ، عرضت بشكل كبير للتآكل بين الحبيبات خاصة عند درجات الحرارة  $505C^0 - 785C^0$  حيث يترسب كبريد الكروم كما يحدث في التراكمي الملحومة، تلف اللحام [10].



الشكل II-12: رسم تخطيطي لتآكل بين الحبيبات

### II-2.3-1-3- التآكل بالإزالة المختارة

هي عملية إزالة أحد العناصر من السبيكة الجامدة بعمليات التآكل والحالة الأكثر شيوعا هي إزالة الزنك من النحاس الأصفر حيث يزال الزنك من السبيكة تاركا " خلفه النحاس نقياً" تقريبا" ، على الرغم من أن سبيكة زنك -نحاس من أكثر السبائك مقاومة للتآكل [10،1]



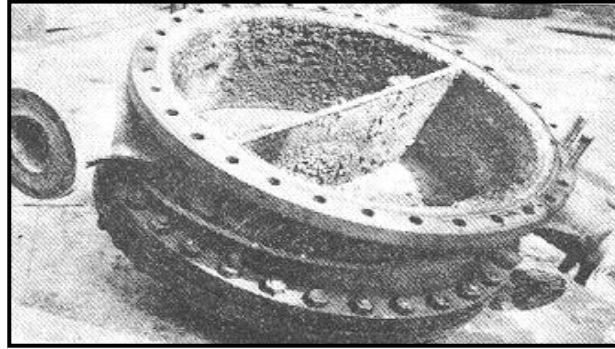
الشكل -II-13: رسم تخطيطي التآكل بالإزالة المختارة

### II-3-3-1- المجموعة الثالثة

II-3-3-1- التآكل التشققي: وهو التآكل الناتج عن فعل ميكانيكي وتفاعل إلكترو كيميائي و هو ثلاثة أشكال:

#### أ - التآكل الصدعي

يحدث بشكل خاص في القطب السالب على سطح المعدن بوجود الكلور مثلاً [10].



الشكل -II-14 : صورة لفولاذ متأكل بوجود كبريتيد الهيدروجين

#### ب - التآكل بفعل كبريتيد الهيدروجين ( الخيطي )

وهو يحدث بشكل خاص في القطب الموجب على سطح المعدن بوجود كبريتيد

الهيدروجين [10] الشكل. II-15.

#### ج- تآكل اللحام

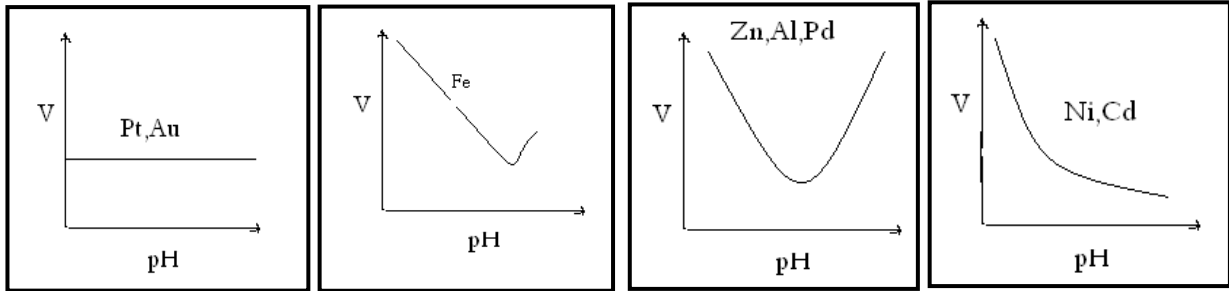
و يلاحظ هذا النوع من التآكل حول وصلات اللحام التراكمي [10].

### II-1-4- العوامل المؤثرة على التآكل

هنالك عدة عوامل تؤثر على التآكل ويمكن تقسيمها إلى

1- عوامل متعلقة بوسط التآكل

- **الوسط المائي:** وجود الماء في تماس مع المعدن ( في حالة التآكل في وسط مائي).
- **pH الوسط :** لحمضية الوسط تأثير كبير وذلك حسب طبيعة المعدن إذ لوحظ أنه في حالة المعادن النبيلة مثل الذهب و البلاتين سرعة التآكل تكون ثابتة بتغير pH، فأكسيد الالومنيوم يذوب في الوسط الحمضي كما يذوب في الأوساط القاعدية الشكل. 16.II، أما سبيكة النيكل و كاديوم لها مقاوم جيدة في الأوساط القاعدية أما الحديد والمغنيزيو م [11] فقد أعطت بعض الدراسات لفولاذ صلب CX52 عند pH=5 سرعة قدرها  $1.56 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$ ، أما في وسط pH = 9 سرعة قدرها  $0.702 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$  أي أن سرعة التآكل في الوسط الحامضي تقدر ضعف في الوسط القاعدي أو ما يفوق [12] .



الشكل-15-II: منحنى تغيرات سرعة التآكل بدلالة pH الوسط لبعض المعادن بوجود أصناف مرجعة منحلّة في الماء والتي من أجلها كمون الاتزان لتفاعلات الإرجاع أكبر من كمون الاتزان لتفاعلات الأكسدة للمعدن وهذه الأصناف المرجعة يمكن أن تكون [11].

\*بروتون: وبذلك نحصل على تآكل في وسط حامضي.

\*الأكسجين المنحل: وفي هذه الحالة يسمى التآكل بالأكسجين.

\*بوجود بعض شوارد خاصة كالكلور : وجود هذه العناصر تزيد من سرعة التخریب ، ويمكن لبعض العوامل الفيزيائية أن تؤدي إلى التآكل بالنقر؛ كدرجة الحرارة والضغط الذي يؤثر بصورة واضحة على التراكيز الأصناف الأكلة في الوسط.

• **هيدروديناميكية المائع:** جريان المائع يؤدي إلى زيادة بالغة في نسبة التآكل [11].

• **وجود البكتيريا:** في الوسط مثل BSR بصحبة بعض المركبات الكيميائية يظهر نوع آخر من التآكل وهو التآكل البكتيري .

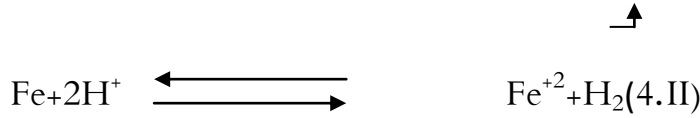
2- **طبيعة المعدن:** تعتمد أساسا على مكونات السبيكة، ومعالجتها حراريا أو الميكانيكية [11].

3- **شروط العمل:** حالة السطح، معدل التثبيط، وجود لحم [11].

- 4- تأثير الزمن: مدة التأثير الضغط ودرجة الحرارة.....[11] .  
 5- تأثير درجة الحرارة: وعموما كلما زادت درجة الحرارة يزداد التآكل [11].

### II-1-5- التآكل كظاهرة إلكترو كيميائية

تعزى صيرورة التآكل في أغلب الأحيان إلى طبيعة إلكترو كيميائية و التي يمكن دراسة آلية و معرفة الأسباب الجوهرية لحدوثها ، و من ثم يعمل على كبحها أو حتى إيقافها و تقادي الأخطار الناجمة عنها، فعند غمس قطعة معدن (الحديد مثلا ) في وسط حمضي ، حيث في هذه الحالة الأوكسجين لا يذوب في هذا الوسط ، يتفاعل المعدن مع أيون الهيدروجين  $H^+$  وفق المعادلة التالية [11]



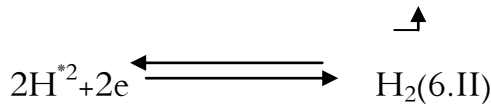
، ليكسبها  $Fe^{+2}$  حيث تنتقل ذرة الحديد إلى المحلول بعد فقدان إلكترونين و تشكل أيون البروتون فينطلق غاز الهيدروجين وفق المعادلتين النصفيتين التاليتين :

وهو الجزء الانودي، أما الجزء الكاتودي فهو حسب



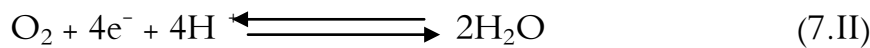
كما يلي : pH الـ

pH < 7 لا هوائي :



و هذا التفاعل جد سريع مما يؤدي إلى زيادة سرعة التآكل مع نقصان PH.

pH < 7 مشبع بالأوكسجين:



pH = 7 حيث الوسط متعادل أو قاعدي :



إن من التفاعل (8.II.) الكاتودي ينتج التيار كاتودي، أما الأنودي فيعطي التيار الأنودي و ذلك في غياب تيار خارجي طبعاً، هذان التيارين متساويين في القيمة، وعليه يمكن كتابة المعادلة التالية:

$$I_a + I_c = 0 \quad (9.\text{II.})$$

- و القيمة المطلقة لكل من  $I_a$  و  $I_c$  هي تيار التآكل.

## II-2 - التآكل في وسط مائي

يلعب التآكل في الأوساط المائية دوراً هاماً في المنشآت، أنابيب مياه الشرب معدات تسخين الماء، فالتآكل بالماء هو نوع من أنواع التآكل الإلكتروليتي.

## II-3 - الدراسة الترموديناميكية للتآكل

تآكل المعادن في الأوساط المائية هي ظاهرة الكيمياء الكهربية بطبيعتها (أي  $A^{+n}$  يعطي  $A^{+n}$ ) ، حتى يتم هذا التفاعل من الناحية الترموديناميكية، يجب أن يكون  $\Delta G$  أقل من الصفر للنظام وفق العلاقة

$$\Delta G = -nRF \quad (10.\text{II.})$$

حيث  $n$  عدد الإلكترونات المتبادلة و  $F$  هو ثابت فارداي، أما  $E$  هو التغير بين جهد الاتزان للمركبين  $A$  و  $A^{+n}$ .

II-4 - شرط التآكل : حتى يحدث التآكل لأي معدن يجب وجود عامل مؤكسد، وأن يكون جهد التوازن

لتفاعل الكاتودي  $E_c$  (  $E_A$  ) أكبر من جهد التفاعل الأنودي  $E_a$  .

## II-5 - كمون الاتزان - علاقة Nernst

يعرف كمون الاتزان الترموديناميكي بالكمون الناتج عن غمس معدن  $A$  في محلول يحوى أيونات

هذا المعدن  $A^{+n}$  و يعطى هذا الكمون حسب علاقة Nernst كما يلي [11]:

$$E = E^\circ + (RT/nF) \ln \left[ \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} \right] \quad (11.\text{II.})$$

$E^\circ$ : الكمون النظامي،  $T$ : درجة الحرارة المطلقة،  $R$ : ثابت الغازات المثالية.

$F$ : ثابت فارادي (96500) كولون،  $n$ : عدد الإلكترونات المتبادلة .

[Red]، [OX]: تركيز المؤكسد و المرجع على التوالي  $[A^{+n}]$ . [OX].  
 من أهم العوامل التي تؤثر على الكمون الترموديناميكي pH الوسط، ومنحنى POURBAIX الذي يمثل منحنى النتائج .

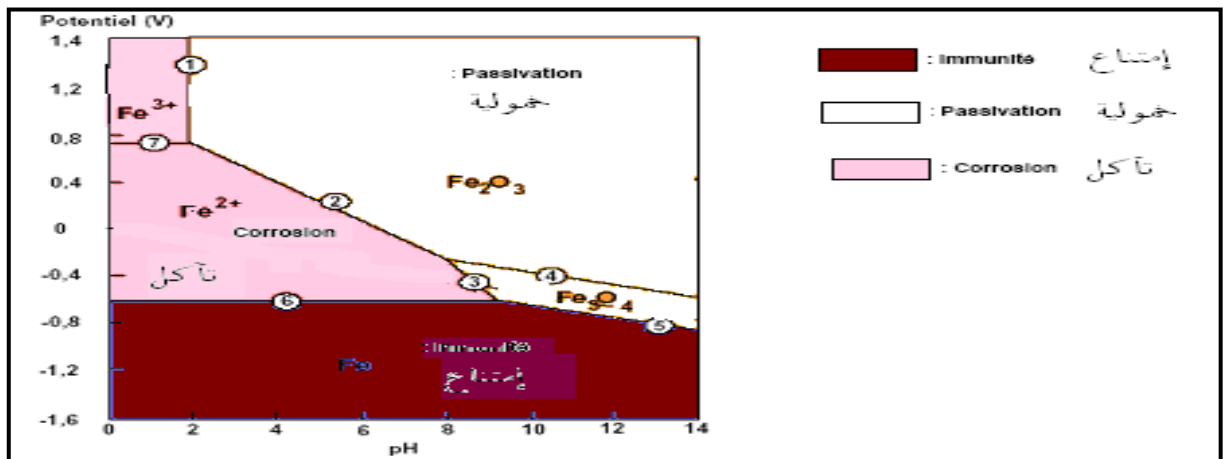
## II-6- POURBAIX منحنى

أعطى منحنى POURBAIX الحالات التي يمر بها المعدن في الطبيعة من الجانب الترموديناميكي و ذلك بتطبيق علاقة Nernst، بتغير pH الوسط كما في الشكل II-17، من خلال الشكل السابق نلاحظ ثلاثة مناطق وهي :

\*منطقة التآكل: و هي المنطقة التي يتفكك فيها المعدن ويتشكل مركبات قابلة للذوبان في المحلول الإلكتروليتي وتكون عند الحديد ابتداء من الكمون  $E = -0.44V$  [10، 13].

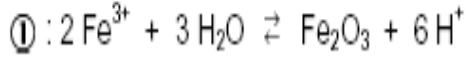
\*منطقة الخمولية: وهي منطقة التي يتشكل فيها طبقة واقية من الأكسيد ( $Fe_3O_4$ ) بوجود الأوكسجين وذلك بتركيز عالية وبذلك تحد من تآكل المعدن [9، 12].

\*منطقة الامتناع: و هي منطقة يكون فيها المعدن غير قابل لتآكل ، وذلك لوجود طبقة واقية غير قابلة لأي تحول كيميائي مع الوسط، حيث تكون في هذه الحالة حماية كاتودية للمعدن [12].

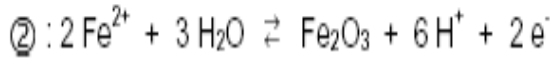


الشكل II-16: منحنى POURBAIX لحديد في وسط ماء، عند درجة الحرارة  $25C^0$ .

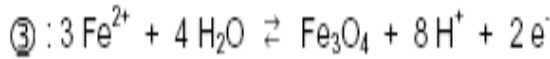
من خلال المنحنى نلاحظ تشكل مركبين صلبين جديدين و هما  $Fe_2O_3$  و  $Fe_3O_4$  ، المركبين



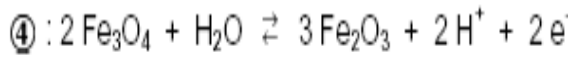
$$\log [Fe^{3+}] = -0,72 - 3 \text{ pH soit, avec } [Fe^{3+}] = 10^{-6} : \quad \text{pH} = 1,76$$



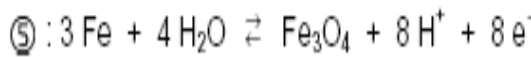
$$E (V) = 0,728 - 0,1773 \text{ pH} - 0,059 \log [Fe^{2+}], \text{ soit : } \quad E (V) = 1,082 - 0,1773 \text{ pH}$$



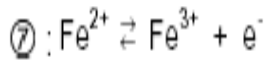
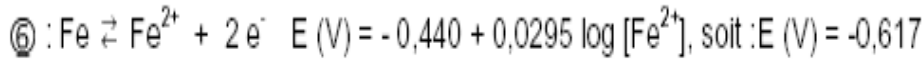
$$E (V) = 0,980 - 0,2364 \text{ pH} - 0,0886 \log [Fe^{2+}], \text{ soit : } \quad E (V) = 1,512 - 0,2364 \text{ pH}$$



$$E (V) = 0,221 - 0,059 \text{ pH}$$



$$E (V) = 0,085 - 0,059 \text{ pH}$$



$$E_0 (V) = -0,771$$

النتائج من الإتنزات التالية :

## II-7- الدراسة الحركية للتآكل

الهدف من الدراسة الحركية الإلكتروليتية هو دراسة سرعة التآكل  $V_{\text{corr}}$  ، إذ هي كثافة التيار i

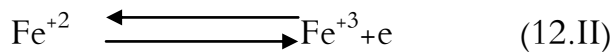
بدلالة المعاملات المتبقية، ومن أهم هذه العوامل كمون الالكترود و الذي يساوي كمون الاتزان

الترموديناميكي أي  $\Delta G$  على سطح المعدن تكون معدومة [10].

### 1- معادلة Butler -Volmer

من خلال التفاعل الإلكتروليتي الذي يسمح بانتقال إلكتروني إلكترود -المحلول ، و نحسب

سرعة التفاعل التالي [2] :



وبتطبيق قانون فلوداي، كثافة التيار  $i$  تكون تتناسب طرديا مع سرعة التفاعل  $V(\text{mol/m}^{-2}\text{s}^{-1})$  وهي الفرق بين سرعة التفاعل الأنودي  $V_a$  و الكاتودي  $V_c$  وفرض أن التبادل الإلكتروني هو  $n=1$  كحالة الحديد نجد:

$$i = FV = F(V_a - V_c) \quad (13.II)$$

$F$ : ثابت فارادي ( 96500 ) كولون .

$V$ : سرعة التفاعل .

السرعة الكاتودية و الأنودية تتناسب طرديا مع تركيز  $\text{Fe}^{+2}$  و  $\text{Fe}^{+3}$  على سطح الالكترود-

الالكتروليت، وبتطبيق علاقة Arrhenius.

السرعة الكاتودية و الأنودية تتناسب طرديا مع تركيز  $\text{Fe}^{+2}$  و  $\text{Fe}^{+3}$  على سطح الالكترود -الكتروليت ، وبتطبيق علاقة Arrhenius.

$$V_a = K'_a C_{\text{Fe}^{+2},S} \exp\left(-\frac{\Delta G_a^*}{RT}\right) \quad (I.14)$$

$$V_c = K'_c C_{\text{Fe}^{+3},S} \exp\left(-\frac{\Delta G_c^*}{RT}\right) \quad (I.15)$$

حيث  $K'_a$  و  $K'_c$  هما ثابتا السرعة للتفاعل الكاتودي و الأنودي على التوالي،  $C_{\text{Fe}^{+2}}$ ،  $C_{\text{Fe}^{+3}}$  التراكيز الموافقة لأيونين  $\text{Fe}^{+2}$  و  $\text{Fe}^{+3}$  على التوالي لسطح الالكترود -الكتروليت،  $\Delta G_a^*$ ،  $\Delta G_c^*$  و هي الطاقتي التنشيط الحرة لكل من التفاعل الإلكتروليتي الكاتودي و الأنودي على التوالي و نرسم  $s$  ، sol إلى تركيز الأصناف في الطبقة إلكترود -الكتروليت و تركيز الأصناف في المحلول على التوالي . تعطى علاقة بين الطاقة الحرة الإلكتروليتية و الكيميائية مايلي :

$$\Delta G_a^* = \Delta G_{a.ch}^* - \alpha F \Delta \Phi \quad (I.16)$$

$$\Delta G_c^* = \Delta G_{c.ch}^* - (1 - \alpha) F \Delta \Phi \quad (I.17)$$



$\Delta G_{a.ch}^*$  و  $\Delta G_{c.ch}^*$  هي الطاقتي الحرة لكل من التفاعل الكيميائي الكاتودي والانودي على التوالي،  $\alpha$  التحول الشحني و يكون  $0 < \alpha < 1$  وتأخذ  $0.5\alpha =$  من أجل الحصول على معادلة Butler – Volmer يمكن إعطاء الثابتين التاليين :

$$K_a'' = K_a' \exp\left(-\frac{\Delta G_{a.ch}^*}{RT}\right) \quad (I.18) \quad K_c'' = K_c' \exp\left(-\frac{\Delta G_{c.ch}^*}{RT}\right) \quad (I.19)$$

وعلية يمكن كتابة السرعة كمايلي:

$$V = K_a'' C_{Fe^{+2}.S} \exp\left(\frac{\alpha F}{RT} \Delta\Phi\right) - K_c'' C_{Fe^{+3}.S} \exp\left(\frac{-(1-\alpha)F}{RT} \Delta\Phi\right) \quad (I.20)$$

عند قياس كمون الإلكترود E العمل بالنسبة للإلكترود المرجع نجد :

$$E = \Delta\Phi + \text{constane} \quad (I.21)$$

$$V = K_a C_{Fe^{+2}.S} \exp\left(\frac{\alpha F}{RT} E\right) - K_c C_{Fe^{+3}.S} \exp\left(\frac{-(1-\alpha)F}{RT} E\right) \quad (I.22)$$

$$(I.23) \quad i = i_a + i_c = FK_a C_{Fe^{+2}.S} \exp\left(\frac{\alpha F}{RT} E\right) - FK_c C_{Fe^{+3}.S} \exp\left(\frac{-(1-\alpha)F}{RT} E\right)$$

عند الاتزان تتعدم سرعة التفاعل مما يجعل الكمون E مساويا لكمون الاتزان  $E_{eq}$  أي:

$$E = E_{eq} \quad (I.24)$$

$$i = i_c + i_a = 0 \quad (I.25)$$

$$i = i_0 \left( \frac{C_{Fe^{+2}}}{C_{Fe^{+2}.Sol}} \exp\left(\frac{\alpha F}{RT} E - E_{eq}\right) - \frac{C_{Fe^{+3}.S}}{C_{Fe^{+3}.Sol}} \exp\left(\frac{-(1-\alpha)F}{RT} E - E_{eq}\right) \right) \quad (I.26)$$

باعتبار تغير تركيز الأصناف في المحلول معدوم وفق :

$$C_{Fe^{+3}.S} = C_{Fe^{+3}.Sol} \quad (I.27)$$

$$C_{Fe^{+2}.S} = C_{Fe^{+2}.Sol} \quad (I.28)$$

يمكن كتابة المعادلة التالية :

$$i = i_0 \left( \exp\left(\frac{\alpha F}{RT} E - E_{eq}\right) - \exp\left(-\frac{(1-\alpha)F}{RT} E - E_{eq}\right) \right) \quad (1.29)$$

المعادلة (I.29) هي معادلة Butler-Volmer

### 2- الإستقطابية

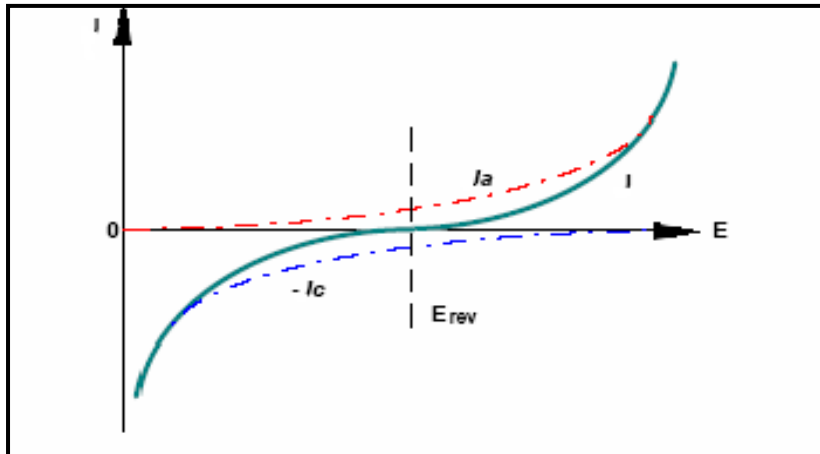
تعرف الإستقطابية على أنها التغير بين كمون الالكترود في حالة تواجد التيار والكمون في غياب التيار و تعطي بالعلاقة التالية [12] .

$$\pi = E - E_{i=0} \quad (30.II)$$

و يعرف فوق الجهد  $\eta$  على أنه.

$$\eta = E - E_{eq} \quad (31.II)$$

3- منحنى الأستقطابية : تدرس سرعة التفاعل الإلكتروكيميائي بتغيرات التيار بدلالة الكمون ، هذه التغيرات تعطي منحنى  $E=f(i)$  أو  $i=f(E)$ ، وهي منحنيات الإستقطابية للتفاعل ،



الشكل-II-17: منحنى الاستقطابية

4- مستقيمات Tafel

في حالة  $\eta$  قيمة كبيرة فإن علاقة Butler-Volmer تعطي كما يلي [12].

$$i = i_0 \left( \exp\left(\frac{\alpha F}{RT} E - E_{eq}\right) \right) \quad (32.II)$$

أي

$$\eta = \frac{-RT}{\alpha F} \ln i_0 - \frac{RT}{\alpha F} \ln i \quad (33.II)$$

و هي معادلة Tafel

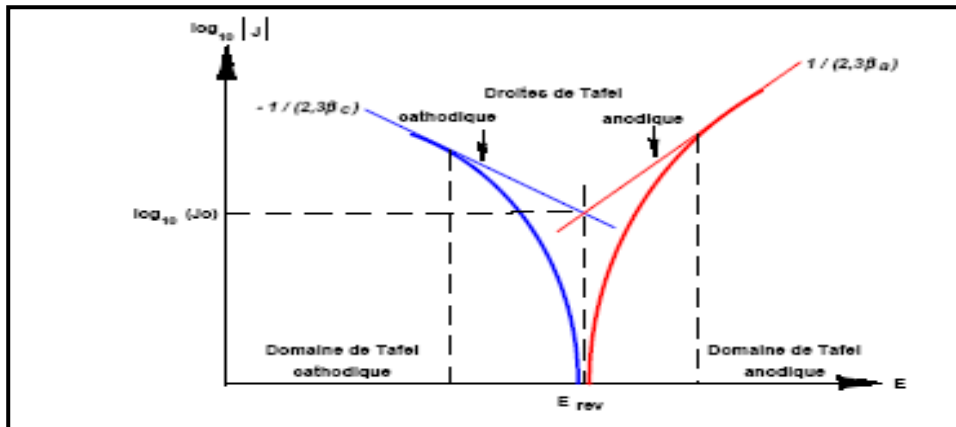
نفس الشيء في حالة  $\eta$  قيمة سالبة يمكن كتابة:

$$\eta = \frac{-RT}{BF} \ln i_0 - \frac{RT}{BF} \ln |i| \quad (34.II)$$

$$\text{Log} i = \text{Log} i_a = \text{Log} i_0 + \frac{\eta}{2.3\beta_a} \quad (35.II)$$

$$\text{Log} i = \text{Log} i_c = \text{Log} i_0 + \frac{\eta}{2.3\beta_c} \quad (36.II)$$

حيث  $B = \alpha - 1$  ، وبذلك يمكن رسم  $\log(i) = f(\eta)$  (أنظر إلى الشكل II-18)



الشكل II-18: منحنى Tafel

تكون الإشارة المعطاة للجملة (تيار أو كمون) غير ثابتة خلال الزمن ومن هذه الطرق الفولطامترية البسيطة , الفولطامترية الحلقية , ومطيافية الممانعة الالكتروكيميائية [6].

### الفولطامترية البسيطة

#### الفولطامترية الحلقية

### 1- مطيافية الممانعة الالكتروكيميائية:

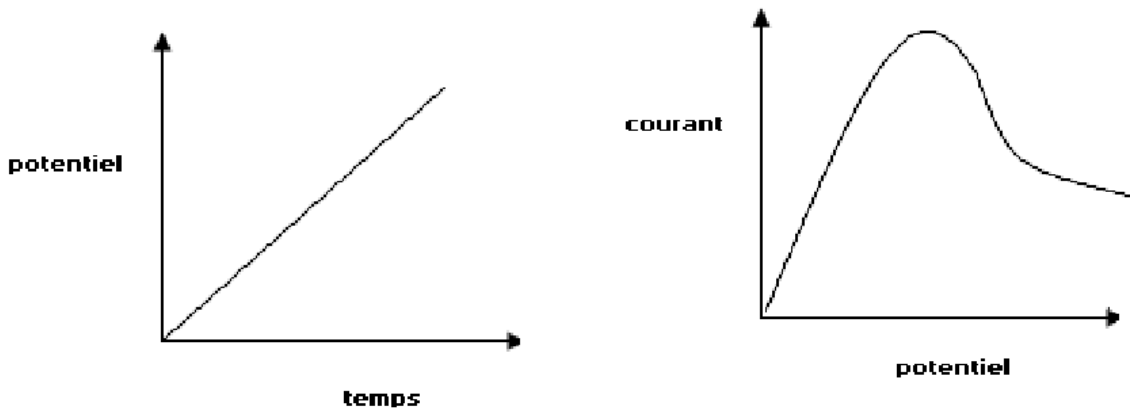
إن مطيافية الممانعة الالكتروكيميائية تقنية مستعملة منذ زمن طويل وقد أصبحت هذه التقنية واسعة الانتشار والاستعمال في دراسة التفاعلات الالكتروكيميائية المعقدة على السطوح الأقطاب الصلبة في عدة مجالات مهمة خاصة في مجال التآكل , وتعتبر تقنية مطيافية الممانعة الالكتروكيميائية من أكثر وأهم الطرق التي وضعت لدراسة خصائص الطبقة المشكلة على سطوح المعادن.

وتتمثل الطريقة في قياس استجابة المسرى لتغيير جيبي في كمونه وذلك بالتغيير في قيمة التواتر (f)

الشكل (II-19): منحني الإثارة (اليسار) والاستجابة (اليمن) في الفولطامترية البسيطة

$$\Delta E = |\Delta E| \sin 2\pi f t \dots\dots (36.II) \text{ يعطى بالعلاقة:}$$

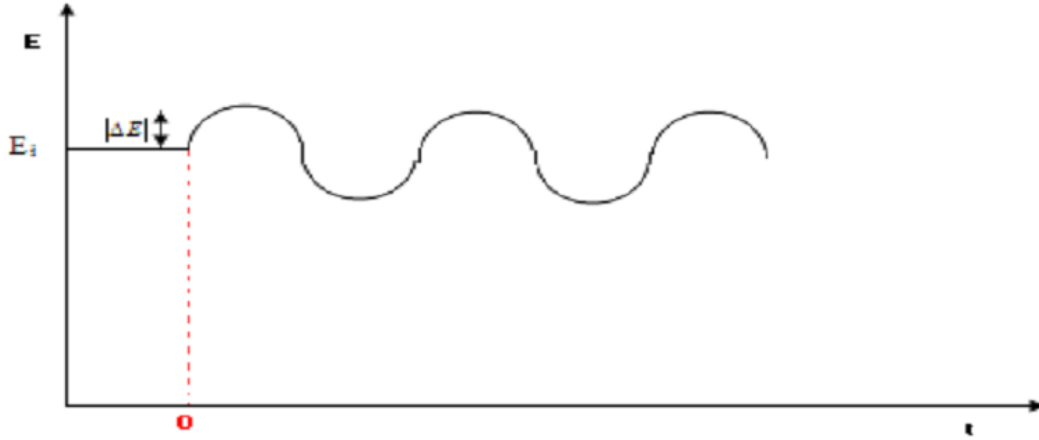
$|\Delta E|$ : سعة التغيير وقيمتها ضعيفة لا تتجاوز 10 mv.



إذا التغيير نحدثه على كمون المسرى الابتدائي  $E_i$  سواء كان مصعدا أو مهبطا في خلية تحليل كهربائي أو في بيبة كهربائية .

استجابة المسرى للتغيير في الكمون تكون على شكل تغيير جيبي في التيار عبارته:

$$\Delta I = |\Delta I| \sin(2\pi f t - \phi) \dots\dots (38.II)$$



الشكل (II-21): الاثارة الجيبية لكمون المسرى

نتيجة لذلك تنشأ داخل الجملة ممانعة Z تعطى بالعلاقة :

$$Z = \Delta E / \Delta I \dots\dots\dots(39.II)$$

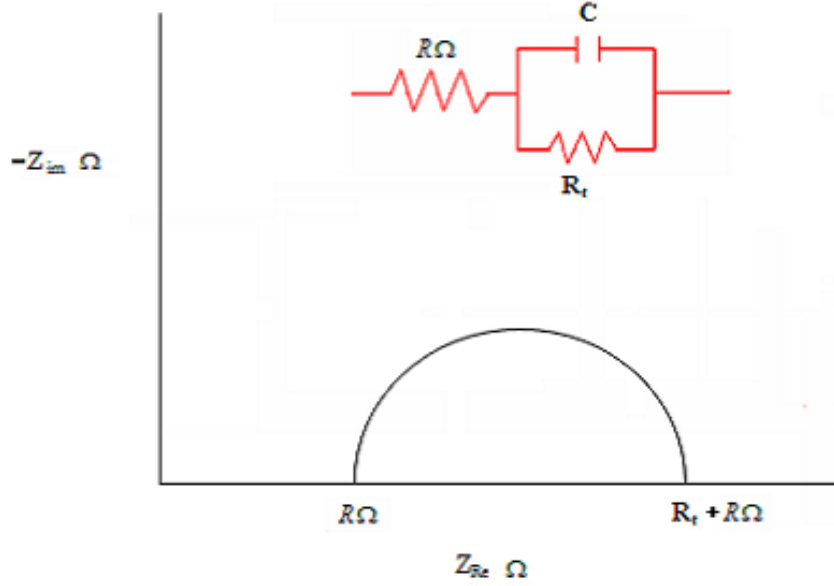
بتغيير قيم التواتر f بواسطة مولد الإشارات نحصل في كل مرة على قيمة للممانعة Z التي تكتب على

شكل عدد مركب بشقيه الحقيقي  $Z_{Re}$  والتخيلي  $Z_{im}$  :

$$Z = Z_{Re} + iZ_{im} \dots\dots\dots(40.II)$$

مجموع قيم الممانعة المتحصل عليها ترسم في المعلم المركب plan complex وندعو المنحنى الناتج

بمنحنى نيكويست (Diagramme de Nyquist) [6] [2] [29] .



الشكل (II-22): منحنى نيكويست

❖ مصطلحات مفاتيحية لتبسيط طريقة الممانعة الالكتروكيميائية:

❖ مقاومة الانتقال :  $R$ :

أثناء تفاعلات الأكسدة والإرجاع التي تحدث عند سطح التماس مسرى / إلكتروليتي، يحدث انتقال للشحنات (الالكترونات) من وإلى المسرى ، وهو انتقال مصحوب بنوع من الإعاقة أو المقاومة ندعوها مقاومة الانتقال يسببها تكون طبقة خمولىه ، طبقة طلاء ، طبقة المثبط....الخ.

❖ المقاومة الأومية :  $R_Ω$ .

هي مقاومة الجزء من الإلكتروليتي المحصور بين مسرى العمل والمسرى المرجعي ، ويتم تقليلها قدر الإمكان بتقريب المسافة بين المسريين السابقين وذلك باستعمال جسر ملحي.



الشكل (II-23): نموذج يبين حالة معدن متآكل [2]

❖ سعة الطبقة المضاعفة (C):

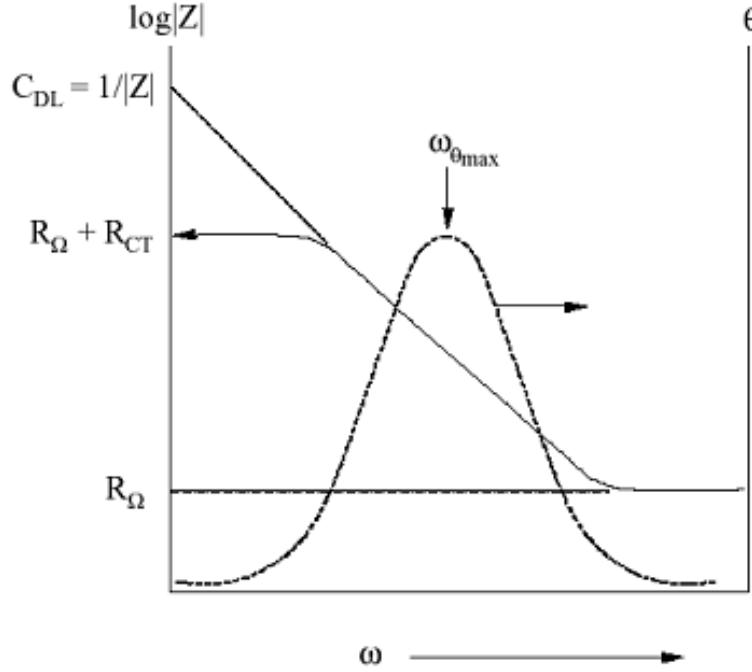
عند سطح التماس مسرى / إلكترونات تتكون طبقة مضاعفة من الشحنات، إحدى الطبقتين موجبة الشحنة نتيجة تجمع الشوارد الموجبة القادمة من المحلول بالانتشار .  
والطبقة الثانية مشحونة سالبة نتيجة تجمع الإلكترونات المعطاة من طرف سطح المسرى تمثل الطبقة المضاعفة مكثفة مشحونة سعتها C بلبوسيتها الموجب والسالب ، سمكها

يتجاوز  $10\mu m$

الالكتروكيميائية المكافئة:

لتبسيط السلوك الكهربائي داخل الخلية الكتروكيميائية فإننا نلجأ إلى رسم دارات كهربائية تكافئ تلك الموجودة بداخلها و المكونة من أجزائها المختلفة (طبقة مضاعفة، مقاومة انتقال الشحنات، مقاومة الإلكترونات... الخ ) [2].  
إن تمثيل نموذج فيزيائي لأي نظام الكتروكيميائي معقد جدا ، وهناك العديد من النماذج تعطى لتفسير الظواهر التي تحدث على سطح الكترود وأهمها : [2].

منحنى Bode :



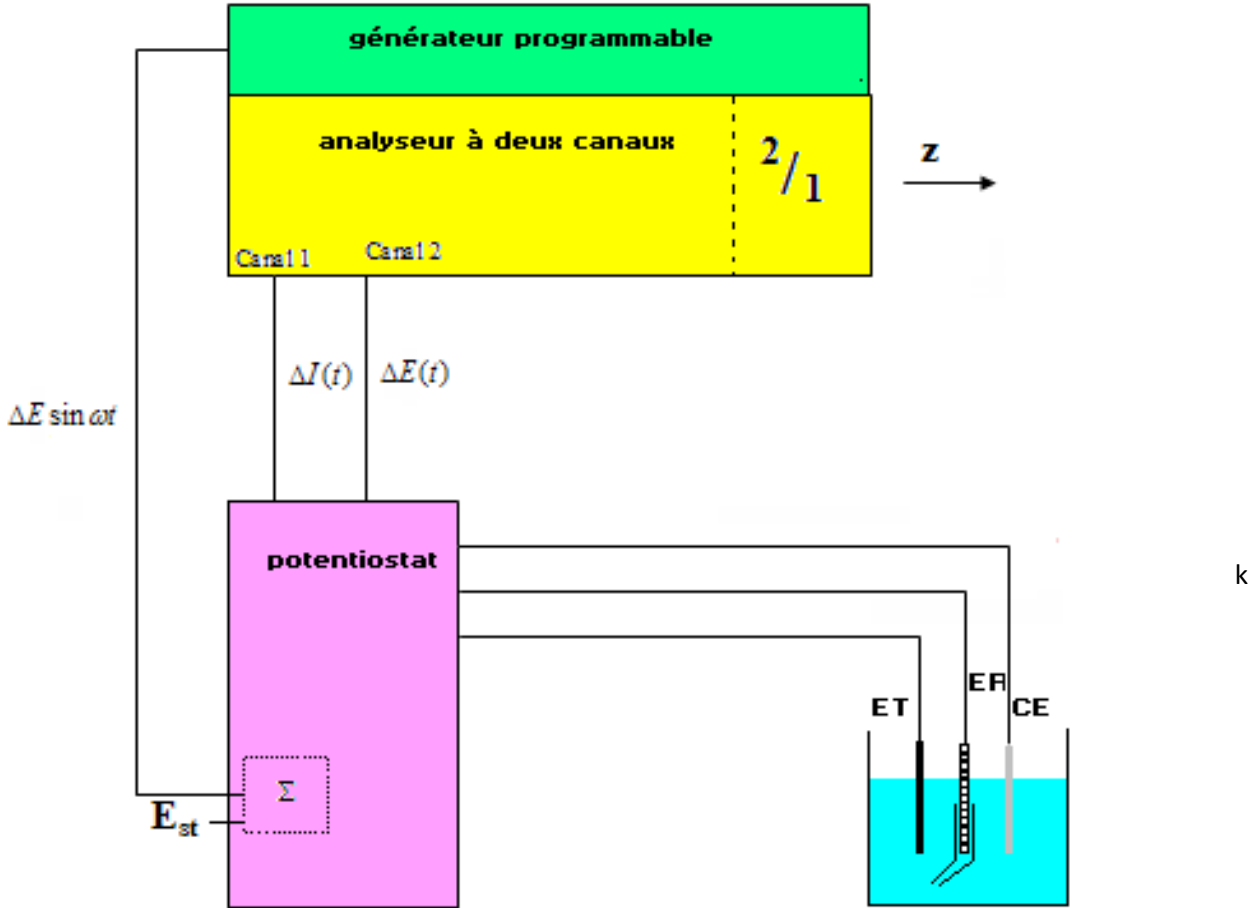
الشكل(II-24): منحنى Bode المكافئ للدائرة في الشكل(II-9)

II-3-2-1- القياس التجريبي لطريقة الممانعة الالكتروكيميائية:

مطيافية الممانعة الالكتروكيميائية هي واحدة من الطرق الالكتروكيميائية المتغيرة *évolutive* وهي الطريقة الأكثر استعمالاً لدراسة التآكل، وآليات التفاعل، والقياسات تكون فعالة بفضل نظام الكتروكيميائي المتكون من جهاز PGZ 301 المتصل بجهاز الحاسوب المزود ببرنامج Voltmaster4 . العينة تلمس بسطح دائري مساحته  $1\text{cm}^2$  المحلول نستعمله كالكتروود للعمل وكل الكمونات يتم قياسها بالنسبة لالكترود المرجعي (ECS) . قياسات الممانعة تكون معتمدة بعد 40 دقيقة من الغمس في وسط ماء الألبان عند  $40^{\circ}\text{C}$  حيث شدة السعة الجيبية مطبقة بكمون قدره  $10\text{mV}$ ، والمجال كان بتردد  $20\text{mHz}$  إلى  $100\text{kHz}$ .



II-3-2-2-1- التركيبه المستعملة:



II-4- الحماية بالتمبطات

II-4-1- تعريف المذبط: هي مركبات كيميائية تضاف إلى الأوساط من أجل تخفيض سرعة التآكل و

تحسب معدل الفاعلية بالعلاقة التالية [2] .

$$R\% = \frac{V_0 - V}{V_0} 100 \quad (41.II)$$

حيث V : السرعة بوجود المذبط .

R% : معدل الفاعلية المذبط . V<sub>0</sub> : السرعة بدون المذبط .

### وهناك تعريف ثاني

كل مادة تضاف بكمية قليلة جدا تقدر بـ 1ppm إلى 1000ppm في واحد لتر إلى الوسط الآكال لغرض خفض أو إزالة التأثير التآكلي لهذا الوسط ، دون إحداث أي تغيير في خصائص المعدن أو الوسط أو نتائج التفاعل [14].

معظم المثبطات تم تطويرها تجريبيا، لذلك فان المعلومات المتوفرة عنها ناقصة كما أن تأثيرها كمثبط للتآكل غير معروف بدقة [8] .

### II-4-2- تصنيف المثبطات

تصنف المثبطات حسب عدة عوامل أهمها [2].

- مجال التطبيق.
- آلية التفاعل.
- تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية .
- طبيعتها.

#### 1- مجال التطبيق : يمكن تمييز ما يلي

##### ☞ في الأوساط المائية

يمكن أن نميز نوعين

- المثبطات المستخدمة في الأوساط الحمضية و التي يمكنها منع عملية الهجوم الكيميائي على سطح المعدن عند تنظيفه .
- المثبطات المستخدمة في الأوساط المعتدلة .

##### ☞ في الأوساط العضوية

تستعمل كميات معتبر من مثبطات التآكل في زيوت تشحيم المحركات و الوقود .

##### ☞ الأوساط الغازية

عموما تستخدم المثبطات في الأوساط الغازية من أجل حماية الأجهزة الدقيقة والحساسة و كذلك القطع الإلكترونية أثناء نقلها أو تخزينها ، لحمايتها من التآكل الذي يمكن أن يسببه الهواء الجوي . [14]

## 2- تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية الجزئية

في هذه الحالة يمكن تمييز ثلاثة أنواع من المثبطات

- المثبطات المصعدية

- المثبطات المهبطية

- المثبطات المختلطة

### أ- المثبطات المصعدية (الأنودية)

هي مركبات تؤدي إلى تغطية المناطق المصعدية في المعدن (المناطق المتأكلة) . وتتحد هذه

المركبات مع شوارد الحديد الثنائي ، لتشكل رواسب تؤدي إلى سد المنطقة المتأكلة [15] .

تؤدي المثبطات المصعدية إلى انخفاض شدة التيار الجزئي المصعدي وتزيح كمون التآكل إلى

الاتجاه الموجب [14] .

### ب- المثبطات المهبطية (الكاتودية)

هي مركبات إلكتروفيلية لها الميل لاكتساب الإلكترونات، تؤدي إلى تغطية المنطقة المهبطية من المعدن.

وتحدث لها عملية امتزاز على هاته المنطقة . أما الجزء الهيدروكربوني الجاف يشكل الطبقة الواقية

للمنطقة المهبطية [15].

وتؤدي المثبطات الكاتودية إلى تخفيض شدة التيار الجزئي الكاتودي ، وتزيح كمون التآكل إلى الاتجاه

السالب [14] .

### ج- المثبطات المختلطة

تؤدي المثبطات المختلطة إلى خفض سرعة التفاعلين المصعدية و المهبطية مع تغير طفيف في كمون

التآكل [14].

### 3-آليات التفاعل

حسب آلية التفاعل ، يمكن أن نميز التثبيط بما يلي

#### أ- بالإمتزاز

في هذا النوع تكون المثبطات عبارة عن مركبات عضوية تضاف إلى الوسط التآكلي ، فيحدث لها امتزاز على سطح المعدن المعرض للتآكل فتمنعه من تفاعل مع الوسط [8] .

ويمكن أن يكون الامتزاز :

#### أ. إمتزاز فيزيائي

في هذا النوع من الامتزازات يرتبط الجزئي الممتز بسطح الجسم الماز بقوى ذات طبيعة فيزيائية مثل Vander waals وبالتالي فإن قوى الترابط تكون ضعيفة حيث أن كمية الطاقة لا تتجاوز 10 كيلوحريرة/ مول كما أن الامتزاز الفيزيائي ينقص بدلالة ارتفاع درجة الحرارة [20].

#### ب. إمتزاز كيميائي

في حالة الامتزاز الكيميائي فإن الجزئي يلتصق بالسطح وبذلك يشكل رابطة كيميائية تكون عادة من النوع تساهمية (تكافؤية ) وأن طاقة الارتباط تكون أكبر من طاقة الارتباط الفيزيائية و قيمتها تقارب 20 كيلو جول / مول و انه يمكن للجزئي الممتز أن يفقد هويته الكيميائية [20].

#### ب- بالخمولية

هي مركبات تتفاعل مع سطح المعدن مكونة أكاسيد خاملة كيميائيا اتجاه الوسط الأكال .

#### ج- بالترسيب

في بعض الحالات تشكل أملاح تترسب على سطح المعدن هي أملاح لمركبات عضوية شحيحة الذوبانية، فيتكون شريط واقى للسطح [2].

#### د- بإزالة العنصر الآكالي

يعمل هذا النوع من المثبطات على إزالة العامل المساعد على التآكل في الوسط التآكلي ، وذلك بالتفاعل الكيميائي مع هذا العامل، ومن أهم أنواع هذه المثبطات كبريتيد الصوديوم و الهيدرازين [ 8].

#### 4- حسب طبيعتها : نميز نوعين

##### أ- المثبطات اللاعضوية

و هي مركبات معدنية تكون إما مركبات مؤكسدة مثل البيكر وما ت[16]<sup>-2</sup>CrO<sub>4</sub> إذ استعمل بشكل واسع خاصة في الأوساط القاعدية و لعل أكثر هذه المركبات استعمالا في المجال الحامضي هو أيون اليود (I<sup>-</sup>) [17،18] . أما الأوساط المعتدلة فلقد تم دراسة كل من أيون الليثيوم ( Li<sup>+</sup> ) و منغنزيوم (Mg<sup>2+</sup>) و ذلك على الألمونيوم [18] أو غير المؤكسد و هي أحماض وأسس ضعيفة مثل فوسفات الصوديوم ( Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub> ) ومتعدد الفوسفات .

##### ب- المثبطات العضوية

وهي مركبات تمتاز بوجود مراكز فعالة (مجموعة وظيفية ) حيث تشكل شريط على مستوى سطح المعدن نتيجة لامترازاها ، فمعظم الدراسات كانت على مركبات أزوتية.

#### II-4-3- طرق الحماية من التآكل

نظرا لاختلاف طبيعة وأنواع التآكلات الممكن حدوثها و أيضا اختلاف الظروف التي تساعد على حدوث هذه الأنواع المختلفة، فلا غرابة في أن توفر عدة أسالي ب للحماية من التآكل.في ما يلي نذكر بعض أساليب الحماية الشائعة الاستعمال.

#### 1- اختبار المعدن أو السبيكة

تمتاز المعادن النقية بصورة عامة بمقاومة أفضل ضد التآكل عن غيرها من المعادن ، إلا أنها غالية الثمن ولها خصائص ميكانيكية كالصلادة والمقاومة المنخفضة، من أشهر المعادن المستعملة نقية هي الألمونيوم و الذهب البلاتين و المعادن الثمينة الاخرى [10].

أما السبائك المعدنية وخاصة سبائك المحاليل الجامدة المتجانسة و التي تتكون من طورين، تمتاز بأنها تكون أكثر مقاومة ضد التآكل من السبائك التي تحوى طوراً ثانوياً أو مكونات مجهرية دقيقة ومن

السبائك الشائعة سبيكة ألنيوم - منغنوزيوم التي تحوى على (7%) من المنغنوزيوم و التي تمتاز بمقاومة عالية للأجواء البحرية [10].

## 2 - الحماية بتغير الوسط

عند تغير إحدى خواص الوسط أو المحيط المساعد على التآكل ، فإنه يصبح بالإمكان السيطرة بشكل أفضل على عملية التآكل، من أهم الخواص الممكنة السيطرة عليها هي [10].

☞ درجة حرارة وسط.

☞ جريان وسط.

☞ تركيز الأيونات التي يحويها.

## 3- التحكم في التآكل بالتصميم

- حيث يتم تصميم الخزانات و الحاويات و أخذ بعين الاعتبار حالة تدفق الوسط و عدم تواجد منخفضات و شقوق و أركان مغلقة [10].

## 4- الحماية الكاثودية و الانودية :

نعتب الحماية الكاثودية و الانودية من أساليب الحماية من التآكل ذات الأهمية البالغة. إذ تستخدم بشكل واسع في حماية المعادن كالفولاذ و النحاس الأصفر و الرصاص ضد التآكل في التربة و في الأوساط المائية [10].

### أ- الحماية الكاثودية

و هي حماية إلكتروكيميائية تعتمد على إزاحة الجهد إلى القطب السالب وهي تستعمل في الأوساط الألكتروليتية و يحدث ذلك إما بمصدر قدرة خارجية أو بمزدوج غلفاني ، وفي كلا الحالتين يتم ربط المعدن المعرض للتآكل كقطب سالب في الخلية إلكتروكيميائية مع إزاحة الجهد إلى قطب المعدن في الاتجاه السالب إلى قيمة اقل و بذلك حماية المعدن كلياً [10].

### ب- الحماية الانودية

في بعض المعادن مثل الفولاذ المقاوم للصدى يجرى عليه الحماية بجعلها أقطاب موجبة وذلك بإزاحة الجهد إلى الجهود الموجبة يستعمل هذا النوع من الحماية في حالة حمض كبريتيك و هذه الطريقة تطبق أيضا في بعض الأحماض كحمض الفوسفات [10].

# القسم الثاني

# الفصل الثالث

المسح الفيتو كيميائي



أنسب الأوقات لجمع النباتات هو حسب الجزء المراد من النبات

### 1- الأزهار

بمجرد تكوين حبوب اللقاح أو قبل تفتحها يجب أن تقطف في الصباح وتوضع في تهوية مناسبة بدون ضغط [16].

### 2- الأوراق

بنفس الطريقة لغرض الحصول على تهوية مناسبة وتجفيف سريع يوقف عمل الخمائر التي قد تغير الموارد الفعالة في الأوراق و الأزهار كما لا يجوز غسل الأوراق و من ثم تجفيفها لأن ذلك يعرضها إلى نسبة كبيرة من الرطوبة التي تساعد على التعفن أو التخمر أفضل شيء في فصل الربيع قبل الأزهار وذلك لأن عملية التمثيل الضوئي تكون أكثر نشاطا [19].

### 3- الجذور

النمو و يبدأ في الجفاف ويجب إزالة الأتربة من الجذور نفسها لعدة مرات في الماء ومن ثم تجفيفها [19].

### 4- الثمار

تجمع عند تمام نموها وعندما تكون غير ناضجة وقد تجمع أحيانا عند إتمام نضجها وقبل تفتحها وانتشار بذورها أو سقوطه [19].

### 5- البذور

تجمع عادة عند تمام النضج قبل تفتح الثمار وسقوط البذور [19].

### III-2- تجفيف النباتات والأعشاب

أجرينا التجفيف بغرض إزالة الماء من النبتة وبالتالي عدم حدوث التعفن وإيقاف فعل الأنزيمات النباتية فلا تتبدل المواد الفعالة في النبتة ويتم وقف عملية النشاط الكيميائي. ثم عملية التجفيف الطحن والسحق بالطريقة الطبيعية [19].

أما التجفيف الصناعي يكون في غرف ذات أفران نستطيع التحكم في درجة حرارتها [19].

III-7-الكشف عن بعض العناصر الفعالة في مختلف أعضاء النباتات المراد دراستها

المواد المستعملة

جدول-III-1 - المواد المستعملة

المواد	الاسم
الأحماض	حمض كلور الماء- حمض الكبريت - حمض الأيتانويك
القواعد	الأمونياك-هيدروكسي الأمونيوم- ثنائي إيثيل أمين
الكحولات	الميثانول- الإيثانول
الأملاح	ثلاثي كلورد الحديد- كلور الزئبق نترات البسموت- يوديد البوتاسيوم
المذيبات	كلور فورم- ثنائي إيثيل اثير ثنائي كلور الميثان -أستتاتالأيثيل - أثير البترولي

• كاشف ماير: Réactif de Mayer

يتكون من محولين أ و ب

محلول-أ- 13.55g من الكلور الماركير ( $HgCl_2$ ) + 20mL من الماء المقطر.

محلول-ب- 49.8 g من يوديد البوتاسيوم (KI) + 20ml من الماء المقطر.

نخلط المحولين أ و ب و نخفف بالماء المقطر حتى 1L [21].

• كاشف واجن : Wagner

نضع 2غ من يوديد البوتاسيوم (KI) و 1.27غ من اليود ( $I_2$ ) في 75ml من الماء المقطر، يخفف الخليط حتى 100 ml من الماء المقطر [21].

III-8- طرق الكشف عن القلويدات ( Alcaloïdes )

1- الطريقة الأولى (القلويدات العامة)

نأخذ 10g من مسحوق مختلف أعضاء النبات (ثمار - أزهار - أوراق - جذع - أغصان - جذور) ونضيف لها 50ml من 1%HCl وبعد الترشيح نضيف إلى الرشاحة  $NH_3$  حتى القاعدية PH=8-9 ثم نستخلص ب  $CHCl_3$  ثلاث مرات  $3 \times 20$  نبخر  $CHCl_3$  والراسب نضيف له 2ml من 1%HCl. نضيف ثلاث قطرات من كاشف ماير عند ظهور تعكر أو راسب أبيض يدل على وجود القلويدات بصفة عامة [18].

## 2- الطريقة الثانية الكشف عن ( أملاح القلويدات )

نأخذ 50g من مختلف أعضاء النبات ونضيف لها 300ml من إيثانول نخلط جيدا لمدة ساعة ثم نقوم بعملية الترشيح .

نبخر 20ml من محلول إيثانول، نضيف 15ml من 10%HCl إلى الراسب و نسخن قليلا نرشح و المحلول الناتج نضيف له بعض قطرات من محلول 10 %NH<sub>4</sub>OH حتى PH=9 ، نستخلص المحلول ب ثنائي إثير ثم نبخر نضيف إلى الراسب قليلا من 2%HCl، نضيف قطرات من كاشف ماير (Mayer) و كاشف (Wagner).

ظهور راسب دليل على وجود القلويدات [21].

## III-9-الكشف عن الصابونيات (Saponines)

نأخذ 2g من المسحوق الجاف لمختلف أعضاء النبات تسخن 80ml من الماء المقطر، ثم يرشح المحلول الناتج ويبرد ثم يرج، ظهور الرغوة دليل على وجود الصابونيات [21].

## III-10-الكشف عن الفلافانويدات (Les Flavonoïdes)

نأخذ 10g من المسحوق الجاف لمختلف أعضاء النبات نضيف لها 150ml 1%HCl ثم تترك 24 ساعة بعد الترشيح نقوم بالاختبارات التالية :  
نأخذ 10ml من الرشاحة نضيف لها NH<sub>4</sub>OH حتى القاعدية ظهور لون أصفر فاتح دليل على وجود الفلافانويدات [21].

### أ - الكشف عن الفلافانويدات الحرة

نأخذ 5ml من الرشاحة ونظيف ها 2.5 مل من كحول اميليك (C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>OH) إذا تلون الطور الكحولي بلون أصفر دليل على وجود الفلافانويدات الحرة [21].

### ب- الكشف عن الفلافانويدات السكرية

نبخر الطور المائي الناتج للكشف الفلافانويدات الحرة والراسب نضيف له 3ml من 1%HCl نسخن قليلا وبعد التبريد نضيف 2.5ml من كحول اميليك (C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>OH) ظهور اللون الأصفر دليل على وجود الفلافانويدات السكرية [21].

## III-11-الكشف عن التينينات (Tanins)

نأخذ 10g من المسحوق الجاف من مختلف أعضاء النبات ونستخلص بواسطة الكحول الأيثيلي 50% ترشح و نظيف على الرشاحة قطرات من ثلاثي كلور الحديد (FeCl<sub>3</sub>) ظهور اللون الأخضر دليل علو وجود التينينات [21].

III-12-الكشف عن الستيروولات والتربينات الثلاثية

نأخذ 5g من المسحوق الجاف لمختلف أعضاء النبات ونضعها في 20 ml من كلوروفورم  $CHCl_3$  وبعد الترشيح نضيف إلى الرشاحة 1مل من حمض الكبريت .  
ظهور اللون الأخضر يتحول إلى أحمر في نقطة تلاقي الطورين دليل على وجود الستيروولات والتربينات الثلاثية [21].

III-13 - بعض العناصر الفعالة في الرثم و الشيح و الزيتة [22]

جدول-III-2-العناصر الفعالة للرثم و الشيح و الزيتة

القرطوفة Cotulacinae	الزيتة Limoniastrum	الرثم Rétamarétame (Forssk)Webb	النباتات المواد الفعالة
++	+	+++	الصبونيات
+++	+++	+++	الفلافونويدات
++	+	++	الحررة
+	++	+	السكرية
-	+++	+++	القلويدات
++	+++	+++	ستيروولات والتربينات الثلاثية
+	+	+	الزيوت الطيارة
++	+	+++	التنينات (العفصيات)

ملاحظات

(-) غياب المادة الفعالة

(+) وجود المادة الفعالة بكمية ضعيفة

(++) وجود المادة الفعالة بكمية متوسطة

(+++) وجود المادة الفعالة بكمية كبيرة

من خلال النتائج التي تظهر في الجدولين إن نبتة الرثم *Rétamarétame (Forssk)* غنية بالمواد الفعالة

الصابونيات ، الفلافونويدات، القلويدات، ستيروولات والتربينات الثلاثية ، التينينات (العفصيات)

- أما الفلافونويدات الحرة متواجد بكمية متوسطة

- وأما الفلافونويدات السكرية و الزيوت الطيارة متواجدتان بكمية قليلة .

القرطوفة *Cotulacinae* غنية بالفلافونويدات .

- أما الصبونيات ، الفلافونويدات الحرة ، ستيروولات و التربينات الثلاثية،التينينات (العفصيات) متواجد بكميات متوسطة.

- أما الفلافونويدات السكرية و الزيوت الطيارة متواجدتان بكمية قليلة .

- وغياب كامل للقلويدات

الزيتة *Limoniastrum* غنية بالمواد الفعالة الفلافونويدات ستيروولات و التربينات، القلويدات .الثلاثية

- أما الفلافونويدات السكرية متواجدة بكميات متوسطة .

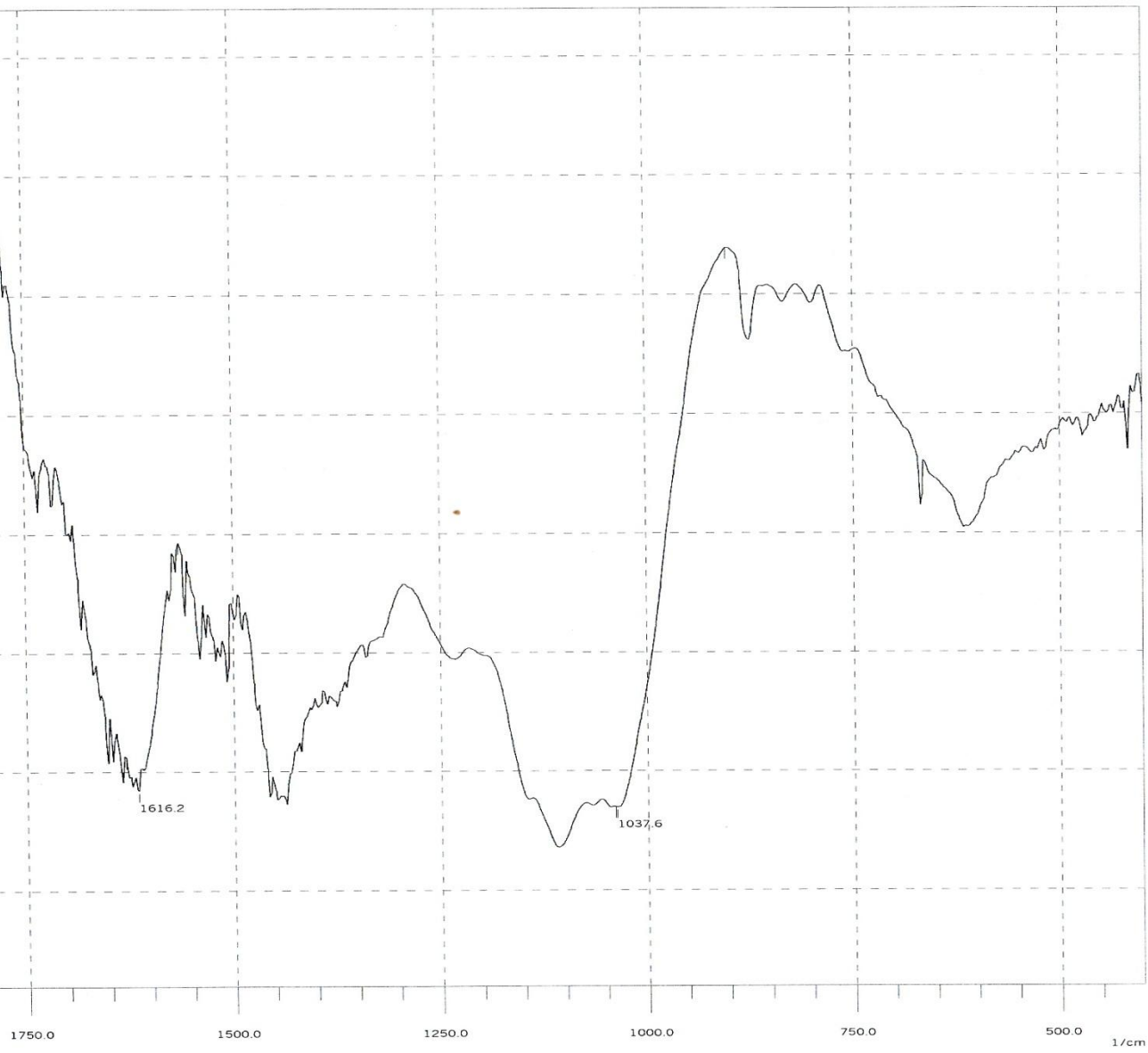
- أما الفلافونويدات الحرة والزيوت الطيارة الصبونيات و، التينينات (العفصيات) متواجد بكمية قليلة.

العناصر الكيميائية المتواجدة في نبات الزيتة (A) باستعمال جهاز.....

جدول - III - 3-- بعض العناصر الفعالة في القرطوفة و اللماد

اللماد	القرطوفة	النباتات
- <b>Cymbopogon schoenanthus</b>	Cotula cinerae	المواد الفعالة
+++	++	الصبونيات
++	+++	الفلافونويدات
+	++	الحرارة
++	+	السكرية
+++	-	القلويدات
++	++	ستيروولات والتربينات الثلاثية
++	+	الزيوت الطيارة
++	++	التنينات (العفصيات)

-III-7- الوظائف الفعالة المتواجدة في نبات الزينة حسب مطيافية تحت الحمراء



الشكل-III-1- طيف IR لمستخلص الزينة

الجدول - III-3- حزم الامتصاص في طيف IR لمستخلص الزيتة

العدد الموجي ( $\text{cm}^{-1}$ )	نوع الاهتزاز
1040	إمتطاط C-C
1100	إمتطاط C-OH
1470	اهتزاز تشوه (CH <sub>2</sub> )CH
1600	إمتطاط C=C
2300	إمتطاط C≡C
2800	إمتطاط (CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> )
2900	إمتطاط (CH <sub>3</sub> )CH
3400	إمتطاط O-H (كحول)

نظرا لوجود الوظيفة O-H و التي تمثل أزواج حرة و وجود الوظيفة C=C و C≡C فإن المستخلص أظهر فعالية مثبطة للتآكل و ذلك بامتزاز المستخلص على سطح المعدن الذي يشكل طبقة حامية من التآكل.

III-8- مطيافية تحت الحمراء باستعمال جهاز HPLC متصل ب UV

لذلك قمنا وللتأكيد مع المسح الفيتوكيميائي و مطيافية تحت الحمراء باستعمال جهاز HPLC متصل ب UV لمعرفة المركبات الكيميائية من الفلافونويدات و القلويدات والتانينات و ستيرويدات والترينيات الثلاثية فكانت النتائج موافقة لذلك





الشكل-III-2-جهاز HPLC متصل ب UV

جهاز HPLC يستخدم لأجل فصل المواد الفعالة من المستخلصات وتحديد تراكيزها ويعتمد على الفصل الفيزيائي للمادة الفعالة عن طريق طورين أحدهما ثابت والأخر متحرك ويمثل ذلك بظهور قمة حيث تحسب المساحة داخلها وتقارن بمساحة القمة للمجهول العياري معلوم التركيز ويساوي العينة المراد حسابها أخذنا العينتين نبتة القرطوفة والزيتة على التوالي فكانت النتائج موضحة على حسب المنحنيات المتواجدة في الملاحق

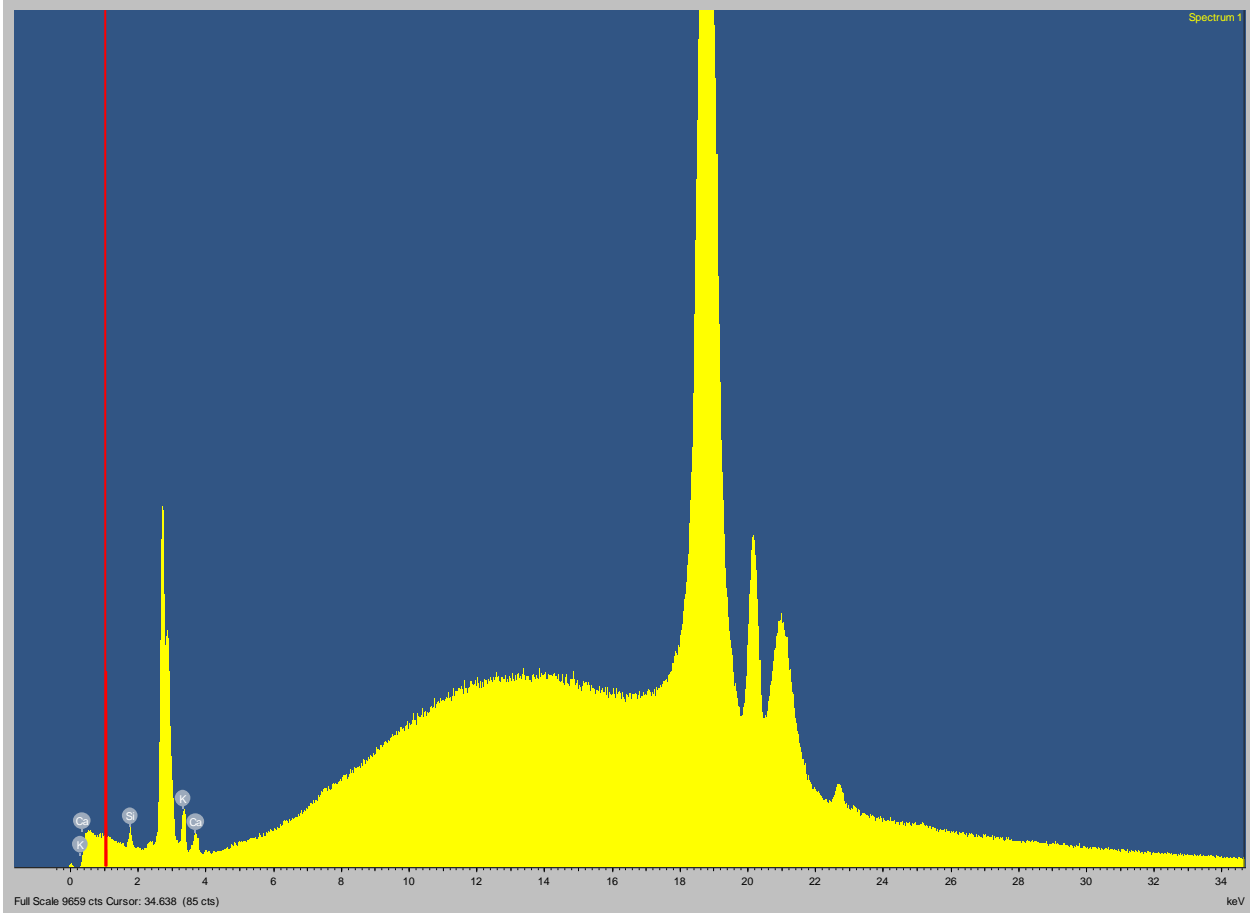
## III-9- التحليل بواسطة جهاز MEB للعينات:

## التحليل بواسطة جهاز MEB



الشكل-III-3- المجهر الالكتروني الماسح (MEB)

المجهر إلكتروني الماسح (MEB) ويستخدم في دراسة السطح الخارجي للعينات بمختلف أنواعها وإظهار التكوينات الدقيقة لتلك السطوح . كما تخدم عينات المجهر الالكتروني الماسح جهاز طلاء العينات بالذهب وجهاز طلاء العينات بالكروم .  
وعند دراستنا للعينات المستعملة في تثبيط التآكل أعطت باستعمال المجهر الالكتروني الماسح ( MEB ) المنحنيات التالية مع تحديد العناصر الكيميائية



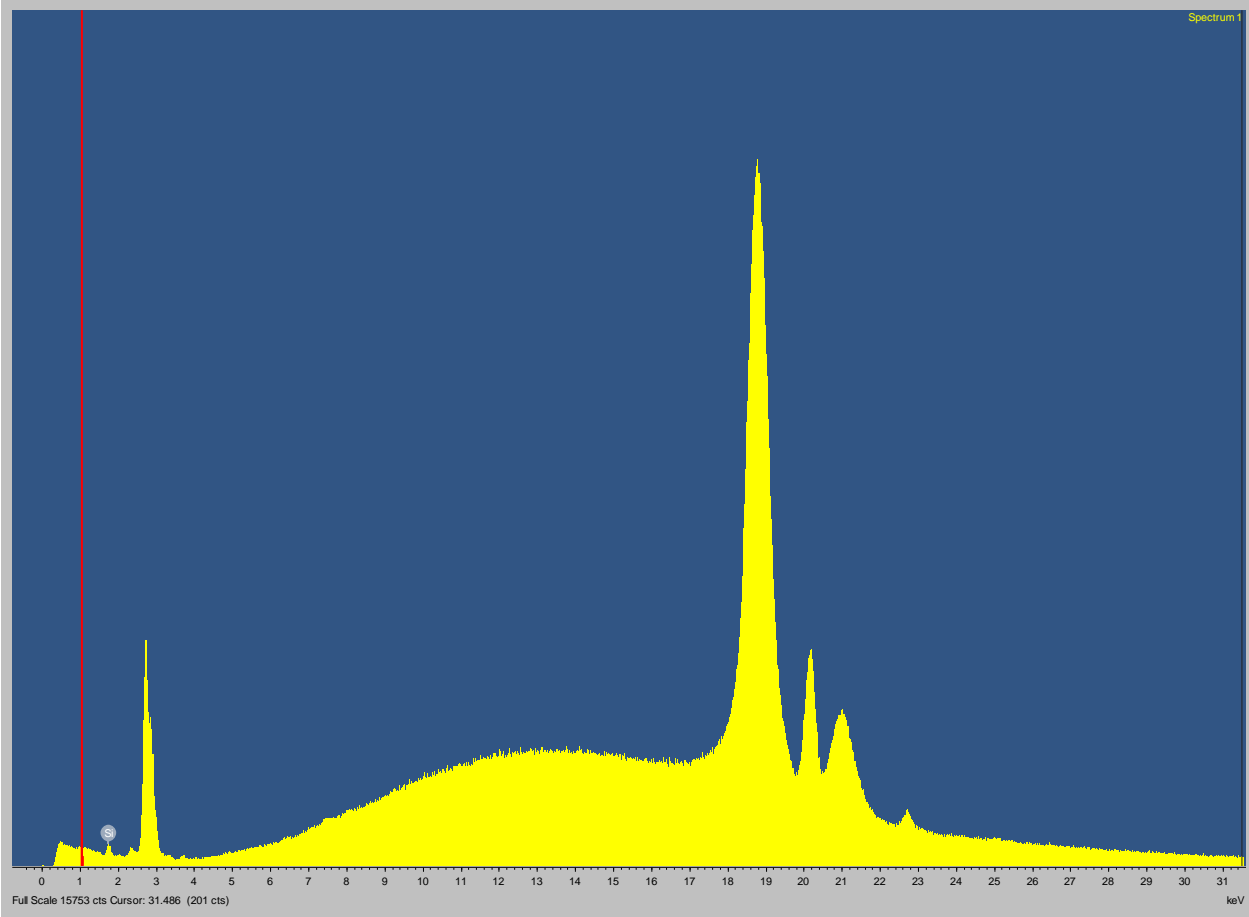
الشكل III-4-منحنى تحليل العناصر في مستخلص (Co)

الجدول - III-4- العناصر الموجودة في مستخلص (Co)

Elem.	Line	Mass[%]	3sigma	Atomic[%]	Intensity[cps/mA]
14 Si	K	40,55	3,72	48,93	42,02
19 K	K	37,43	2,6	32,45	125,73
20 Ca	K	22,02	2,27	18,62	54,9

هذا الجدول يبين تواجد العناصر التالية في مستخلص (Co) حيث يمثل السيلسيوم  $^{14}\text{Si}$  عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلي [40.55%] والتركيز الذري [48.93%] والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [24.02 cps/mA] أما عنصر البوتاسيوم  $^{19}\text{K}$  عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلي [37.43%] والتركيز الذري [32.45%] والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [125.73 cps/mA]

وعنصر الكالسيوم  $^{20}\text{Ca}$  عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلي [22.02%] والتركيز الذري [18.62%] والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [54.9 cps/mA]



الشكل III-5-منحنى تحليل العناصر في مستخلص (2)

الجدول - III-4- العناصر الموجودة في مستخلص (2)

Elem.	Line	Mass[%]	3sigma	Atomic[%]	Intensity[cps/mA]
$^{14}\text{Si}$	K	100	0	100	39,05

هذا الجدول يبين تواجد العنصر  $^{14}\text{Si}$  في مستخلص (2) حيث يمثل السيلسيوم عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلي [100%] والتركيز الذري [100%] والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [39.05 cps/mA]

# الفصل الرابع

دراسة فعالية تثبيط التآكل بطريقة فقدان الوزن

#### IV-1- تحديد الشروط التجريبية لدراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلصات

ينشأ التآكل أساساً من تفاعلات بين المعدن و الوسط المحيط به وهو بالتالي يتأثر بكلاهما، و لهذا قمنا بدراسة تأثير طبيعة المعدن إذ استعملنا معدنين CX60 و الآخر CX52 ، كما درسنا تأثير الأيون المقابل للحمض (طبيعة الوسط) من  $H_2SO_4$ .

في هذا العمل حاولنا الربط بين عدة طرق وهي:

• طريقة الضياع في الكتلة.

• الطريقة الإلكتروليتية.

• طريقة الممانعة

#### IV-1-1- أساس اختيار مستخلصات كمشبطات

اعتمدنا في اختيارنا

وجود مجموعة قطبية hydrophile وهي المسؤولة على إمتزازها على سطح المعدن وهي التي

تحوى ثلاث ذرات من الكبريت ، علماً أن ذرة الكبريت لها قوة إمتزاز أفضل من الأكسجين و الازوت

حسب الترتيب التالي [2] .



#### IV-1-2- أساس اختيار الطرق المستعملة

لإبراز ظاهرة التآكل يوجد عدة طرق ولتأكد من النتيجة المحصلة عليها ح اولنا أن نجمع على الأقل بين ثلاث طرق فتم اختيار الطريقة فقدان الوزن و الإلكتروليتية كطريقة ثانية أما الثالثة طريقة الممانعة.

#### أ - لمعدن الصلب

تم اختيار طريقة الضياع في الكتلة على الرغم من أنها أقل دقة من طريقة المعايرة إلا إنها كانت

أفضل لما لهذه المثبطات من تفاعلات مع  $KMnO_4$

#### ب- المعدن المدروس

في تجربتنا تم دراسة معدن APICX52 حيث أخذت العينات من أنبوبة واحدة والتي تستعمل

لنقل البترول في شركة سوناطراك ، إذ يتكون من العناصر الموضحة في الجدول 2.III، لتقادي تغيير

البنية المعدن تم القطع في ظروف باردة لما لها من تأثير على سرعة التآكل.

جدول IV- 1 : يوضح العناصر الكيميائية للفولاذ CX52

النسبة المئوية %	العناصر الكيميائية	النسبة المئوية %	العناصر الكيميائية
<0,0500	CO	0 ,1038	C
<0,0100	Cu	0 ,1261	Si
0,0419	Nb	0,971	Mn
0 ,0025	Ti	<0,0021	P
<0,005	V	0,0021	S
<0 ,0500	W	<0,0100	Cr
<0,0050	Sn	<0,005	Mo
<98,7	Fe	<0 ,0050	Ni
		0 ,0320	Al

ج-تحضير العينة

لتحضير العينة تمر عبر المراحل التالية :

- قطع العينات في ظروف باردة و الشكل المختار حسب الطريقة المستعملة.
- صقل العينية بآلة الصقل تحت تدفق الماء على أقراص زجاجية ذات الأرقام التالية : 180، 400 ، 600 ، 1000 ، 4000.
- معالجة كيميائية و ذلك بتنظيف السطح بالأسيتون ثم التجفيف الجيد.

المواد المستعملة

يوضح الجدول التالي بعض الخصائص الفيزيائية لبعض المركبات المستخدمة في هذه الدراسة.  
الجدول-V-2 المواد المستعملة في التجارب.

المركب	درجة النقاوة %	الكثافة g/1 في 20C°	شركة الإنتاج
حمض الكبريتيك	95-98	1.85	Merck

## د- الوسط المدروس

يتكون المحلول الإلكتروني من حمض الكبريتيك.

## د-1- تحديد تركيز حمض الكبريتيك

تم اختيار حمض الكبريتيك كمحلول إلكتروني راجع إلى

- الذوبانية الجيدة لهذه المركبات في هذه الوسائط [9].
- تآكل الناتج هو أبسط حالات التآكل وهو التآكل المعمم
- المسؤول على التآكل هو البروتون  $H^+$  فقط ، والأيون المقابل ليس له أي تأثير [8].
- يخزن حمض الكبريتيك المركز في فولاذ الكربوني صلب [13].

و لتحديد تركيزه تمت دراسة تأثير تركيز ه على سرعة تآكل الفولاذ الصلب CX52 و الذي

يتآكل في تراكيز التي تتراوح ما بين (0.00- 60.00) % في درجة الحرارة العادية [10] و بناءا عليه تم اختيار التراكيز التالية :

5% ، 10 % ، 20 % من حمض الكبريتيك.

## ه- تحضير المستخلصات

نأخذ 30g من العشب ( أوراق- سيقان - الأزهار- الجذور) بعد طحنها تنقع في 100مل من الماء المقطر مدة 24 ساعة بعدها ترشح وتجفف الرشاحة لاستخلاص الماء [27-35]

## IV-2- طريقة الضياع في الكتلة [36-38]

## أ- مبدأ الطريقة

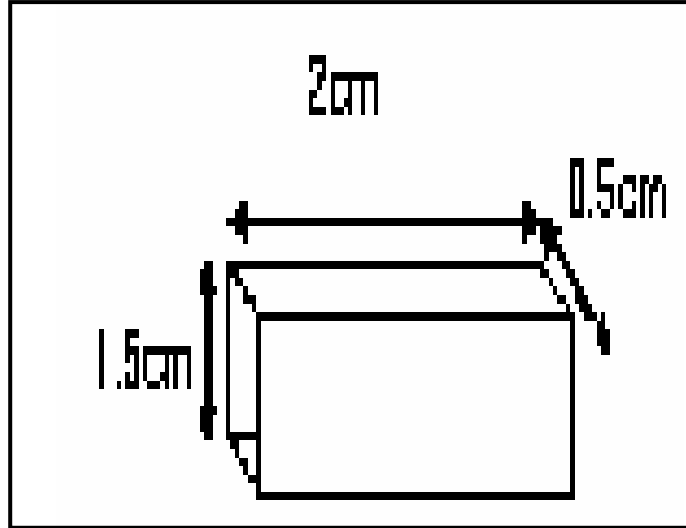
تعتمد هذه الطريقة على تغير الوزن، حيث يتم وزن العينة قبل وبعد الغمس في المحلول

الإلكتروني



ب- تحضير العينات

تمر العينة عبر المراحل المذكورة سابقا في تحضيرها حيث شكلها متوازي المستطيلات  
الشكل-IV-1 التالي:

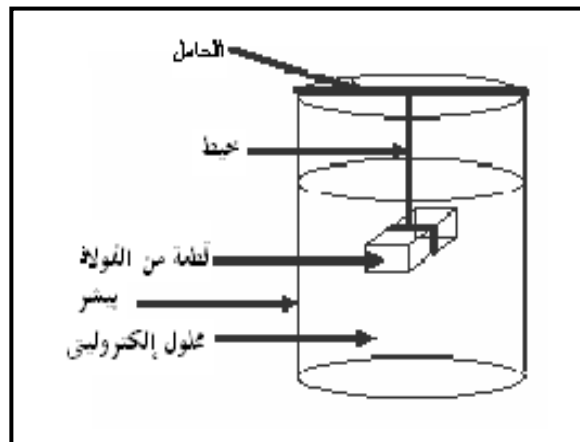


الشكل-IV-1: رسم تخطيطي للعينة

ج- طريقة العمل

ويلخص ذلك في المراحل التالية

- تحضير العينات بالمعالجة الميكانيكية والكيميائية.
- أخذ وزن كل عينة و مساحتها الكلية تم غمرها في 30مل من المحلول الالكتروليتي.
- بعد فترة زمنية معينة يأخذ وزن العينة المغمورة ثم حساب التغير في الكتلة.
- تعاد العملية حتى الحصول على سرعة التآكل ثابتة.



الشكل - IV - 2: ميثل التركيب التجريبي للتجربة الضياع في الكتلة.

د- تحديد سرعة التآكل بطريقة الضياع في الكتلة

تحسب السرعة بالعلاقة التالية

حيث :

$$V_{\text{corr}} = \Delta m / S.t(1-IV)$$

t : زمن الغمس ويمكن أن يكون بالثانية ( s) أو الدقيقة (min) أو الساعة (h) أو السنة (an).

S : المساحة الكلية للعينة و وحدتها (cm<sup>2</sup>).

Δm: تغيي في الكتلة قبل وبعد الغمس وتأخذ بالغرام (g).

هـ- حساب مردود حسب طريقة الضياع في الكتلة

يعطي المردود بالعلاقة التالية [8].

$$R\% = (V_0 - V) / V_0 \cdot 100 \quad (2-IV)$$

حيث:

V<sub>0</sub>: سرعة التآكل بدون مثبط.

V: سرعة التآكل بالمثبط .

R % : معدل الفاعلية التثبيطية .

و- نتائج المتحصل عليها حسب طريقة الضياع في الكتلة

من أجل تحديد زمن الاتزان ل لفولاذ الكربوني X52 تم أخذ العينة في أقل زمن ممكن حتى

الحصول على الإتزان وكانت النتائج كما يلي :

حيث التحويل من mm/an إلى g/cm<sup>2</sup>.min بالعلاقة التالية :

$$\text{mm/an} = K.g/\text{cm}^2.\text{min} \quad (3-V)$$

$$673846.1538 = K$$

حيث K هو ثابت التحويل من mm/an إلى g/cm<sup>2</sup>.min.

الجدول- IV -3: القيم المميزة لتآكل معدن الفولاذ الكربوني X52 في وسط حمض كبريتيك.

سرعة التآكل mm/an	سرعة التآكل g/cm <sup>2</sup> .min	التغير في الكتلة Δm ( g )	الزمن t (min)	التركيز Ppm
3.89	5.77×10 <sup>-6</sup>	0.0026	50	5%
8.43	0.0040	9.48	50	10%
10.58	1.57×10 <sup>-5</sup>	0.0055	50	20%

IV-4- دراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلص (Co)

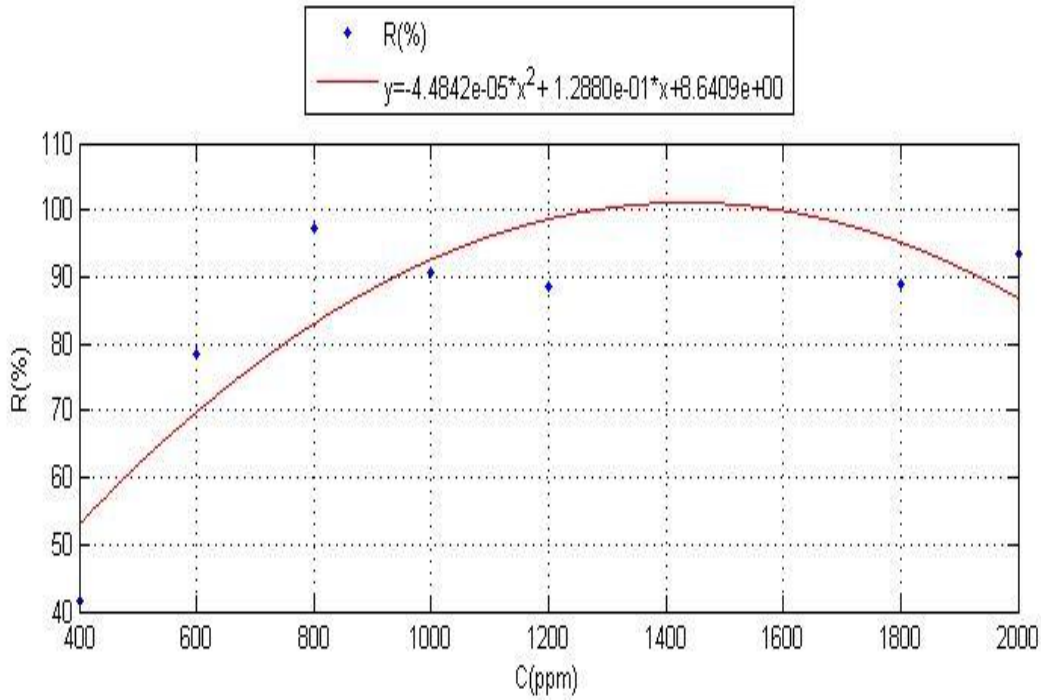
أ-التآكل بطريقة الضياع في الكتلة

تمت الدراسة وفق الطريقة السابقة

الجدول-IV-5: نتائج المتحصل عليها بالنسبة لتأثير التركيز على مردود التثبيط للمستخلص (Co)

لتآكل بطريقة الضياع في الكتلة في وسط حمض الكبريت 20% على CX52.

Ppm	m1 (g)	m2 (g)	Δm	S ( mm2)	V (mm/an)	R%
400	37,5197	37,4848	0,0349	1984,2578	19,5526	41,74
600	36,8539	36,8292	0,0247	1980,3330	13,8655	78,32
800	37,1230	37,1198	0,0032	1984,1940	1,7928	97,19
1000	38,5044	38,4937	0,0107	2016,9272	5,8975	90,77
1200	37,8540	37,8411	0,0129	1988,1544	7,2130	88,72
1800	39,2219	39,2125	0,0094	1464,3948	7,1358	88,84
2000	21,5164	21,5115	0,0049	1299,1128	4,1930	93,44



الشكل-IV-4: تغير المردود بدلالة التركيز للمستخلص (Co)

#### IV-6-دراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلص (Re)

##### أ-التآكل بطريقة الضياع في الكتلة

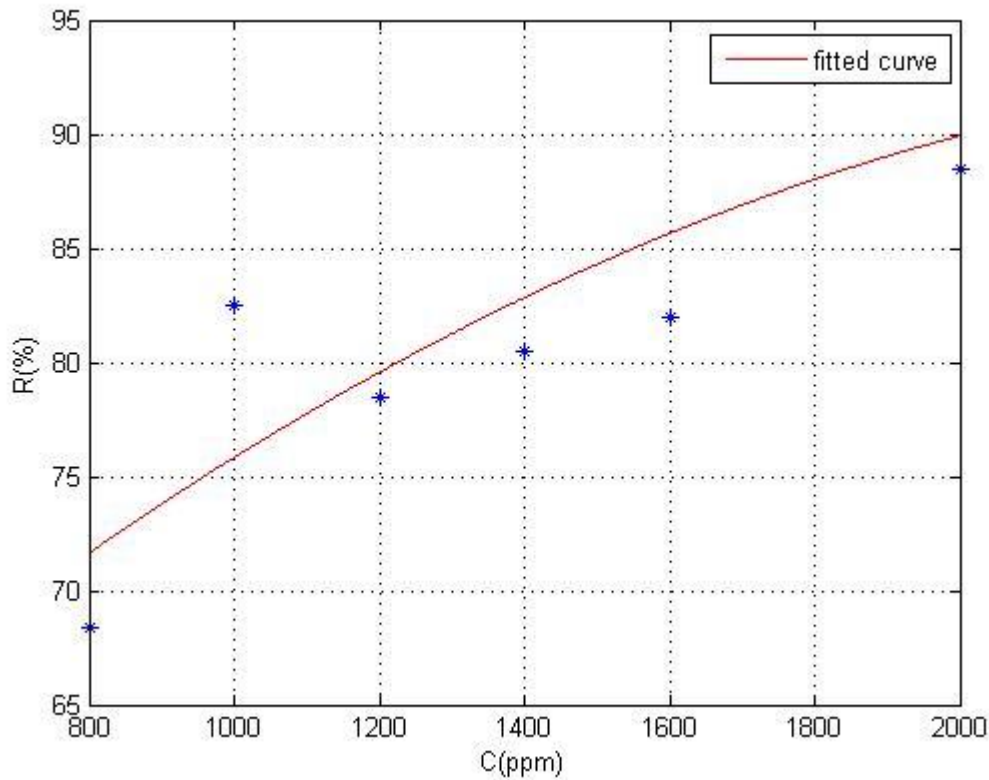
تمت الدراسة وفق الطريقة السابقة

الجدول IV-7: نتائج المتحصل عليها بالنسبة لتأثير التركيز على مردود التثبيط للمستخلص (Re)

لتآكل بطريقة الضياع في الكتلة في وسط حمض الكبريت 20% على الفولاذ CX52.

##### الرئم Retama retam

ppm	m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)	Δm	S	V(mm/an)	R%
800	37.0866	37.0677	0.0189	1977.7432	10.7253	68.341
1000	36.6589	36.6485	0.0104	1971.7136	5.9186	82.51
1200	36.3405	36.3277	0.0128	1967.383	7.3067	78.44
1400	37.58340	37.0094	0.0137	2000.7138	7.4096	78.44
1600	37.0201	37.0094	0.0107	1970.87	6.0971	82.01
1800	36.653	36.6490	0.004	1960.095	2.2918	93.24
2000	35.9943	35.9875	0.0068	1950.889	3.9144	88.45



الشكل-IV-6: تغير المردود بدلالة التركيز للمستخلص (Re)

### مناقشة ومقارنة النتائج

للتوضيح أكثر يمكن إعطاء الجدول التالي

الجدول-V-8 مقارنة المستخلصات حسب طريقة التغير في الكتلة

المستخلصات	ppm	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$\Delta m$	S	V(mm/an)	R%
القرطوفة	800	37,1230	37,1198	0,0032	1984,1940	1,7928	97,19
الرثم	1800	36.6530	36.6490	0.004	1960.095	2.2918	93.24

هذا الجدول يبين لنا الترتيب حسب الزيادة في نسبة التثبيت

$$Co > Re$$

لمراقبة و دراسة ظاهرة التآكل في وسط حمض الكبريتيك نختار سرعة صغيرة حيث يتسنى لدينا

الوقت الكافي لدراسة وملاحظة تغيرات . إلا أنه كلما زاد تركيز الحمض زاد ذوبان المستخلصات

المدروسة.[41,36]

#### IV -7- دراسة الفاعلية التثبيطية للمستخلص 2

##### 1- دراسة زمن الغمس:

- نحضر محلول HCl ذو تركيز 1M .

- نأخذ العينة و هي الألمنيوم ثم نقيس مساحتها و كتلتها ثم نغمسها في محلول HCl المحضر و بعد

10 دقائق نقوم بإخراجها و نقيس وزنها ونكرر العملية بالنسبة لباقي الأزمنة حيث نلخص العملية في

الجدول التالي:

الجدول IV - 8 نتائج التجربة بدون وجود مثبط

t(min)	m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)	Δm(g)	S(cm <sup>2</sup> )	V(g/cm <sup>2</sup> .min)	V(mm/ans)
10	24.4991	24.4980	1.1x10 <sup>-3</sup>	12.895	8.53x10 <sup>-6</sup>	16.6059
20	24.7055	24.7036	1.9x10 <sup>-3</sup>	13.038	7.28x10 <sup>-6</sup>	14.1841
30	24.4849	24.4789	6x10 <sup>-3</sup>	12.961	1.54x10 <sup>-5</sup>	30.0388
40	24.6768	24.6700	6.8x10 <sup>-3</sup>	12.927	1.31x10 <sup>-5</sup>	25.6001
50	24.4566	24.4497	6.9x10 <sup>-3</sup>	12.876	1.07x10 <sup>-5</sup>	20.8636
60	24.6429	24.6318	11x10 <sup>-3</sup>	12.928	1.49x10 <sup>-5</sup>	29.0239
70	24.4302	24.4200	10.2x10 <sup>-3</sup>	12.939	1.12x10 <sup>-5</sup>	21.9226

m<sub>1</sub>: الوزن قبل الغمس , m<sub>2</sub>: الوزن بعد الغمس , s: مساحة العينة

$$v = \frac{\Delta m}{St} \left( \frac{g}{cm^2 \cdot min} \right) , \quad \Delta m = m_1 - m_2$$

$$V = (\Delta m / st \cdot 2.7) \times 5,256 \cdot 10^6 \text{ (mm/ans)}$$

- نأخذ زمن الغمس  $t=30\text{min}$  .
- نستعمل المثبط في وجود الوسط الحمضي (HCl) .
- نغير في تركيز المثبط ونقيس في كل مرة تركيز سرعة التآكل ثم نقوم بحساب المردود حيث: R -  

$$(V/V_0) \times 100 = R$$

$$V_0: \text{سرعة التآكل عند زمن الغمس.}$$

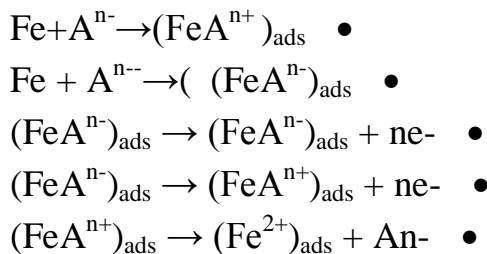
$$V: \text{سرعة التآكل بوجود المثبط عند كل تركيز.}$$

#### الجدول IV-9 - نتائج التجربة في وجود المثبط

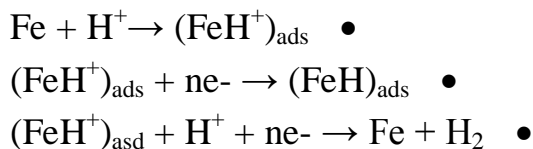
T(min)	C(ppm)	$\Delta m(g)$	S(cm <sup>2</sup> )	V(g/cm <sup>2</sup> .min)	R(%)
30	60	$1.4 \times 10^{-3}$	12.894	$3.619 \times 10^{-6}$	70
	80	$1.8 \times 10^{-3}$	12.81	$4.683 \times 10^{-6}$	76.5
	100	$1.1 \times 10^{-3}$	12.936	$2.832 \times 10^{-6}$	81.66
	120	$1.1 \times 10^{-3}$	12.864	$2.850 \times 10^{-6}$	81.49
	140	$2.4 \times 10^{-3}$	12.869	$6.216 \times 10^{-6}$	59.63
	160	$2.7 \times 10^{-3}$	12.673	$7.101 \times 10^{-6}$	53.88

#### المناقشة:

- أظهر المثبط المستخدم في هذه الدراسة كفاءة عالية في تثبيط تآكل الألمنيوم في محلول حامضي (HCl) .
- المثبط المستخدم يعمل على تثبيط التآكل بواسطة الإمتزاز على سطح المعدن وأن سلوك الإمتزاز كان فيزيائي.



- عند الكاثود يحدث تفاعل الهيدروجين



- زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المثبط .
- المثبط العضوي المستخدم في هذه الدراسة سهل التحضير والاستخدام ويعتبر رخيص الثمن بشكل كبير مقارنة مع المثبطات العضوي. [41, 35]



# الفصل الخامس

دراسة فعالية تثبيط التآكل  
بالطريقة الكهروكيميائية

## VI-1- الطريقة الكهروكيميائية

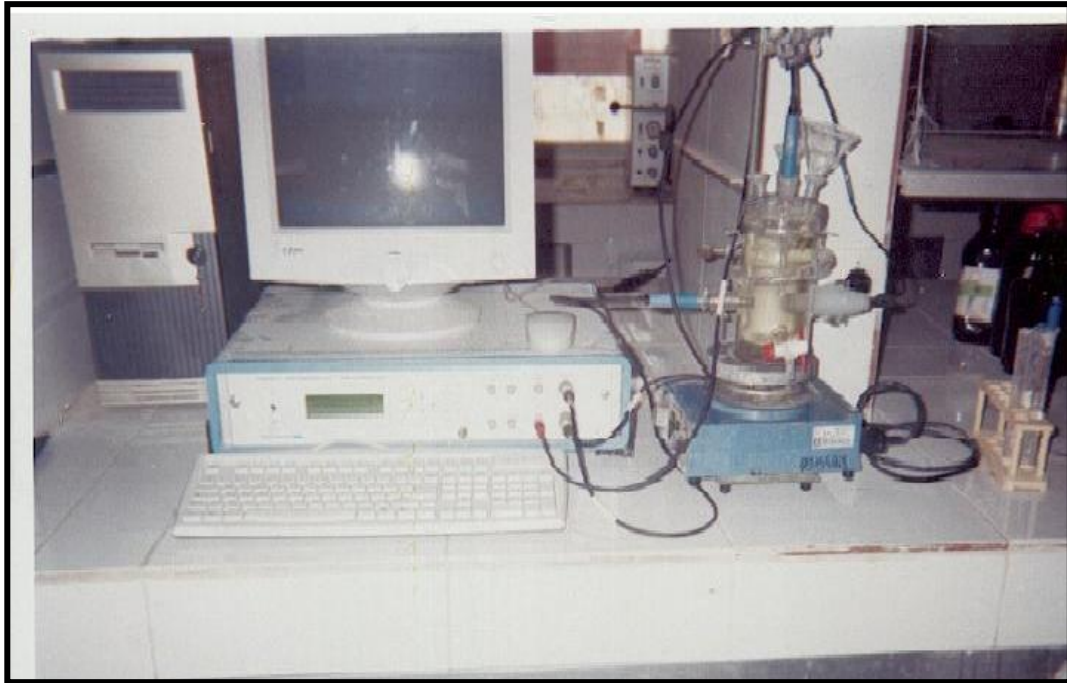
بما أن مجال الجهد الذي يتم الدراسة فيه أكبر من [8] 120mv ، فإنه يمكن الاعتماد كلياً على منحنيات الإستقطابية  $i=f(E)$  و بذلك رسم منحنيات Tafel ، تمت دراسة ذلك في نظام تجريبي يتكون من:

☞ جهاز galvanostat-potentionostat - من نوع PG201.

☞ خلية كهروكيميائية.

☞ إلكترونيات.

كل هذا متصل بجهاز حاسوب الشكل -V-1 مزود ببرنامج voltmaster 1 version 3.04

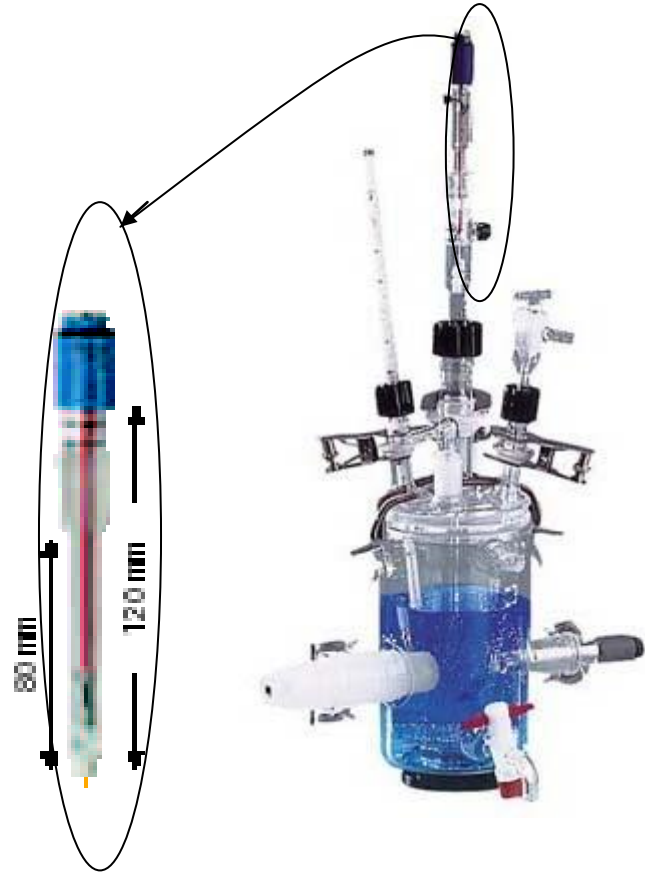


الشكل -V-1: الجهاز التجريبي للطريقة الكهروكيميائية

جهاز galvanostat-potentionostat من نوع PG201 كما في الشكل . 1.V. من الملحق .

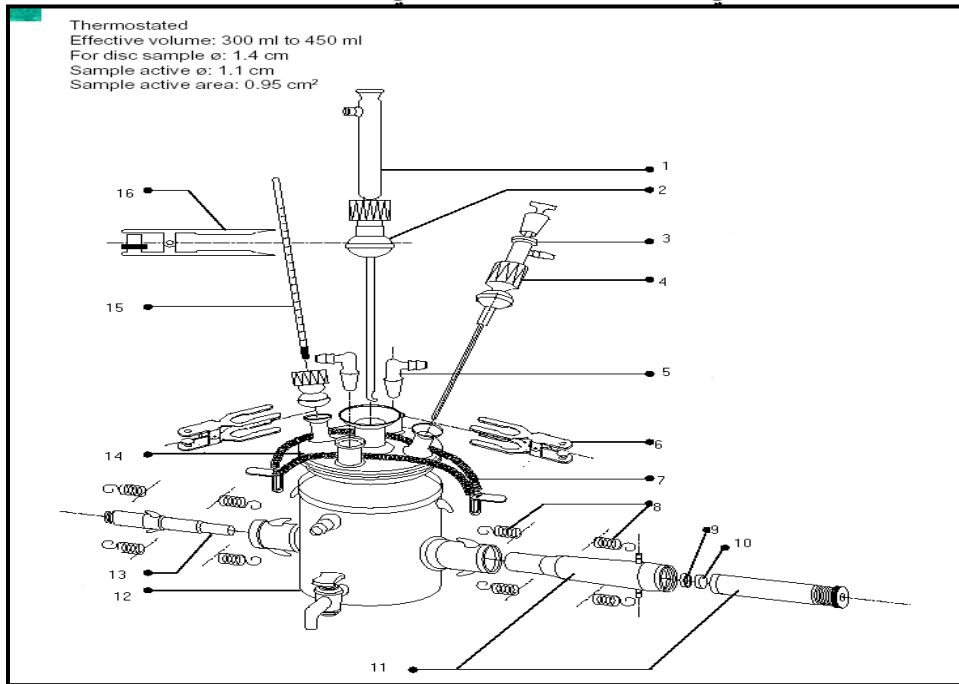
## V-2- خلية كهروكيميائية

وهي خلية اسطوانية الشكل من نوع Pyrex حجم 500ml بها فتحتان تسمح بإدخال نوعين من الألكتروليتات ، تحوى على غطاء خماسي الفتحات إحداهن لإدخال الألكتروليت المرجع، والباقية لإدخال الملحقات كالمحارر، مدخل الأزوت، ... ، ولتوضيح أكثر يعطى التركيب تخطيطي



الشكل V. 2: خلية إلكتروكيميائية .

كما في الشكل V-2 وكما في الشكل V-3 الموجود في الملحق .



الشكل V-3: رسم تخطيطي لخلية الإلكتروليتية

الجدول-V-1-العناصر المتكونة لخلية الإلكتروليتية

01	إلكترود المرجع	09	إلكترود العمل
02	أنبوب شعري	10	مثبت إلكترود العمل
03	سدادة	11	جسم لتثبيت إلكترود العمل
04	مدخل لأزوت	12	اسطوانة تحوى المحلول
05	فتحات لإدخال محلول من أجل رفع درجة الحرارة	13	إلكترود المساعد
06	ملاقط	14	غطاء
07	نابض لتثبيت الغطاء الخلية	15	محرار
08	نابض لتثبيت الألكترود	16	ملقط لتثبيت المحرار

#### 1-الإلكترودات المستعملة

من أرقى الخلايا هي تلك الخلايا التي تحتوى على ثلاث الكترودات: المساعد، المرجع، العمل .

#### 2-الإلكترود المساعد

صنع من البلاتين ، مساحته  $1\text{cm}^2$  حيث يضمن مرور التيار الكهربائي .

#### 3- الإلكترود المرجع

من نوع كلومال المشبع بكلوريد البوتاسيوم KCl حيث يأخذ وضعيته عن طريق إحدى فتحات الخمس للغطاء، يتحمل درجة حرارة أقصاها  $60\text{C}^0$  وتيار من  $25\text{mA}$  إلى  $25\text{mA}$ ، الشكل-VI-2- وبذلك حسب هذا التيار يكون المجال الذي نعمل فيه محددًا .

#### 4-الإلكترود العمل

و هو قطعة اسطوانية الشكل مساحة سطحها  $1\text{cm}^2$  تثبت على حامل من البلاستيك.

#### أ-طريقة العمل

تم العمل في التركيبية كما في الشكل-V-2- وفق الخطوات التالية :

- يجب اختيار سرعة المسح المناسبة وتحديد شروط لاستقطاب ثم نرمج الحاسوب عليها .
- بعد تحضير العينة وتحضير المحلول نقوم بإدخال الكترود العمل مع تنظيم الأجهزة الأخرى.
- نسكب المحلول المحضر ثم نضغط على مفتاح البدء مباشرة بعد الانتهاء من السكب وتنتقل التجربة ويبدأ الجهاز برسم منح نى الإستقرارية، ثم يليه رسم منح نى الإستقطابية وهذا الأخير نتحصل منه على منحرى Tafel بحيث يعطى Tafel عدة حسابات كهر بائية مهمة وهي :

☞ الجهد عندما التيار يساوي الصفر .

☞ مقاومة الإستقطابية .

تيار التآكل ميل المماس الجزء للفرع الكاتودي للمنحنى Tafel.

معامل الارتباط  $C_{\text{of}}$  وقيمته تتراوح بين الصفر و الواحد.

سرعة التآكل.

ولقد تم اختيار سرعة المسح وتحديد شروط الاستقطاب، بعد القيام بعدة تجارب وكذلك الاعتماد على دراسات سابقة لبعض الباحثين في هذا الميدان.

ب- اختيار السرعة

تم اختيار سرعة المسح ، لما لها من أهمية في استقرار منحنى الإستقطابية، حدد سرعة المسح بـ  $30\text{mV}/\text{min}$ ، وهي تسمح بالحصول على أفضل نتيجة.

ج- شرط الإستقطابية

تم اختيار المجال على أساس :

• مدى تحمل الإلكترود المرجعي للتيار خاصة بدون مثبط.

• مجال أكبر من  $120\text{mV}$  وذلك من أجل تطبيق قانون Tafel.

• التيار في هذا المجال يمر بالصفر.

فكان المجال بالنسبة 5 % و 10 % من  $-600\text{mV}$  إلى  $-380\text{mV}$  أما 20 % من  $-380\text{mV}$

إلى  $-500\text{mV}$  .

د- تحديد سرعة التآكل

يقوم البرنامج Voltmaster1 بتحديد و حساب سرعة التآكل بوحدة  $\text{mm}/\text{an}$  و حسب هذه

السرعة انطلاقا من تيار التآكل  $i_{\text{corr}}$  و كثافة  $d$  و الوزن المكافئ (Me) حسب المعادلة التالية [23]:

$$V_{\text{corr}} = \frac{i_{\text{corr}} \left( \frac{\text{A}}{\text{Cm}^2} \right) \times M(\text{g})}{D \left( \frac{\text{g}}{\text{Cm}^3} \right)} \times 3270 \quad (1.V)$$

$$3270 = 0.001 \left[ \frac{\ln[(\text{secondes})]}{96497.8} \right]$$

$$96997.8 = 1 \text{ faraday en colobes.}$$

هـ- حساب مردود التآكل

تم حساب مردود باستعمال المعادلة التالية [9]:

$$R\% = (V_0 - V) / V_0 \times 100 \quad (2.V)$$

أو

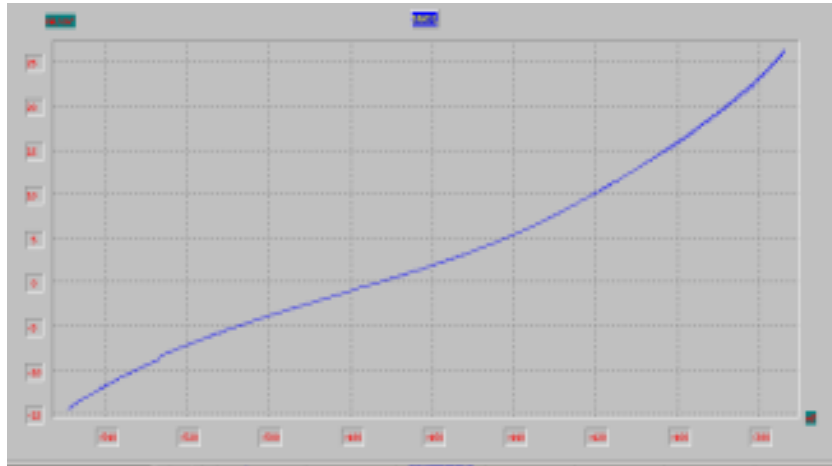
$$R\% = (I_0 - I) / I_0 \times 100 \quad (3.V)$$

$I_{0\text{corr}}$  (أو)  $V_{0\text{corr}}$ : بمثل كثافة تيار التآكل أو سرعة التآكل في غياب المثبط.

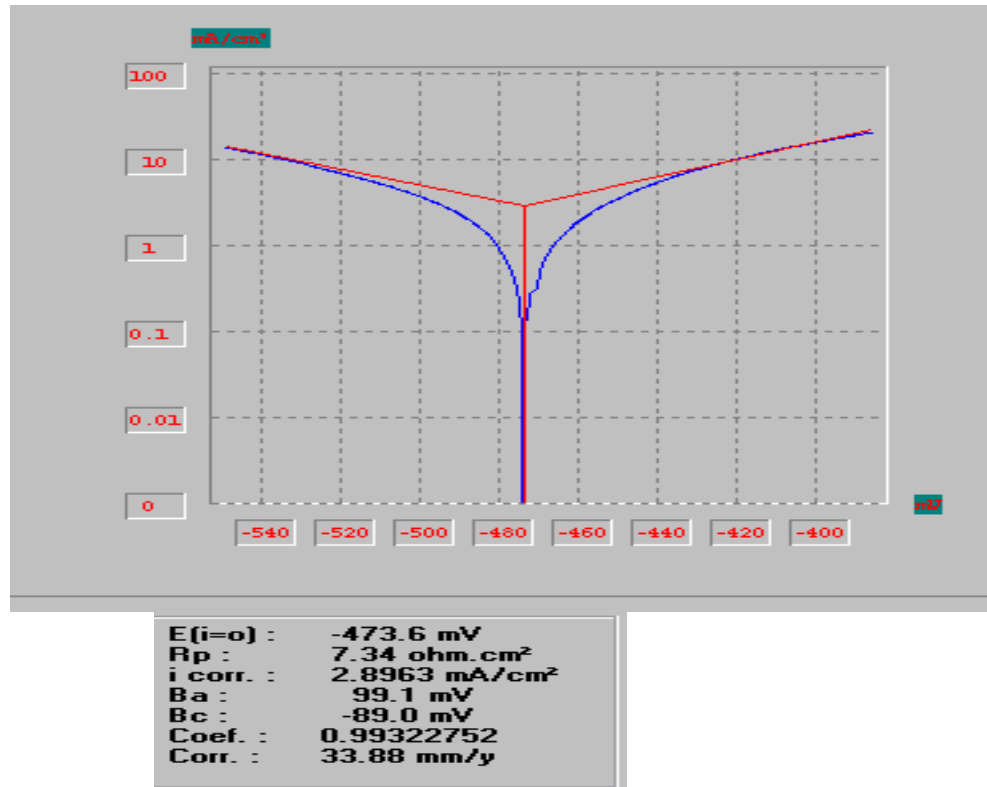
$I_{corr}$  أو  $V_{corr}$  ) بمثل كثافة تيار التآكل أو سرعة التآكل في وجود المثبط.

V-3- نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الكهروكيميائية للمثبط القرطوفة (Co)

- سرعة التآكل عند التركيز 20% من حمض الكبريتيك باستعمال المثبط القرطوفة (Co) حسب الطريقة الكهروكيميائية



الشكل -V-4 منحنيات الاستقطابية للفولاذ بدون مثبط CX52  $i=f(E)$



الشكل -V-5: منحنى Tafel للفولاذ  $\log i=f(E)$  (بدون مثبط)

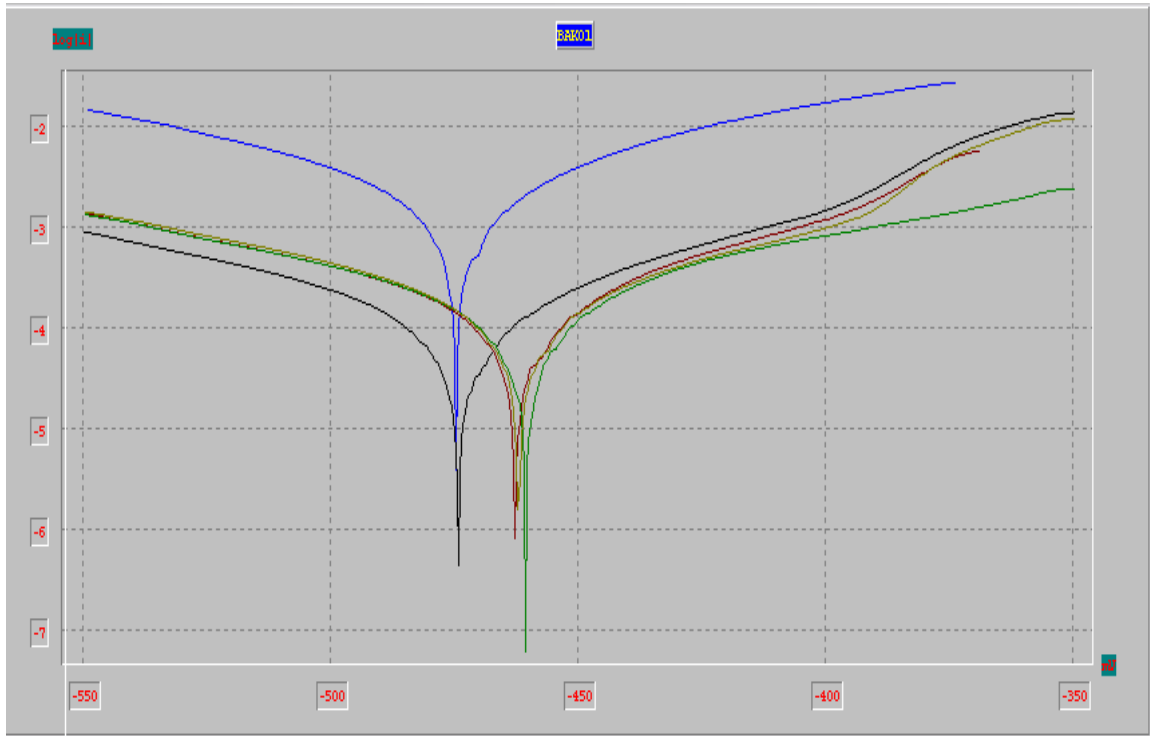
والنتائج كما يلي :

الجدول VI- 2 : القيم المميزة لمنحنى Tafel المختلف تراكيز المستخلص (Co).

التركيز (ppm)	E <sub>corr</sub> (mV)	I <sub>corr</sub> (mA/Cm <sup>2</sup> )	β <sub>a</sub> (mV/dec)	β <sub>c</sub> (mV/dec)	R <sub>p</sub> oh.cm <sup>2</sup>	V <sub>corr</sub> (mm/an)	المردود %
0000	-473.6	2.8963	99.1	-89.0	7.34	33.88	00,00
400	-472,9	0,1275	70,8	-90,2	122.51	1,492	95,59
600	-461,5	0,1390	67,6	-94,7	101.58	1,626	95,20
800	-459,3	0,2192	109,7	-97,5	150.24	2,565	92,42
1000	-460,9	0,1411	74,5	-94,4	97.5	1,651	95,12

هذا الجدول يفسر العلاقة الموجودة بين التراكيز للمثبط للمستخلص (Re) و المردود التثبيط حيث نلاحظ

انه كلما زادة التركيز المثبط زاد تبعا لذلك مردود التثبيط معناه هناك علاقة طردية وهناك نقصان في شدة تيار التآكل حيث انتقل من 2.8963(mA/Cm<sup>2</sup>) إلى 0,1411 (mA/Cm<sup>2</sup>) كما انتقلت سرعة التآكل من 33.88(mm/an) إلى 1,626(mm/an) حيث كانت العلاقة عكسية في القيمتين السابقتين بالنسبة لتركيز المثبط أيضا انتقلت شدة فرق الكمون التآكل من -473.6(mV) إلى -460.9(mV) [92, 40]



الشكل -6: منحنى  $\log(i)=f(E)$  للفولاذ الكربوني CX52 بتراكيز مختلفة من المستخلص (Co)

ازرق.....	0000 ppm
اسود.....	400 ppm
أخضر.....	800 ppm
أحمر.....	600 ppm
أصفر.....	1000 ppm

هذه المنحنيات أعطت تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $\log(i)=f(E)$

للفولاذ الكربوني CX52 بتراكيز مختلفة من المستخلص (Co) على السطح X52 C حيث تغيرت

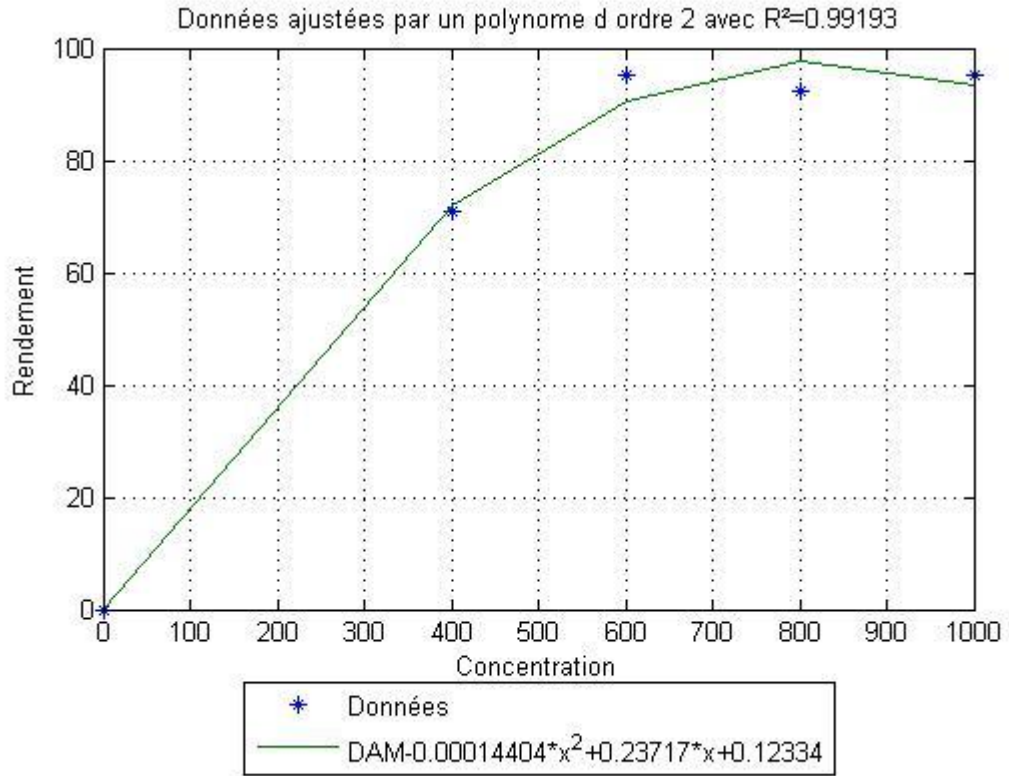
$\log(i)$  من  $0.461843544\log(\text{mA}/\text{Cm}^2)$  إلى  $-0.850472\log(\text{mA}/\text{Cm}^2)$  وتغيرت تبعا

لذلك  $f(E)$  من  $-473.6(\text{mV})$  إلى  $-460.9(\text{mV})$  [40 , 92]



## 4-V- برمجة عملية النمذجة للمثبط القرطوفة (Co)

بعد برمجة و معالجة النتائج المتحصل عليها للوصول بالأمثلة تم تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبط القرطوفة (Co) كانت النتائج كالتالي :



الشكل-7-V: منحنى تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبط القرطوفة (Co)

هذا المنحنى يعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة Rendement بدلالة Concentration المثبط القرطوفة (Co) إلى سطح CX52 حيث تحصلنا على معدل التصحيح ب  $R^2 = 0.99193$  مما يدل على تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبط القرطوفة (Co) على السطح CX52 بشكل أدق

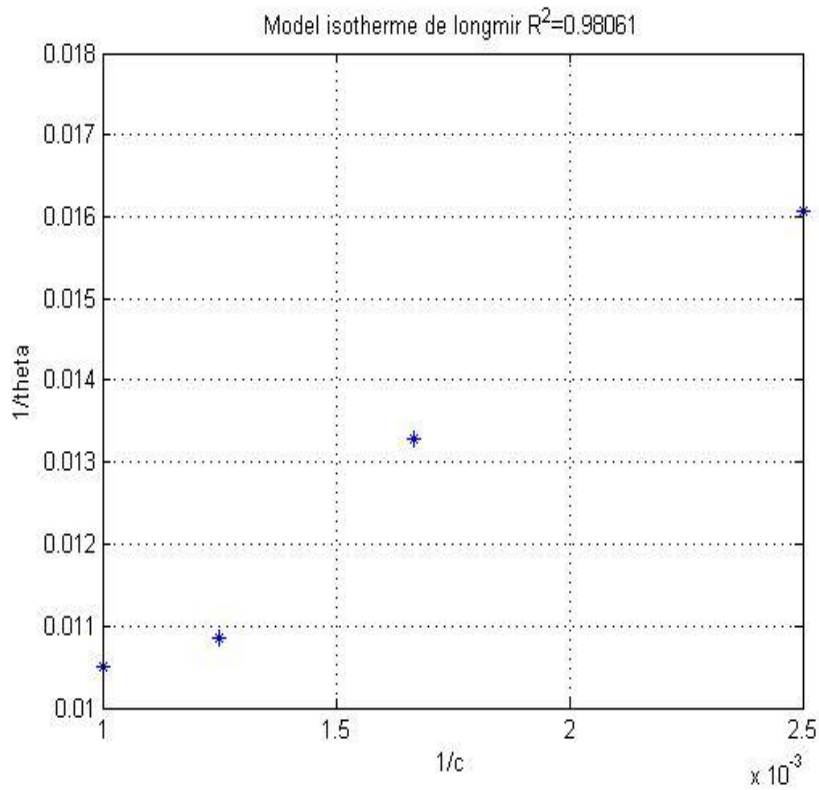
1-القيم المتحصل عليها بعد برمجة عملية النمذجة كانت كالتالي :  
 $b=62.433\text{ppm}$     $\text{Résidu}=11.6218\text{ppm}$     $\text{Le rendement max}=97.7469\%$

من النتائج المتحصل عليها نستنتج أن تراكيز المواد الفعالة في النبات القرطوفة هي كالتالي

الجدول-VI - 3: تراكيز المواد الفعالة في النبات القرطوفة (Co) .

القرطوفة	المواد الفعالة
التركيز (ppm)	
124.866 ppm	الصبونيات
187.299ppm	الفلافونويدات
124.866ppm	الحرّة
62.433ppm	السكرية
-	القلويدات
124.866ppm	ستيروولاتوالترينبات الثلاثية
62.433ppm	الزيوت الطيارة
124.866ppm	التينبات (العفصيات)

هذه التراكيز عبارة عن المواد الفعالة الموجودة في نبات القرطوفة (Co) التي تساعد على تثبيط التآكل طبعا من خلال ترجمة الأعمال التجريبية لكل من المسح الفيتو كيميائي لنبات القرطوفة و النتائج المتحصل عليها من مختلف التراكيز للمستخلص النباتي للقرطوفة بدلالة مردود التثبيط حيث تحصلنا على القيمة الصغرى لمختلف التراكيز المواد الفعالة من اجل الحصول على اكبر نسبة من مردود التثبيط



في محاليل مختلفة CX52 علاقة لارتقير للامتزاز للمثبط على سطح 8-8V الشكل -

هذا المنحنى يعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $1/\theta$  بدلالة  $1/c$  حيث  $\theta$  تمثل نسبة التغطية المثبط القرطوفة (Co) على سطح CX52 حيث تحصلنا على معدل التصحيح ب  $R^2 = 0.9806$  مما يدل أن المثبط يسلك سلوك علاقة الامتزاز للانكمير على السطح CX52 [59-50]

6-V- نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروكيميائية للمثبط الرثم (Re)

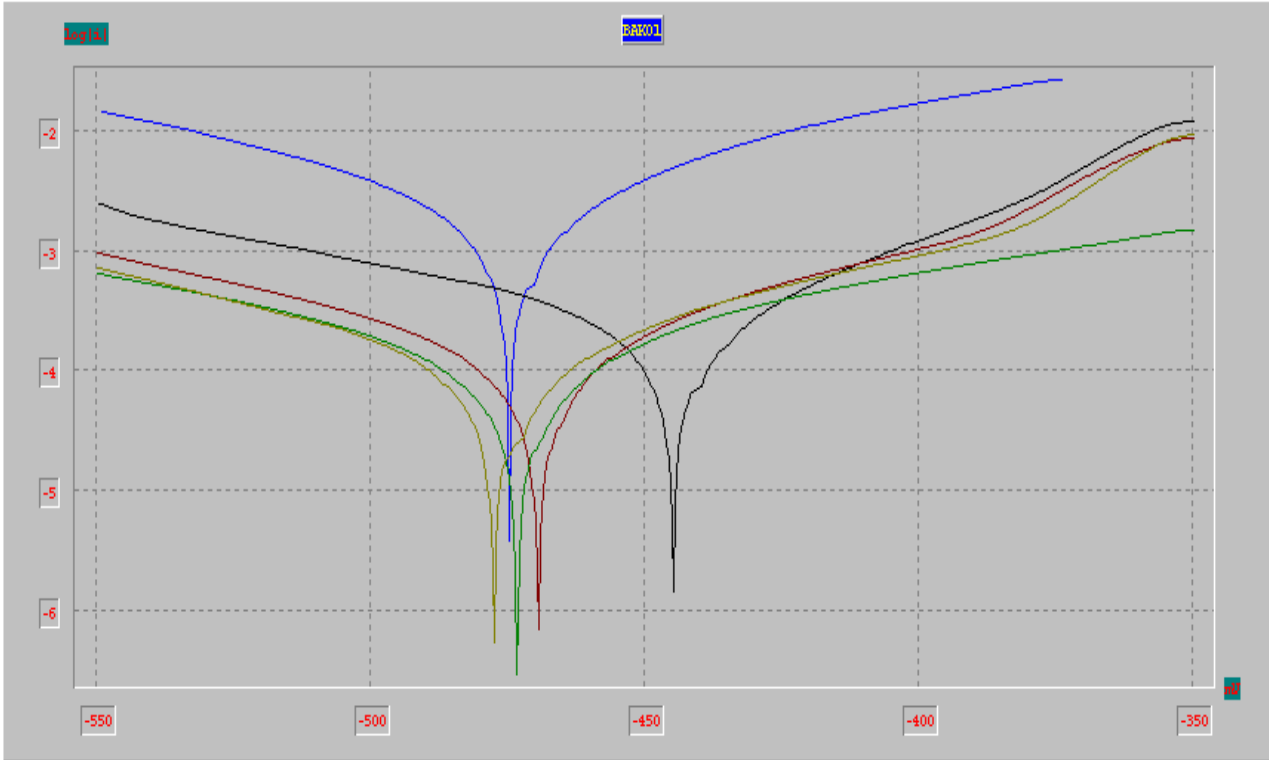
- سرعة التآكل عند التركيز 20% من حمض الكبريتيك باستعمال المثبط الرثم (Re) حسب الطريقة الالكتروكيميائية والنتائج كما يلي:

الجدول -V-4- القيم المميزة لمنحنيات Tafel

$\log(i)=f(E)$  للفولاذ CX52 المختلف تراكيز المستخلص (Re)

التركيز (ppm)	$E_{corr}$ (mV)	$I_{corr}$ (mA/Cm <sup>2</sup> )	$\beta_a$ (mV/dec c)	$\beta_c$ (mV/dec )	$R_{poh.c}$ m <sup>2</sup>	$V_{corr}$ (mm/an)	المردود %
0000	-473.6	2.8963	99.1	-89.0	7.34	33.88	00.00
1400	-443,7	0,1757	54,6	-105,9	64.05	2,056	93.93
1600	-468,3	0,1477	83,3	-95,4	118.44	1,728	94.89
1800	-472,1	0,1366	110,5	-101,6	155.78	1,598	95.28
2000	-476,0	0,1338	93,9	-88,0	151.24	1,565	95.38

هذا الجدول يفسر العلاقة الموجودة بين التراكيز للمثبط للمستخلص (Re) و المردود التثبيط حيث نلاحظ انه كلما زادة التركيز المثبط زاد تبعا لذلك مردود التثبيط معناه هناك علاقة طردية وهناك نقصان في شدة تيار التآكل حيث انتقل من  $2.8963(mA/Cm^2)$  إلى  $0,1338(mA/Cm^2)$  كما انتقلت سرعة التآكل من  $33.88(mm/an)$  إلى  $1.565mm/an$  حيث كانت العلاقة عكسية في القيمتين السابقتين بالنسبة لتركيز المثبط أيضا انتقلت شدة فرق الكمون التآكل من  $-473.6(mV)$  إلى  $-476,0(mV)$



الشكل -10: منحنيات Tafellog(i)=f(E) للفولاذ CX52 بتركيز مختلفة من المستخلص (Re)

ازرق .....	0000 ppm
اسود .....	1400 ppm
احمر .....	1600 ppm
اخضر .....	1800 ppm
اصفر .....	2000 ppm

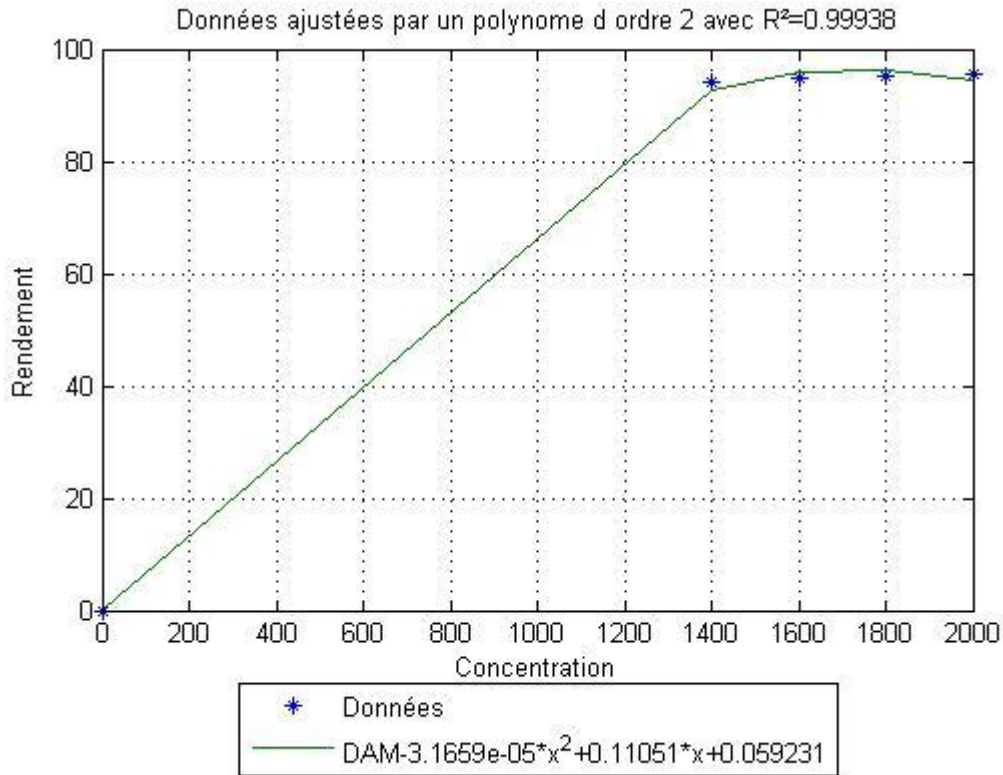
هذه المنحنيات تعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $\log(i)=f(E)$

للفولاذ الكربوني X52 بتركيز مختلفة من المستخلص (Co) على السطح CX52 حيث تغيرت  $\log(i)$  من  $0.461843544 \log(\text{mA}/\text{Cm}^2)$  إلى  $-0.8735438866 \log(\text{mA}/\text{Cm}^2)$  وتغيرت

تبعاً لذلك  $f(E)$  من  $-473.6(\text{mV})$  إلى  $-476,0(\text{mV})$  [ 83, 82 ]

## 7-V- برمجة عملية النمذجة للمثبط الرثم (Re)

بعد برمجة و معالجة النتائج المتحصل عليها للوصول بالأمثلة تم تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبط الرثم (Re) كانت النتائج كالتالي :



الشكل V-11: منحنى تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبط الرثم (Re)

القيم المتحصل عليها بعد برمجة عملية النمذجة كانت كالتالي  
 $b=90.9709\text{ppm}$     $\text{Résidu}=16.9346\text{ppm}$     $\text{Le rendement max}=96.5033\%$

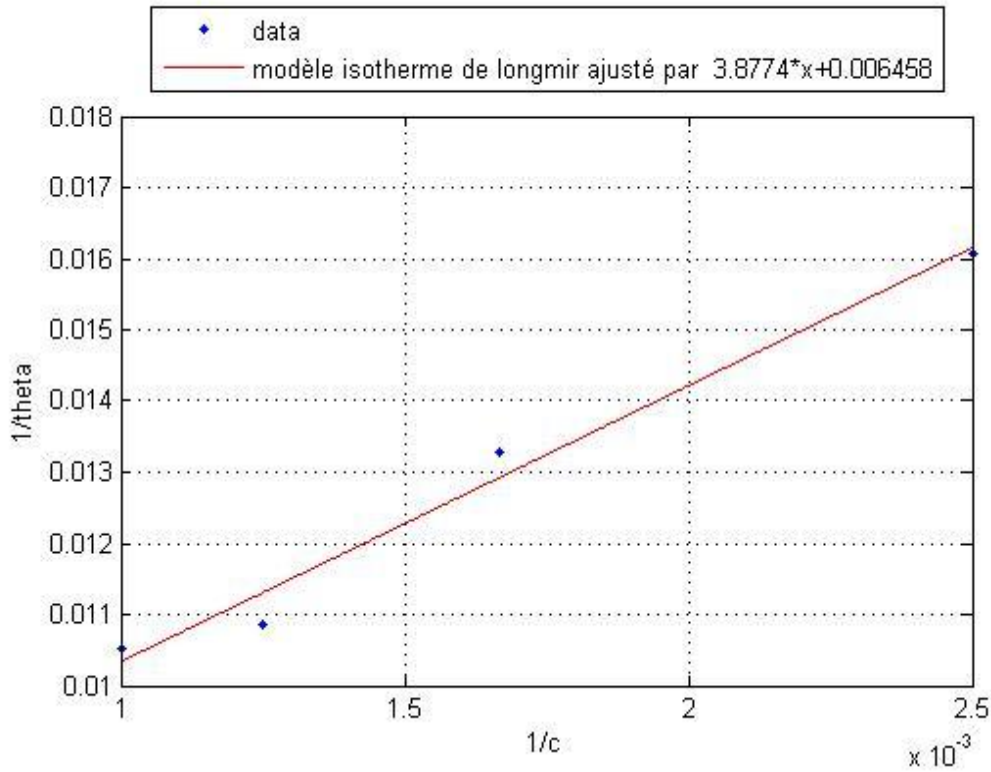
من النتائج المتحصل عليها نستنتج أن تراكيز المواد الفعالة في النبات الرثم هي:

الجدول (V- 5): تراكيز المواد الفعالة في النبات الرثم.

النباتات	الرثم
المواد الفعالة	Retamaretam
الصبونيات	272.9127ppm
الفلافونويدات	272.9127ppm
الحرّة	181.9418ppm
السكرية	90.9709ppm
القلويدات	272.9127ppm
ستيروولاتوترينبات الثلاثية	272.9127ppm
الزيوت الطيارة	90.97.9ppm
التنينات (العفصيات)	272.9127ppm

تفسير النتائج:

هذه التراكيز عبارة عن المواد الفعالة الموجودة في نبات الرثم التي تساعد على تثبيط التآكل طبعاً من خلال ترجمة الأعمال التجريبية لكل من المسح الفيتو كيميائي لنبات الرثم و النتائج المتحصل عليها من مختلف التراكيز للمستخلص النباتي للرثم بدلالة مردود التثبيط حيث تحصلنا على القيمة الصغرى لمختلف التراكيز المواد الفعالة من اجل الحصول على اكبر نسبة من مردود التثبيط



الشكل-9- علاقة لانغمير للامتزاز للمثبط على سطح CX52 في محاليل مختلفة

هذا المنحنى يعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $1/\theta$  بدلالة  $1/c$  حيث  $\theta$  تمثل نسبة التغطية المثبط الرثم (Re) على سطح CX52 حيث تحصلنا على خط مستقيم أين وصل معدل التصحيح ب  $R^2 = 0.9872$  مما يدل أن المثبط يسلك سلوك علاقة الامتزاز للانغمير على السطح X60[59-50]

### 8- V- مقارنة النتائج ومناقشتها

مقارنة نتائج المستخلصات (Co) و (Re) يمكن إعطاء الجدول التالي:

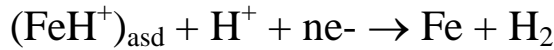
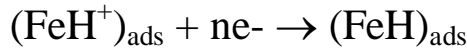
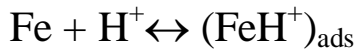
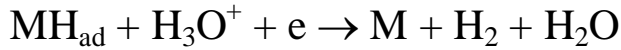
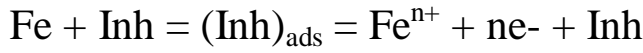
الجدول-6- V- مقارنة نتائج المستخلصات (Co) و (Re)

المردود %	V <sub>corr</sub> (mm/a n)	R <sub>poh.c</sub> m <sup>2</sup>	$\beta_c$ (mV/de c)	$\beta_a$ (mV/de c)	I <sub>corr</sub> (mA/c m <sup>2</sup> )	E <sub>corr</sub> (mV)	التركيز (ppm)	المستخلصات
95,38	1,565	151.24	-88,0	93,9	0,1338	-476,0	<b>2000</b>	الرثم
95,59	1,492	122.51	-90,2	70,8	0,1275	-472,9	<b>400</b>	الفرطوفة



## تحليل النتائج

من خلال الدراسة السابقة الم ستخلصان (Co) و (Re) ، تأكد لنا أن لهذه الم ستخلصات مثبطات حامضية ، لا تتأثر بطبيعة المعدن لا من ناحية المردود التثبيطي ولا من ناحية السلوك التثبيطي إلا أن طبيعة الوسط تعطي تغير ، حيث يتحول إلى أنودي. أما من ناحية المردود فهو أفضل في الوسط حمض كبريتيك و في جميع الحالات تحقق معادلة متساوي الدرجة للانقمر تعطي ألية التفاعل كمالى

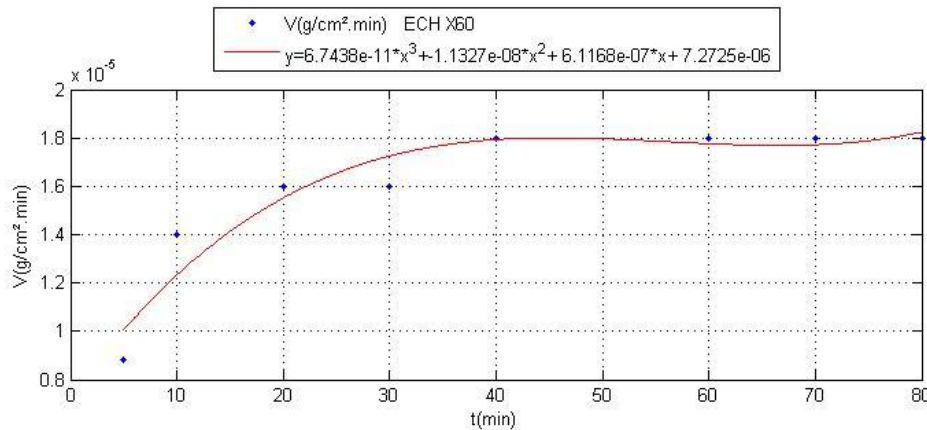


## VI-9- النتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروليميائية للمستخلص (2)

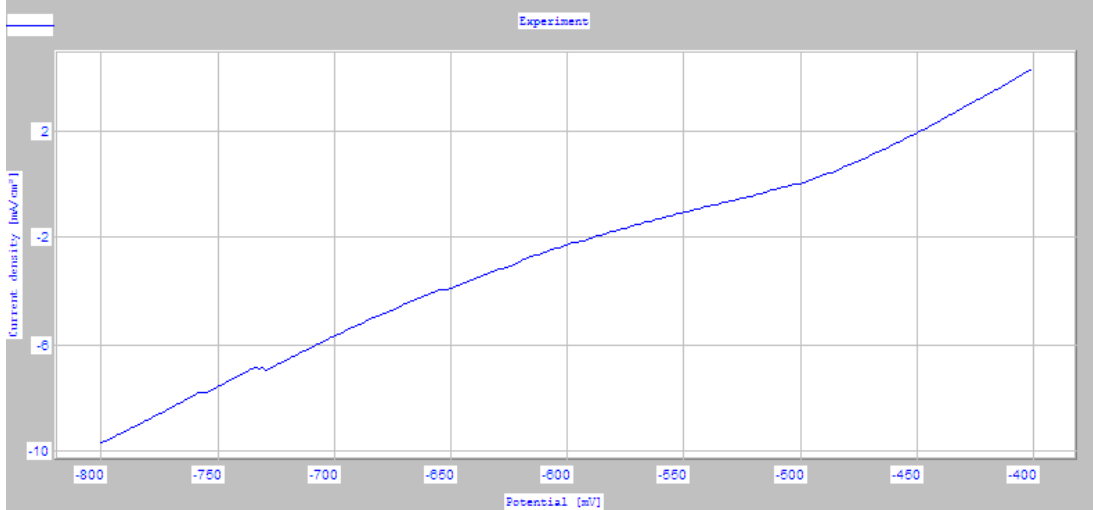
- سرعة التآكل عند التركيز 1M من حمض الكبريتيك باستعمال المستخلص (2) حسب الطريقة الالكتروليميائية والنتائج كما يل:

- تحديد زمن الغمس:

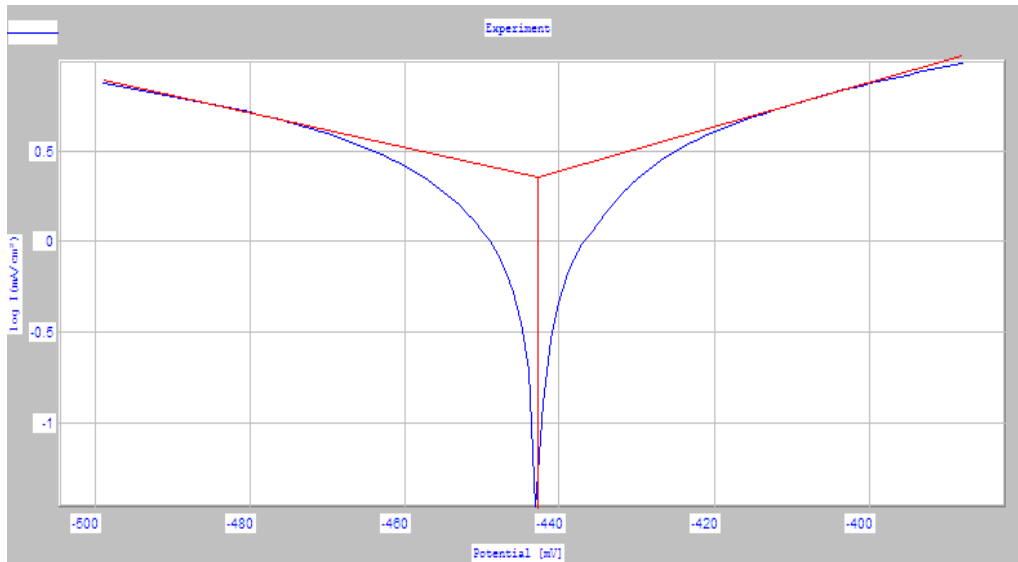
حسب النتائج المتحصل عليها من المنحنى برسم سرعة التآكل بدلالة الزمن اتضح أن زمن الغمس كان في حدود 40min بالنسبة ل CX52 في وسط الحمض (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>1M)



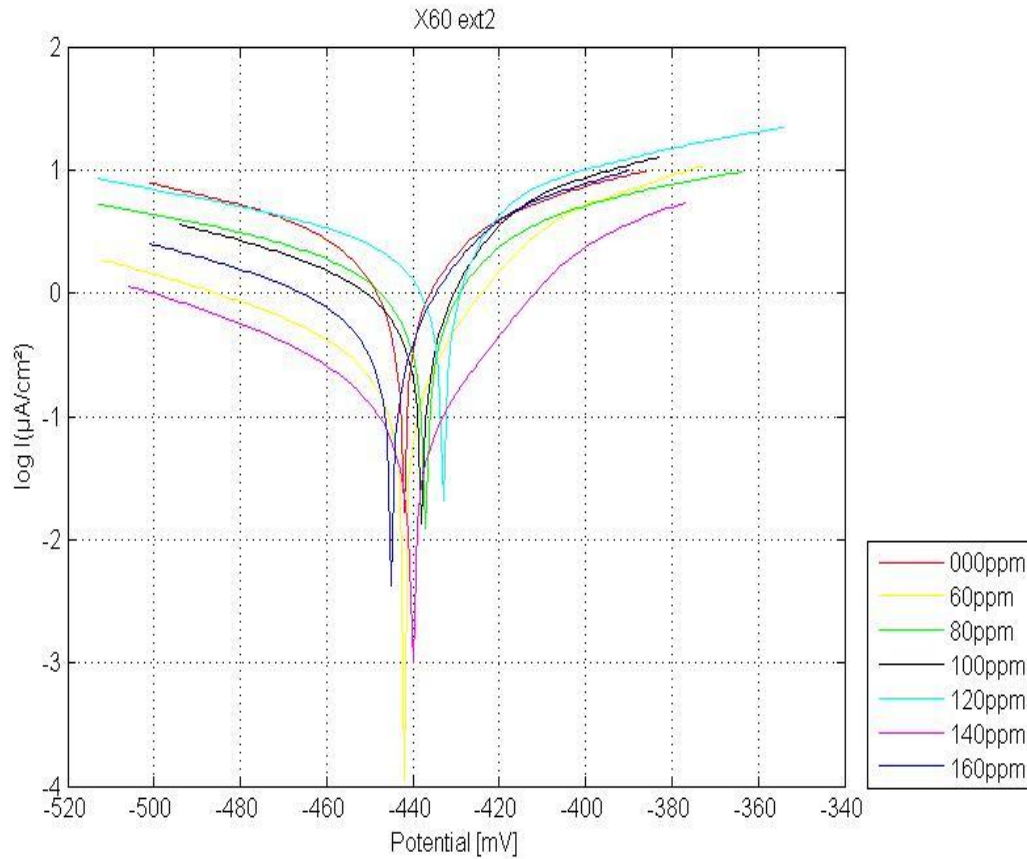
الشكل V-12-تغير السرعة بدلالة الزمن



الشكل - V-12 منحنيات الاستقطابية للفولاذ CX52  $i=f(E)$  بدون مشبط



الشكل - V-14: منحنى Tafel للفولاذ  $\log i=f(E)$  بدون مشبط



الشكل-15-V: منحنيات Tafel  $\log(i)=f(E)$  للفولاذ CX60 بتراكيز مختلفة من المستخلص 2

الجدول (7-V): القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز لمستخلص 2.

المردود %	Vcorr mm/an	$\beta_c$ (mV/de c)	$\beta_a$ (mV/d ec)	$I_{corr}$ (mA/Cm <sup>2</sup> )	Rpoh.c m <sup>2</sup>	$E_{0corr}$ mV/ECS	التركيز Ppm
00	26.63	-105.5	82.1	2.2774	6.21	-442.8	00
42,65	9.208	-107.5	53.7	0.7873	15.30	-428.2	60
75,46	14.18	-82.7	82.1	1.2124	10.74	-506.4	80
90,63	9.613	-79.4	29.0	0.8219	10.37	-438.0	100
91,14	<b>22.81</b>	<b>-111.2</b>	<b>36.8</b>	<b>1.951</b>	<b>5.05</b>	<b>-433.1</b>	120
92,75	<b>1.929</b>	<b>-74.4</b>	<b>34.5</b>	<b>0.1650</b>	<b>72.8</b>	<b>-440.1</b>	140
81,72	<b>7.240</b>	<b>-87.4</b>	<b>31.1</b>	<b>0.6190</b>	<b>15.41</b>	<b>-445</b>	160

هذا الجدول يفسر العلاقة الموجودة بين التراكيز للمثبت للمستخلص 2 و المردود التنشيط

حيث نلاحظ انه كلما زادة التركيز المثبط زاد تبعاً لذلك مردود التنشيط معناه هناك علاقة طردية

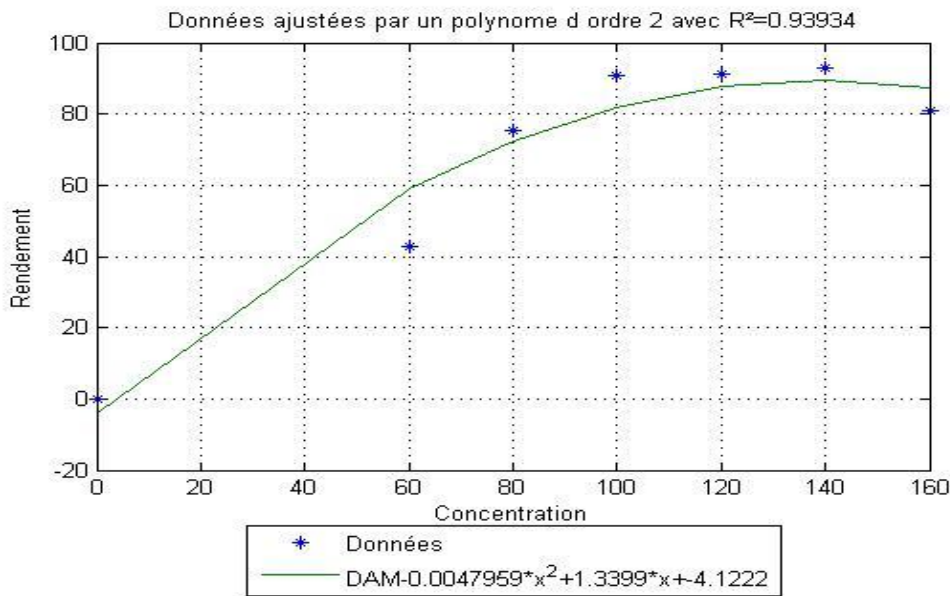
وهناك نقصان في شدة تيار التآكل حيث انتقل من  $2.2774(\text{mA/Cm}^2)$  إلى

$0.1650(\text{mA/Cm}^2)$  كما انتقلت سرعة التآكل من  $26.63(\text{mm/an})$  إلى  $7.240(\text{mm/an})$

1.9295 حيث كانت العلاقة عكسية في القيمتين السابقتين بالنسبة لتركيز المثبط أيضا انتقلت شدة فرق الكمون التآكل من  $-442.8(mV)$  إلى  $[85,40] -445mV$

### 10-V-برمجة عملية النمذجة للمثبط للمستخلص 2

بعد برمجة و معالجة النتائج المتحصل عليها للوصول بالأمثلة تم تحديد دالة تغير المرودود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبت المستخلص 2 كانت النتائج كالتالي :



الشكل -V-16: منحنى تحديد دالة تغير المرودود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبط المستخلص 2 القيم المتحصل عليها بعد برمجة عملية النمذجة كانت كالتالي

**b=9.1989ppm Résidu=1.7123ppm Le rendement max=89.4698%**

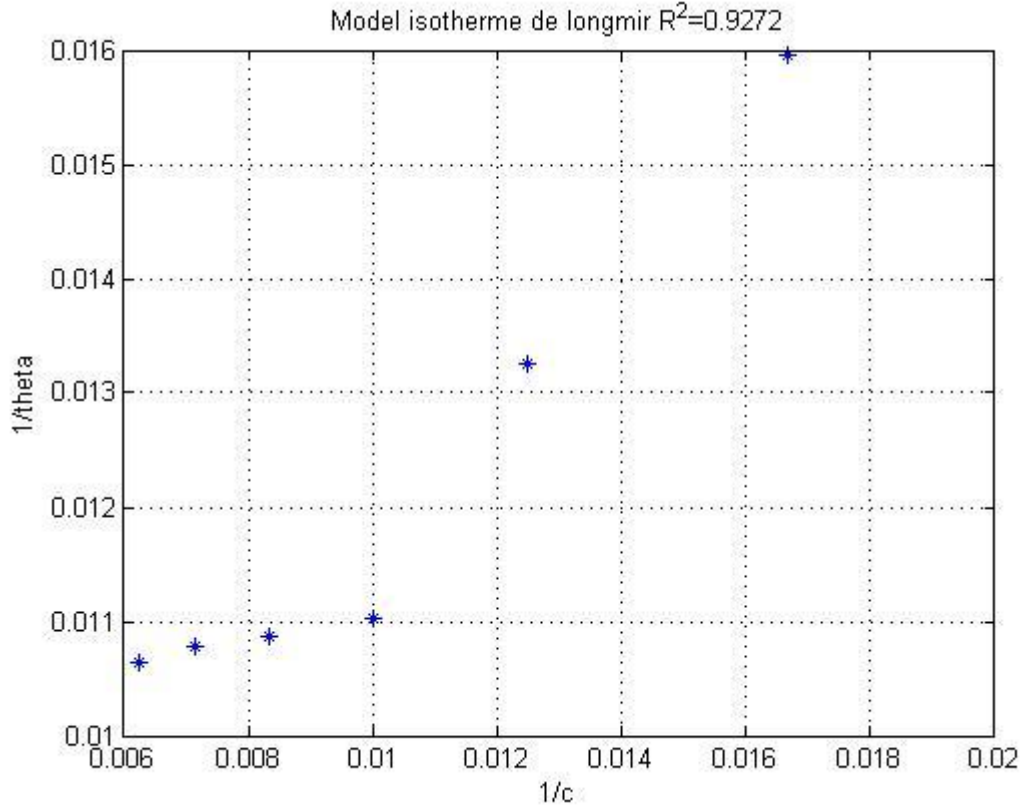
من النتائج المتحصل عليها نستنتج أن تراكيز المواد الفعالة في المستخلص 2 هي  
الجدول - V - 8: تراكيز المواد الفعالة في المستخلص 2.

النباتات المواد الفعالة	الزيتة
الصابونيات	9.1989ppm
الفلافونويدات	27.5967ppm
الحررة	9.1989ppm
السكرية	18.3978ppm
القلويدات	27.5967ppm
ستيرويدات والترينات الثلاثية	27.5967ppm
الزيوت الطيارة	9.1989ppm
التنينات (العفصيات)	9.1989ppm

هذه النتائج تفسر التراكيز المواد الفعالة الموجودة بنبات الزيتة التي تساعد على تثبيط  
التآكل طبعا من خلال ترجمة الأعمال التجريبية لكل من المسح الفيتوكيميائي لنبات الزيتة  
و النتائج المتحصل عليها من مختلف التراكيز للمستخلص النباتي للزيتة بدلالة مردود التثبيط  
حيث تحصلنا على القيمة الصغرى لمختلف التراكيز المواد الفعالة من اجل الحصول على اكبر نسبة  
من مردود التثبيط الأفضل

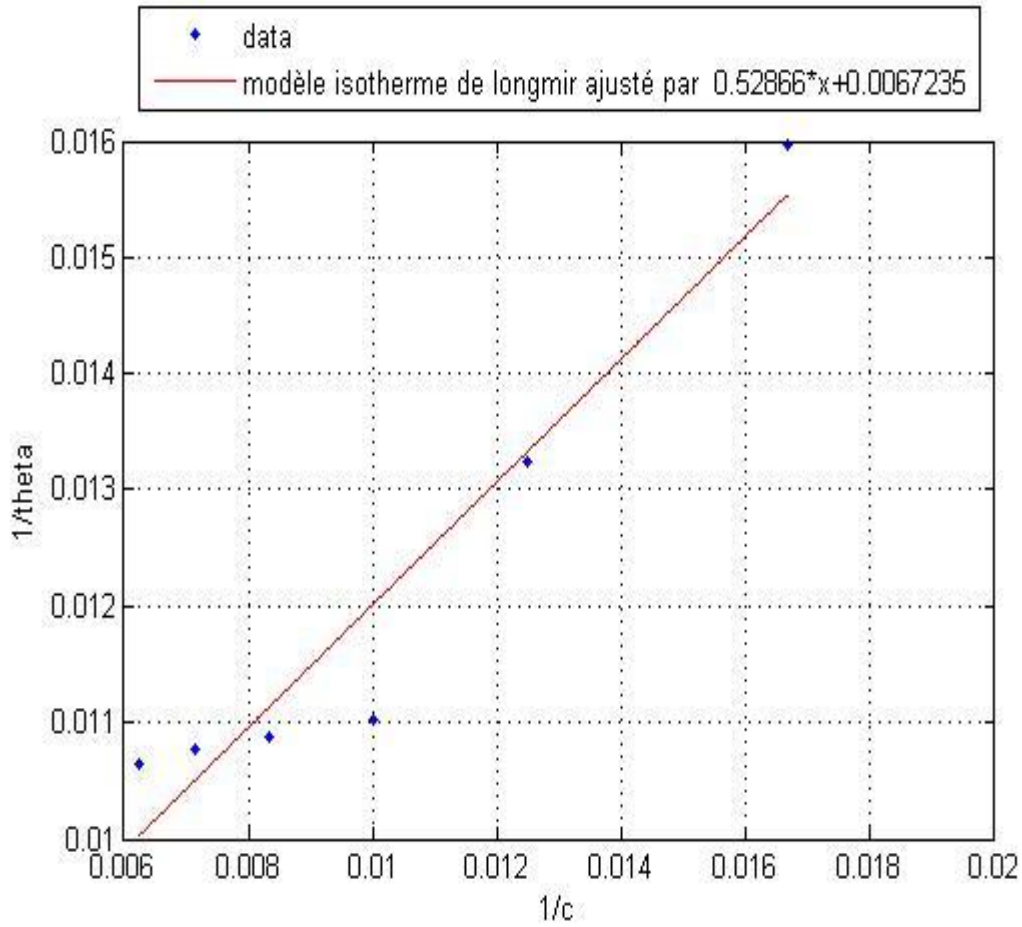
## 11-V-دراسة طبيعة الامتزاز المثبط للمستخلص 2 على سطح CX60

فكانت النتائج المحصل عليها كالتالي حسب الطريقة الألكتروكيميائية



الشكل-17-V-علاقة لانكمير للامتزاز المثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة

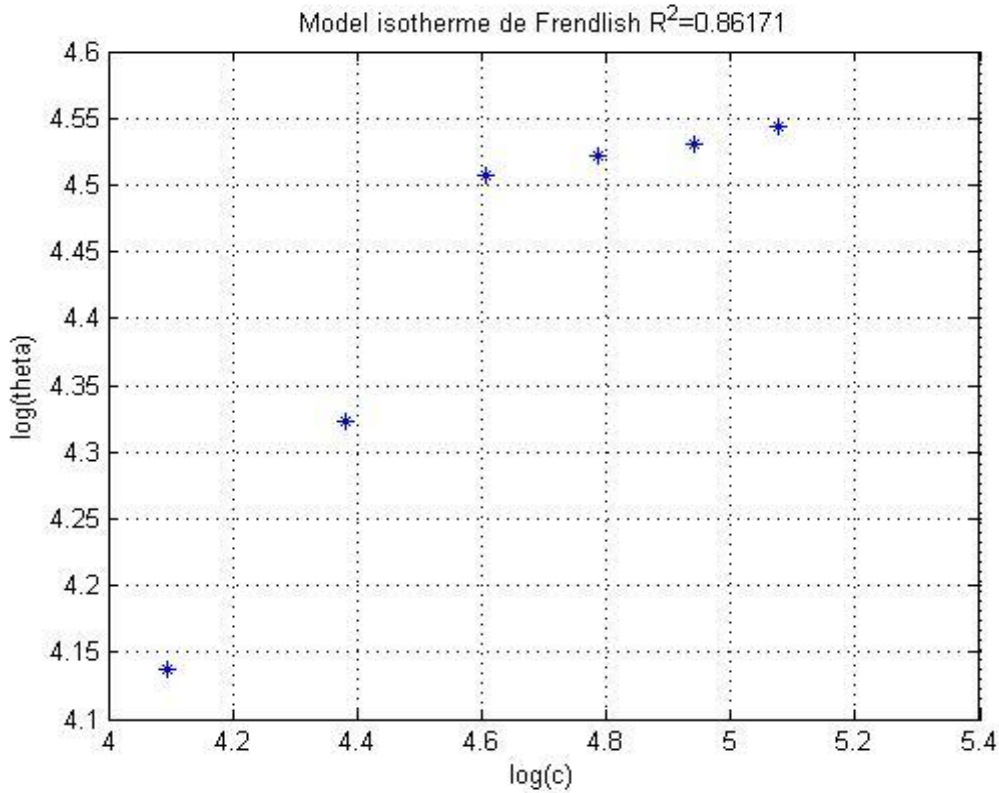
هذا المنحنى يعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $1/\theta$  بدلالة  $1/c$  حيث  $\theta$  تمثل نسبة التغطية المثبط القرطوفة ( $C_0$ ) على سطح X52 حيث تحصلنا علي معدل التصحيح  $R^2=0.9272$  مما يدل أن المثبط يسلك سلوك علاقة الامتزاز لانكمير على السطح [59-50] CX60



الشكل-V-18 علاقة لانغمير للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة

هذا المنحنى يعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $1/\theta$  بدلالة  $1/c$  حيث  $\theta$  تمثل نسبة التغطية للمستخلص 2 على سطح X60 حيث تحصلنا على خط مستقيم أين وصل معدل التصحيح بـ  $R^2 = 0.9272$  مما يدل أن المثبط يسلك سلوك علاقة الامتزاز للانغمير على السطح X60

[59-50]



الشكل-18 علاقة فراندليش للامتزاز للمشبث على سطح CX60 في محاليل مختلفة

هذا المنحنى يعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $1/\theta$  بدلالة  $1/c$  حيث  $\theta$  تمثل نسبة التغطية المثبت القرطوفة ( $C_0$ ) على سطح CX52 حيث تحصلنا على خط مستقيم أين وصل معدل التصحيح ب  $R^2 = 0.86712$  مما يدل أن المشبث لا يسلك سلوك علاقة فراندليش للامتزاز للمشبث على سطح CX60 في محاليل مختلفة بالمقارنة بعلاقة لانغمير للامتزاز [59, 50]

### 1- تفسير النتائج

#### علاقة الامتزاز :

نلاحظ من البيانين أن طبيعة الامتزاز المشبث للمستخلص 2 على سطح X60 تحقق علاقة لانغمير للامتزاز على العكس بالنسبة لطريقة فراندليش للامتزاز [120,118,117]

حيث كانت التغطية السطحية ( $\theta$ ) عند أي تركيز من المشبث يمكن أن تحسب من المعادلة التالية :

$$\theta = 1 - \frac{W_{in}}{W_{un}} \dots \dots \dots (3)$$

حيث  $W_{in}$ ،  $W_{un}$  الوزن المفقود بوجود وعدم وجود المشبث على التوالي عند درجة حرارة ثابتة .

$$\theta = \theta$$



يمكن استخدام بيانات معدلات التآكل للعينات المعدنية في الأوساط المختلفة في تحليل إلية الامتزاز ، علاقة لانكبير للامتزاز يمكن التعبير عنها كما يلي :

$$\theta = \frac{KC}{1 + KC} \quad \dots\dots\dots (4)$$

حيث (K) هو ثابت التوازن لعملية الامتزاز ويمثل درجة الامتزاز (القيمة العالية له تعني امتزاز قوي على سطح المعدن) ، والمقدار (C) يمثل تركيز المثبط و ( $\theta$ ) تغطية السطح ويمكن إعادة ترتيب المعادلة أعلاه كما يلي :-

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \quad \dots\dots\dots (5)$$

من خلال رسم العلاقة بين التغطية السطحية ( $1/\theta$ ) مقابل تركيز ( $1/C$ ) المثبط يمكن أن نجد عموماً زيادة في التغطية السطحية مع زيادة تركيز المثبط .

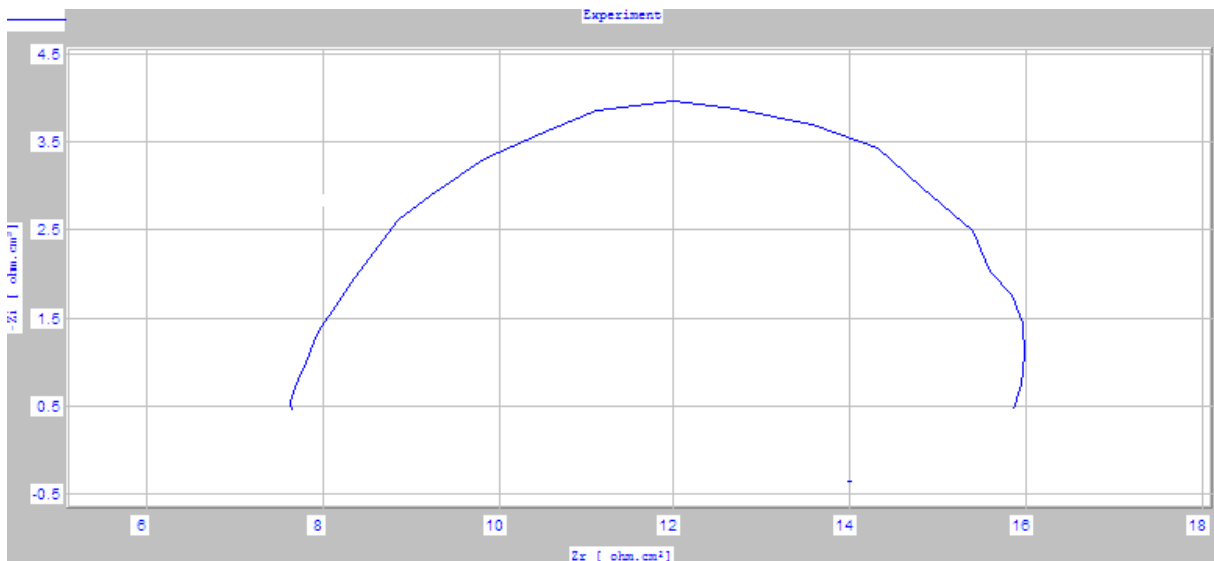
الشكل-VI-10 يبين العلاقة بين ( $1/\theta$ ) مقابل التركيز ( $1/C$ ) لعينات X60 في المحلول ألحامضي الحاويين على المثبط على التوالي .

نلاحظ من خلال الشكل أعلاه اعتماد المقدار ( $1/\theta$ ) على التركيز المثبط ( $1/C$ ) وان طبيعة العلاقة الخطية للمخططات أعلاه تشير إلأن المثبطات تمتز على سطح المعدن طبقاً إلى علاقة لانكبير أي زيادة عملية الامتزاز مع زيادة تركيز المثبط أي زيادة درجة التغطية وبالتالي زيادة الحماية من التآكل مع زيادة تركيز المثبط .

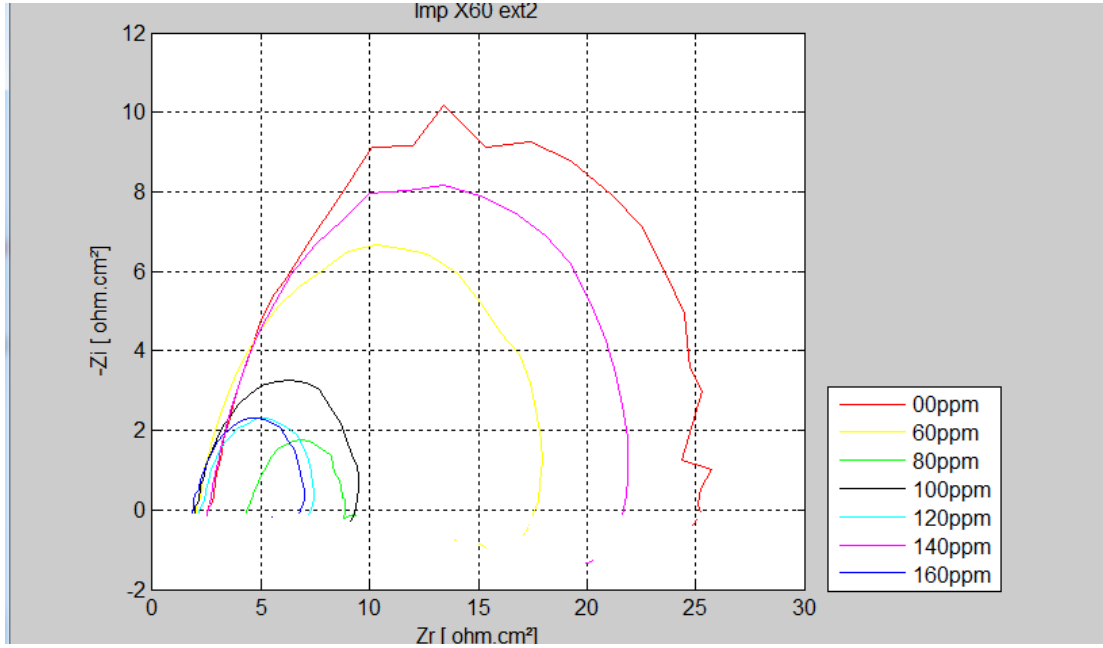
## V-12- نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الممانعة للمستخلص (2)

### 1- نتائج الفعالية التثبيطية لطريقة الممانعة:

فتحصلنا على منحنيات الممانعة



الشكل-V-20:منحنى الممانعة للفولاذ الكربوني (CX60) بدون مثبط



الشكل-21 V-منحنيات الممانعة لمستخلص CX602

V-13-القانون المستخدم في حساب مردود التثبيط R% بطريقة الممانعة:

$$R\% = ((R_{tinh} - R_{tcorr}) / R_{tinh}) 100$$

. R<sub>tcorr</sub>: مقاومة الانتقال الشحني في غياب المثبط

. R<sub>tinh</sub>: مقاومة الانتقال الشحني في وجود المثبط.

فاعلية التثبيط يمكن حسابها من خلال المعادلات التالية:

$$R_t = 1/2Cf_{max} \dots \dots \dots (6)$$

$$R\% = (R_{t(inh)} - R_{tcorr}) / R_{t(inh)} \dots \dots \dots (7)$$

فكانت النتائج كالتالي حسب الطريقة الممانعة

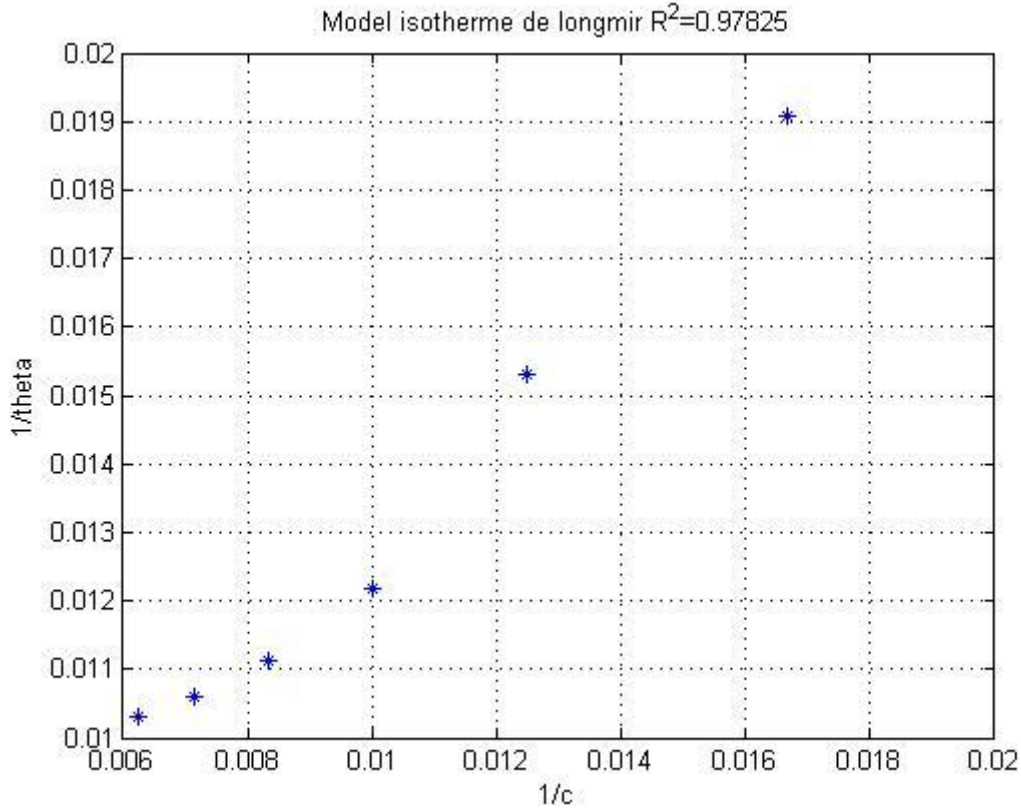
الجدول V- 9: القيم المميزة لمنحنى الممانعة لمختلف التراكيز لمستخلص 2.

التركيز C(ppm)	التواتر HZ	مقاومة الانتقال Rt(ohm.cm <sup>2</sup> )	سعة الطبقة المضاعفة C <sub>ed</sub>	المردود R%
00	4	0.4033005	0.806601	00
60	4	0.347216	0.173608	48.39
80	6.3291	8.58922161	2.71424	69.15
100	6.32910	1.3510951	0.42711	70.15
120	7.9365	3.968275	1	89.83
140	1.5823	7.002872137	8.85151	94.24,
160	7.9365	13.322089852	3.35717	96.97

هذا الجدول يفسر العلاقة الموجودة بين التراكيز للمشبث للمستخلص 2 و المردود التنشيط حيث نلاحظ انه كلما زادة التركيز المشبث زاد تبعا لذلك مردود التنشيط معناه هناك علاقة طردية وهناك نقصان في شدة تيار التآكل حيث انتقل من  $2.2774 \text{ (mA/Cm}^2\text{)}$  إلى  $0.1650 \text{ (mA/Cm}^2\text{)}$  كما انتقلت سرعة التآكل من  $26.63 \text{ (mm/an)}$  إلى  $1.9295 \text{ (mm/an)}$  حيث كانت العلاقة عكسية في القيمتين السابقتين بالنسبة لتركيز المشبث أيضا انتقلت شدة فرق الكمون التآكل من  $-442.8 \text{ (mV)}$  إلى  $-445 \text{ (mV)}$  [91,60] [120,93]

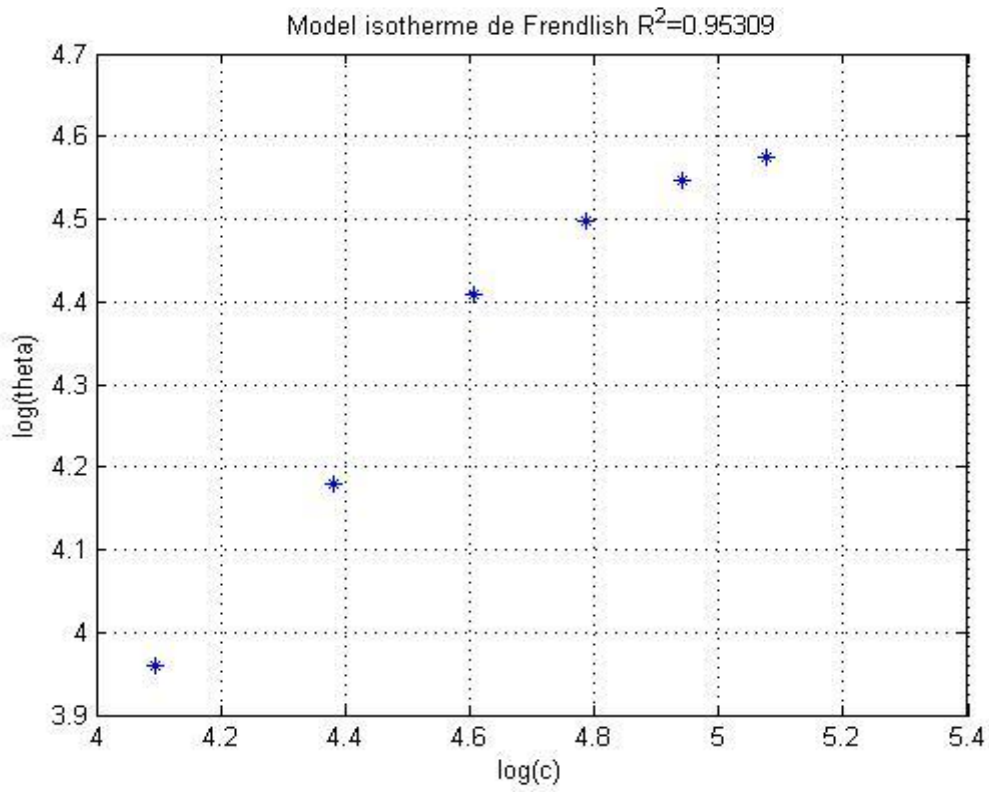
## 14-V-دراسة طبيعة الامتزاز المثبط للمستخلص 2 على سطح CX60

فكانت النتائج المتحصل عليها كالتالي حسب الطريقة الممانعة

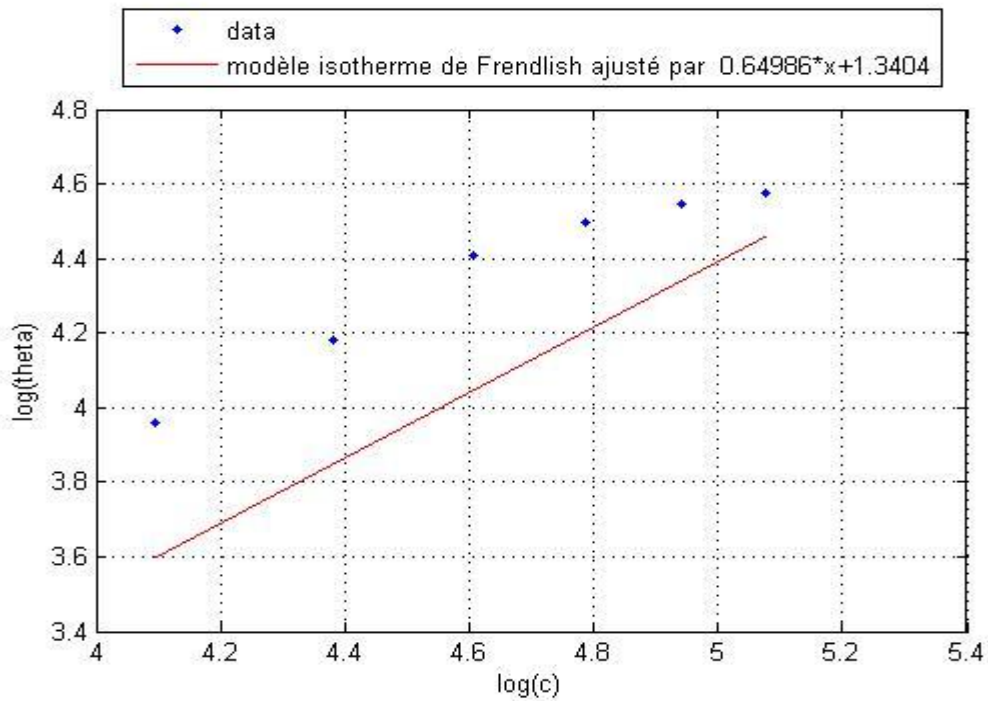


الشكل-22-V-علاقة لانجمير للامتزاز المثبط على سطح X60 في محاليل مختلفة

-هذا المنحنى يعطي تفسير للنتائج المتحصل عليها وذلك برسم العلاقة  $1/\theta$  بدلالة  $1/c$  حيث  $\theta$  تمثل نسبة التغطية المثبت القرطوفة (Co) على سطح CX52 حيث تحصلنا على خط مستقيم أين وصل معدل التصحيح ب  $R^2 = 0.86712$  مما يدل إن المثبط لايسلك سلوك علاقة فراندليش للامتزاز للمثبط على سطح X60 في محاليل مختلفة بالمقارنة بعلاقة لانجمير للامتزاز [59, 50]



الشكل-23 علاقة فراندليش للامتزاز للمشط على سطح CX60 في محاليل مختلفة



الشكل-24-V- علاقة فراندليش للامتزاز للمثبط على سطح CX60 في محاليل مختلفة

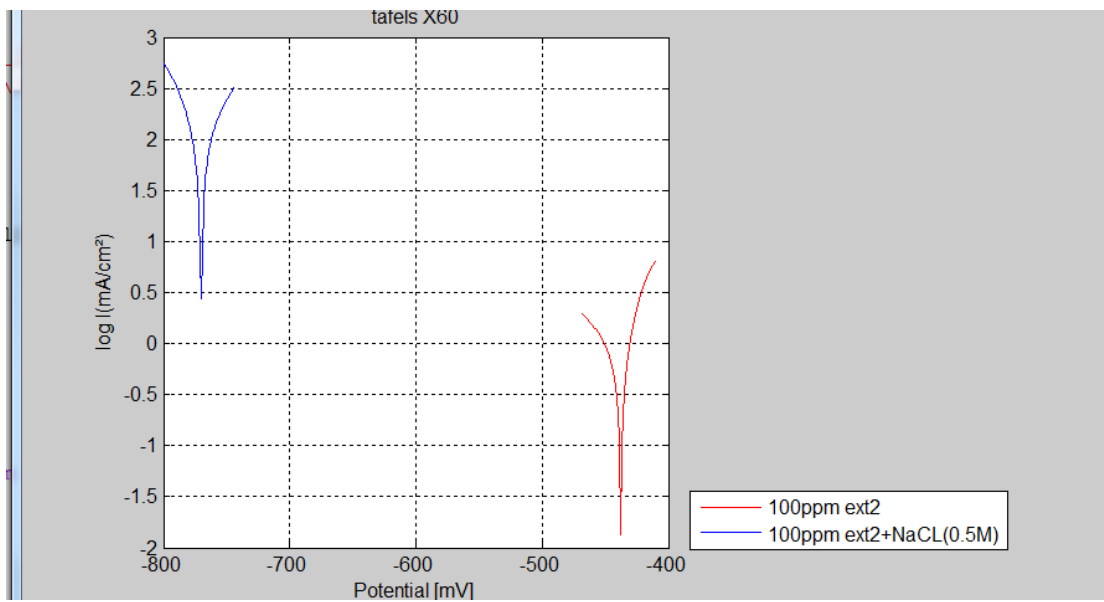
### 1- تفسير النتائج

علاقة الامتزاز:

نلاحظ من البيانيين أن طبيعة الامتزاز المثبط للمستخلص 2 على سطح CX60 تحقق علاقة لانكبير للامتزاز وذلك حسب طريقة الممانعة على العكس بالنسبة لطريقة فراندليش للامتزاز

### 15-V- تأثير NaCl على تثبيط التآكل

-نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الكهروكيميائية

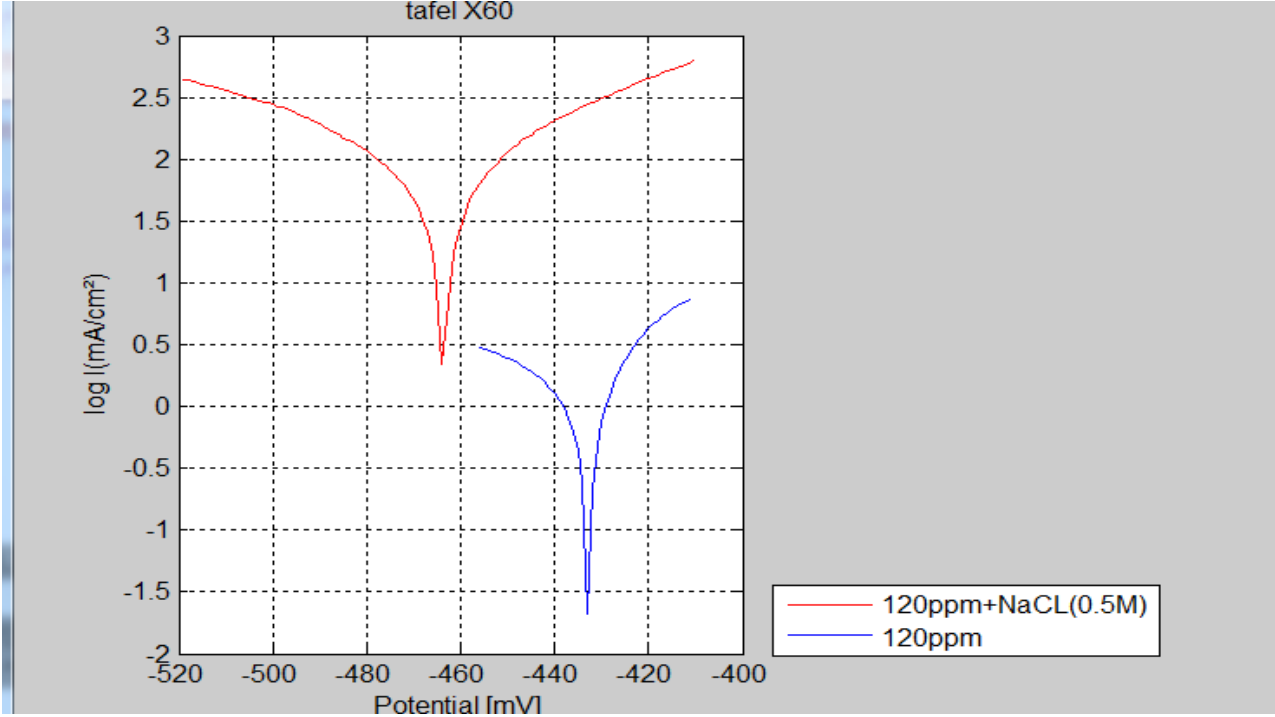


الشكل-25-V- منحنيات Tafel لمستخلص 2 لـ (CX60)

الجدول 10-V-: القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز المستخلص 2

المردود %	V <sub>corr</sub> mm/an	$\beta_c$ (mV/de c)	$\beta_a$ (mV/d ec)	$I_{corr}$ (mA/Cm <sup>2</sup> )	R <sub>poh.c</sub> m <sup>2</sup>	E <sub>0corr</sub> mV/ECS	التركيز Ppm
-	26.63	-105.5	82.1	2.2774	6.21	-442.8	00
63.90	9.613	-79.4	29.0	0.8219	10.37	-438.0	100
99.59	0.9519	-31.9	43.0	0.0813879	74640	-770.1	100+NaCl(0.5M)

من خلال لانتائج المتحصل عليها نجد إن هناك زيادة في مردود التثبيط وصل إلى % 99.59 وهذا في وجود NaCL مع التركيز 100ppm في عدم وجوده بلغ مردود التثبيط % 63.90 وذلك تبعاً لنقصان في سرعة التآكل من 9.613mm/an في عدم وجود NaCL إلى 0.9519 mm/an في وجود NaCL



الشكل-26 منحنيات Tafel للمستخلص 2

الجدول 11. V: القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز المستخلص 2

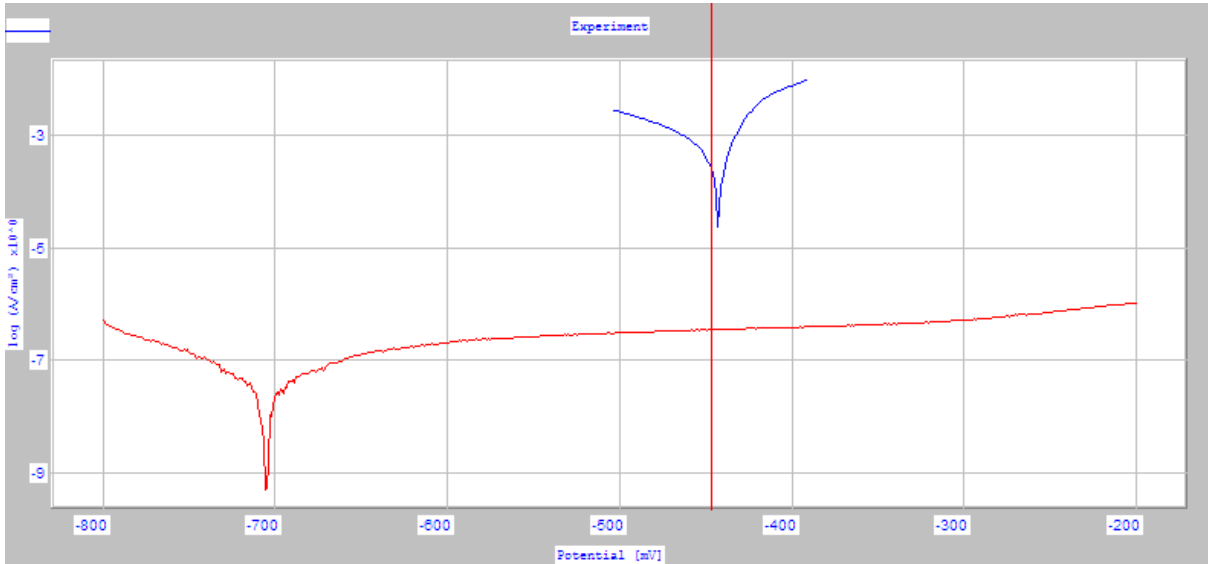
المردود %	Vcorr mm/an	$\beta_c$ (mV/de c)	$\beta_a$ (mV/d ec)	$I_{corr}$ (mA/Cm <sup>2</sup> )	Rpoh.c m <sup>2</sup>	E <sub>0</sub> corr mV/ECS	التركيز Ppm
-	26.63	-105.5	82.1	2.2774	6.21	-442.8	00
63.90	13.66	-52.6	23.5	1.1687	5.05	-433.1	120
96.42	1.020	-72.5	61.1	0.0872045	132.20	-463.7	120+NaCL(0.5M)

الجدول 12. V: القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز المستخلص 2

المردود %	Vcorr mm/an	$\beta_c$ (mV/de c)	$\beta_a$ (mV/d ec)	$I_{corr}$ (mA/Cm <sup>2</sup> )	Rpoh.c m <sup>2</sup>	E <sub>0</sub> corr mV/ECS	التركيز Ppm
-	26.63	-105.5	82.1	2.2774	6.21	-442.8	00
63.90	19.76	-38.9	36.9	1.6899	3.40	-426	80
96.42	0.1085	-70.5	74	0.0092807	1160	-822.8	80+NaCL(0.5M)

تفسير النتائج :

من نتائج الجداول الجدول 9- V و الجدول 10- V و الجدول 11- V أعلاه نلاحظ عند إضافة NaCl نقصت تبعاً لذلك شدة التيار و سرعة التآكل مما أدى إلى زيادة في تثبيط التآكل  
 16- V- تأثير درجة الحرارة على تثبيط التآكل



الشكل -V- 27 منحنيات Tafel للمستخلص 2

ازرق ..... 160ppm+28c°  
 احمر ..... 160 ppm+40c°

الجدول 13. V: القيم المميزة لمنحنى Tafel لمختلف التراكيز للمستخلص 2.

المردود %	Vcorr mm/an	$\beta_c$ (mV/d ec)	$\beta_a$ (mV/d ec)	$I_{corr}$ (mA/Cm <sup>2</sup> )	Rpoh.c m <sup>2</sup>	E <sub>0</sub> corr mV/ECS	التركيز Ppm
-	26.63	-105.5	82.1	2.2774	6.21	-442.8	00
69.47	8.13	-98	33.8	0.6952	15.21	-446.3	160ppm+28c°
69.38	8.154	-70.5	21.4	0.722	11.15	-437.3	160ppm+40c°

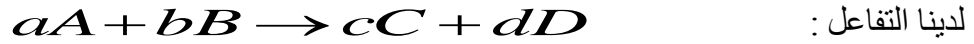
تفسير النتائج :

من نتائج الجدول أعلاه نلاحظ عند زيادة درجة الحرارة زادت تبعاً لذلك قيمة سرعة التآكل وذلك حسب

$$\text{علاقة أرينوس : } k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$



عبارة سرعة التفاعل :



حسب : Gulberg – waraye تكتب عبارة سرعة التفاعل كالتالي:

$$v = k[A]^\alpha [B]^\beta$$

حيث وحدتها: mole/l.min أو mole/l.s

v : سرعة التفاعل

k: ثابت السرعة

$\alpha$  : الرتبة الجزئية للتفاعل بالنسبة للمتفاعل A

$\beta$  : الرتبة الجزئية للتفاعل بالنسبة للمتفاعل B

$\alpha + \beta$ : الرتبة الكلية للتفاعل

عبارة ثابت السرعة k

$$\text{Arrhénius علاقة : } k = A \exp - \frac{E_a}{RT}$$

A: معامل التردد

$E_a$ : طاقة تنشيط التفاعل

R: ثابت الغازات المثالية

T: درجة حرارة التفاعل

$\alpha + \beta$ : الرتبة الكلية للتفاعل

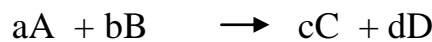
1-16-V العوامل المؤثرة عليها

(أ) درجة الحرارة :

$$V_{cor} = k e^{-\frac{\Delta E}{RT}}$$

$$v_{cor} k = A \exp - \frac{E_a}{RT} \Rightarrow \uparrow T \Rightarrow$$

(ب) تركيز المتفاعلات:



$$v = [A]^\alpha [B]^\beta$$

تتناسب السرعة طردا مع تركيز كل متفاعل عند أسس معينة وفي درجة حرارة ثابتة.

17-V- الدراسة الترموديناميكية:

حساب الطاقة الحرة:

$$\Delta G = -RT \ln(K_{ad}) \quad \text{انطلاقا من العلاقة التالية}$$

$$\text{حيث } T=301k \text{ و } R=8,31j/mol.k$$

ويتم حساب  $K_{ad}$  ببيان من الشكل VI-12 فنحصل على قيمة  $K_{ad} = 1.1398$  و منه قيمة الطاقة

$$\Delta G = -0,3275kj/mol \text{ الحرة}$$

ومن خلال نتيجة الطاقة الحرة يتم حساب ما يلي

حساب الأنطالبية ( $\Delta H$ ) و الأنتروبي ( $\Delta S$ )

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \text{ انطلاقا من العلاقة}$$

$$\text{وبتغيير درجة الحرارة } T_1 = 301K \text{ و } T_2 = 313K$$

ومنه الطاقة الحرة عند  $T_2 = 313K$  هي  $\Delta G = -0.3405kj/mol$

فحصلنا بعد حل المعادلتين بطريقة التعويض على النتائج التالية

$$\Delta H = -2.46j/mol$$

$$\Delta S = 1.08j/mol$$

18-V- دراسة سمك الطبقة المتشكلة لمستخلص 2 على سطح (CX60):

من خلال العلاقات الرياضية نبرهن على صيغة عبارة سمك الطبقة المتشكلة من المتبطل للمستخلص 2

على سطح الفولاذ (CX60)

$$n = \frac{c}{v}, \quad v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon}}, \quad c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \Rightarrow n = \sqrt{\frac{\mu_0 \epsilon}{\mu_0 \epsilon_0}} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} = \sqrt{\epsilon_r} / \epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

$$c = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 s}{d} = \frac{n^2 \epsilon_0 s}{d} \Rightarrow \frac{c}{s} = c_{ed} = \frac{n^2 \epsilon_0}{d} \Rightarrow d = \frac{n^2 \epsilon_0}{c_{ed}}$$

وهذه العبارة النهائية لسمك الطبقة المتشكلة فكانت النتائج كالتالي حسب الطريقة الممانعة

الجدول 9. V. القيم المميزة لمنحنى الممانعة لمختلف التراكيز لمستخلص 2.

C(ppm)	n	$\epsilon_0$ $\mu\text{F/cm}$	$C_{ed}$ $\mu\text{F/cm}^2$	d(mm)
60	1.6494	$8.854187817 \times 10^{-20}$	0.173608	$0.1797 \times 10^{-16}$
80	1.6532	$8.854187817 \times 10^{-20}$	2.71424	$0.0115 \times 10^{-16}$
100	1.6537	$8.854187817 \times 10^{-20}$	0.42711	$0.0734 \times 10^{-16}$
120	1.6564	$8.854187817 \times 10^{-20}$	1	$0.0315 \times 10^{-16}$
140	1.6446	$8.854187817 \times 10^{-20}$	8.85151	$0.0035 \times 10^{-16}$
160	1.6438	$8.854187817 \times 10^{-20}$	3.35717	$0.0092 \times 10^{-16}$

$\epsilon$  (f/m): سماحية المادة

$\epsilon_0$  (f/m): سماحية الفراغ حيث  $\epsilon_0 = 8.854187817 \times 10^{-20} (\mu\text{F/cm})$

$\mu_0$ : نفاذية الفراغ حيث  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-20}$   $8.854187817 \times 10^{-20}$   $0.1797 \times 10^{-16}$

n: قرنية الانكسار

c: سرعة الضوء حيث  $c = 3 \times 10^8 (\text{m/s})$

$C_{ed}$ : السعة الكهربائية السطحية المضاعفة

d (mm): سمك الطبقة المتشكلة

من نتائج الجدول تحصلنا على العلاقة التي تربط سمك الطبقة المتشكلة d و قرنية الانكسار n للمادة

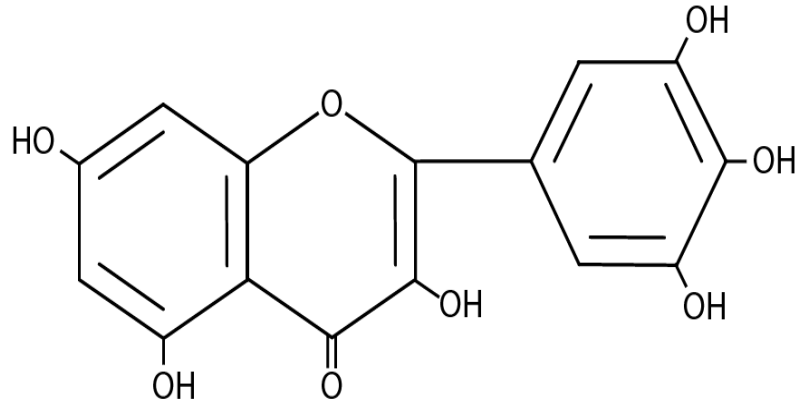
والسعة الكهربائية المضاعفة هناك عدة تفسيرات لهذه النتائج نذكر منها مايلي

1- تتشكل طبقة وحيدة حسب طبيعة سلوك الامتزاز لنقير هذه الطبقة تتكون من المركبات التالية حسب الخصائص الفيزيائية لها في كل تركيز هذه المركبات تعطي كما يلي حسب المسح الفيتو كيميائي

1 - المركبات الفلافونيدية: يتم امتزازها على سطح الفولاذ CX60 حسب خصائصها الفيزيائية

• الاستقطابية الكهربائية

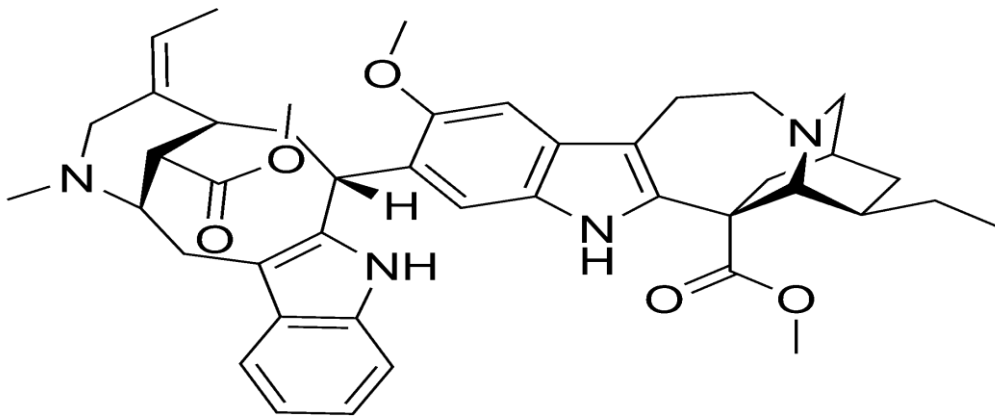
- نصف القطر الأيوني
- السعة الكهربائية المضاعفة
- الشكل المستوي أو الفراغي للمركب المتمز كلما كان فراغي كانت قوة الرابطة ضعيفة



المركب الفلافونيد

## 2-المركبات القلوية ( Alkaloids)

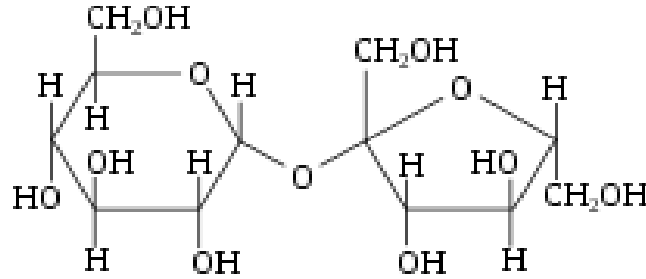
- تدخل هذه المركبات في تشكيل طبقة مع الفولاذ الكربوني حسب الخصائص الفيزيائية لها بالمقارنة مع سابقتها فكلما كانت القيم الفيزيائية من الاستقطابية الكهربائية نصف القطر الأيوني و السعة الكهربائية المضاعفة اكبر تدخل في تشكيل الرابطة



شكل-المركبات القلوية ( Alkaloids)

## 3-الصابونيات (Saponins)

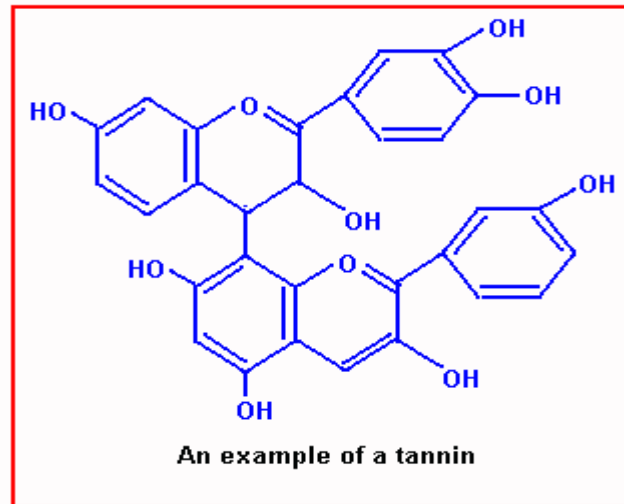
هذه المركبات تدخل في تشكيل الرابطة مع الفولاذ الكربوني CX60 بنفس الطريقة السابقة وهذا ما يفسر تزايد وتناقص سمك الطبقة المتشكلة راجع لكون المركبات مختلفة في أحجامها الجزيئية وبالتالي مختلفة في أنصاف أقطارها مما يؤدي إلى علاقة عكسية مع الاستقطاب الكهربي



شكل الصابونيات (Saponins)

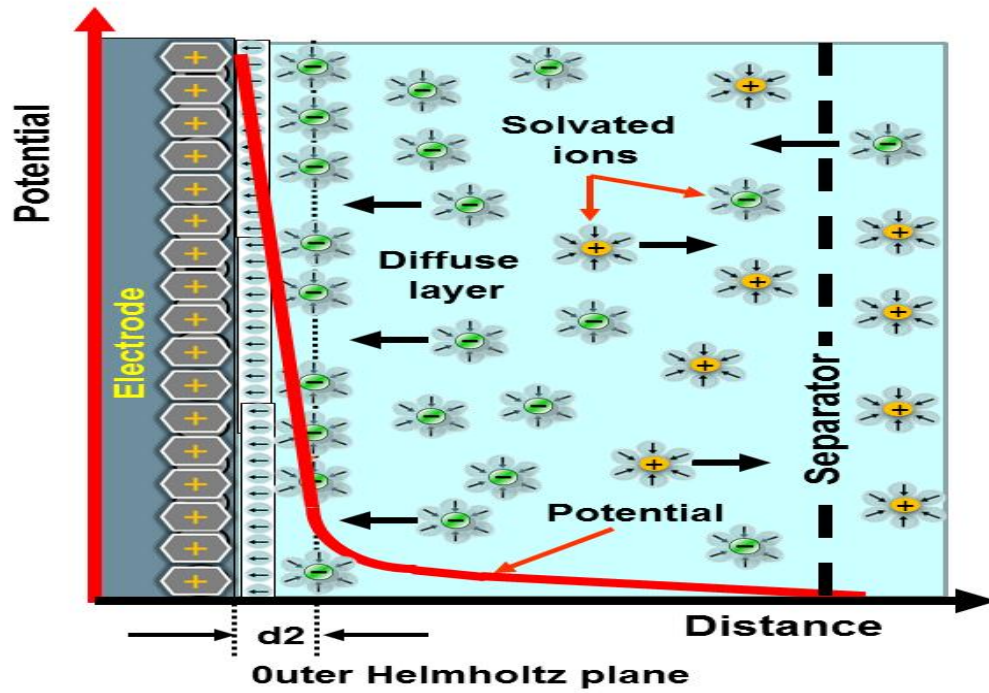
#### 4-التنينات (Tanins)

أيضا تتشكل الطبقة من هذه المركبات حسب خصائصها الفيزيائية بالمقارنة مع المركبات السابقة



شكل التنينات (Tanins)

يرجع أيضا تغير سمك الطبقة المتشكلة حسب تموقع هذه المركبات على سطح الفولاذ CX60 بشكلها المستوي أو الفراغي مما يؤدي في زيادة سمك الطبقة المتشكلة وبالتالي زيادة سعة الطبقة المضاعفة وهذا يعطي عزل كهربائي أكبر يعيق انتقال التيار الكهربائي وبالتالي يمنع انتقال الالكترونات معناه يقلل عملية أكسدة الفولاذ الكربوني وهذا ما يفسره نموذج هولموتز



الشكل-V-29- نموذج هولمولتي

خلاصة:

- من خلال دراسة النتائج المتحصل عليها في تثبيط التآكل لكل من الفولاذيين CX52 و CX60 في محلول حامض ( $H_2SO_4$ ) وباستعمال الطرق الثلاثة فقدان الوزن والطريقة الكهروكيميائية وطريقة الممانعة تم تلخيص هذه النتائج في العناصر التالية :
- 1- أظهر المثبط المستخدم في هذه الدراسة كفاءة عالية في تثبيط تآكل CX52 و CX60 في محلول حمض الكبريت ( $H_2SO_4$ ).
  - 2- المثبط المستخدم يعمل على تثبيط التآكل بواسطة الامتزاز على سطح المعدن وان سلوك الامتزاز كان مطابقا لعلاقة لانكمير للامتزاز.
  - 3- زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المثبط .
  - 4- يعتبر المثبط المستخدم من النوع المختلط حيث أثر على كلا تفاعلي التآكل الكاثودي والانودي .
  - 5- المثبط العضوي المستخدم في هذه الدراسة سهل التحضير والاستخدام ويعتبر رخيص الثمن بشكل كبير مقارنة مع المثبطات الأخرى المعروفة .
  - 7- من خلال المنحنى في الشكل (IV-15) والجدول (VI-8) يمكن ملاحظة ما يلي:

نلاحظ أنصاف دوائر وهذا يثبت أن نوع الانتقال هو الانتقال الشحني. كلما زاد تركيز المستخلص (2) قلت السعة , وذلك يبهنه التناقص في أنصاف الدوائر السعة تمثل المسافة بين الكترود الفولاذ CXC60 والمحلول الحمضي , ودليل التناقص في السعة هو العمل التثبيطي الجيد للمستخلص (2) .

8-وبعد برمجة النتائج والقيم المتحصل عليها بعملية النمذجة و الأمثلة أعطت القيم الدنيا للمواد الفعالة في التثبيط لتعطي القيم العظمى في مردود التثبيط

9-بعد حساب سمك الطبقة المتشكلة على سطح الفولاذ CXC60 وجدنا علاقة تربط مع الخصائص الفيزيائية للمركبات والسمك d

### النتائج والمناقشة

من الشكل-V-2 و الشكل-V-3 يبين تأثير فترة التعرض للمحلول الحامضي في الوزن المفقود لعينات CX52 بوجود وعدم وجود المثبط ، حيث نجد من خلال الشكل فقدان كبير بالوزن لعينات CX52 المغمورة في المحلول الخالي من المثبط وقد يعزى ذلك إلى تكسر موضعي لطبقة الاوكسيد وان زيادة قابلية التنقر في المحلول الملحي ناتجة من تحفيز الذوبان الانودي لعينات CX52 و CX60 امتزاز الايونات المضادة للاستقطاب مثل  $(Cl^{-}, SO_4^{-2})$  . (10)

كذلك يتبين من خلال الشكل الانخفاض الواضح في الوزن المفقود لعينات CX52 و CX60 المغمورة في المحلول الحاوي على المثبط وبتراكيز مختلفة حيث نجد زيادة تدريجية بطيئة بالوزن المفقود ويميل للاستقرار عند الفترات الزمنية الطويلة مقارنة مع العينة الأولى ولعل السبب هو تنامي طبقة مستمرة من المثبط العضوي على سطح العينة تعمل على حماية المعدن من الذوبان في المحلول. الشكل (3) يبين تأثير فترة التعرض لمحلول حامض ي في الوزن المفقود للعينات بوجود وعدم وجود المثبط ، يبدو جليا الفرق الشاسع بين الوزن المفقود من العينات CX52 و CX60 في المحلول الحامضي بدون المثبط والوزن المفقود من عينات الفولاذ في المحلول الحامضي بوجود المثبط خصوصا عند النسب العالية من المثبط إذ يزداد الوزن المفقود من العينة الأولى خطيا وبشكل مستمر بينما يكون فقدان طفيفا في العينات الأخرى .

عموما يتضح من خلال الجدول-IV-5 و الجدول-IV-7 أن فقدان بالوزن ينخفض مع الزمن بازدياد تركيز المثبط أي زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة التركيز وهذا يعود إلى زيادة درجة التغطية السطحية بواسطة جزيئات المثبط العضوي . الجدول-IV-5 بين إن كفاءة المثبطات العضوية المستخدمة تزداد مع زيادة تركيز المثبط .

و الشكل -V-6 و الشكل -V-4 يبينان منحنيات الاستقطاب لعينات CX52 و CX60 في المحلول الحامضي بعدم وجود ووجود المثبط على التوالي .

نلاحظ انخفاض قيمة كثافة تيار التآكل في المحلول الحامضي الحاوي من  $2.8963\text{mA/Cm}^2$  بدون مثبط إلى  $0,1275\text{mA/Cm}^2$  في وجود المثبط ، مما يدل على فعالية المثبط قيد البحث في حماية CX60 CX52 من التآكل ، كذلك نلاحظ انحراف جهد التآكل بالاتجاه الموجب أي الاتجاه الأكثر نبلا والأقل فعالية .

الجدول (3) يبين قيم كثافة تيار وجهد التآكل وكفاءة التثبيط للمثبط قيد الدراسة .  
تأثير درجة الحرارة في عملية التآكل من العلاقة التالية

نلاحظ هناك علاقة طردية بين درجة الحرارة وسرعة التآكل بحيث كل ما زادت درجة الحرارة زادت تبعا لذلك سرعة التآكل وكان واضحا حسب النتائج المتحصل عليها وهي ماتحققه المعادلة

#### علاقة الامتزاز

التغطية السطحية ( $\theta$ ) عند أي تركيز من المثبط يمكن ان تحسب من المعادلة التالية :- (11)

$$\theta = 1 - \frac{W_{in}}{W_{un}} \dots\dots\dots (3)$$

حيث  $W_{un}$ ،  $W_{in}$  الوزن المفقود بوجود وعدم وجود المثبط على التوالي عند درجة حرارة ثابتة .

يمكن استخدام بيانات معدلات التآكل للعينات المعدنية في الأوساط المختلفة في تحليل آلية

الامتزاز (adsorption mechanism) ، علاقة لانكمر للامتزاز يمكن التعبير عنها كما يلي :-

$$\theta = \frac{KC}{1+KC} \dots\dots\dots (4)$$

حيث (K) هو ثابت التوازن لعملية الامتزاز ويمثل درجة الامتزاز (القيمة العالية له تعني امتزاز

قوي على سطح المعدن) ، والمقدار (C) يمثل تركيز المثبط و ( $\theta$ ) تغطية السطح ويمكن إعادة ترتيب

المعادلة أعلاه كما يلي :-

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \dots\dots\dots(5)$$

من خلال رسم العلاقة بين التغطية السطحية ( $\theta\%$ ) مقابل تركيز المثبط يمكن أن نجد عموما زيادة في التغطية السطحية مع زيادة تركيز المثبطات .

الشكل (9) يبين العلاقة بين ( $C/\theta$ ) مقابل التركيز (C) لعينات الفولاذ في المحلول الملحي والمحلل

الحامضي الحاويين على المثبط على التوالي .



نلاحظ من خلال الشكل أعلاه اعتماد المقدار ( $C/\theta$ ) على التركيز المثبط ( $C$ ) وان طبيعة العلاقة الخطية للمخططات أعلاه تشير إلى إن المثبطات تمتاز على سطح المعدن طبقاً إلى علاقة لانغموير أي زيادة عملية الامتزاز مع زيادة تركيز المثبط أي زيادة درجة التغطية وبالتالي زيادة الحماية من التآكل مع زيادة تركيز المثبط .

### الاستنتاجات

- 1- أظهر المثبط المستخدم في هذه الدراسة كفاءة عالية في تثبيط تآكل CX52 و CX60 في محلول حامض ( $H_2SO_4$ ) والمحلل الملحي لكلوريد الصوديوم .
- 2- المثبط المستخدم يعمل على تثبيط التآكل بواسطة الامتزاز على سطح المعدن وان سلوك الامتزاز كان مطابقاً لعلاقة لانغموير للامتزاز (Langmuir Isotherm) .
- 3- زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المثبط .
- 4- أظهر التحليل الكيميائي الذي اجري على المثبط احتوائه على أكثر من مجموعة من المجاميع الفعالة المعروفة بقابليتها على الامتزاز .
- 5- المثبطات العضوية المستخدمة في هذه الدراسة سهلت التحضير والاستخدام و تعتبر رخيصة الثمن بشكل كبير مقارنة مع المثبطات الأخرى المعروفة .
- 6- أمّا في محاليل حمض الكبريتيك ففعالية التثبيط تزداد بانتظام بزيادة كل من تركيز و درجة حرارة المستخلص. على كل فإن المثبط يكون ذو فعالية أفضل في محاليل حمض الكبريتيك،

## النتائج والمناقشة

من الشكل -V-2 و الشكل -V-3 يبين تأثير فترة التعرض للمحلول الحامضي في الوزن المفقود لعينات CX52 بوجود وعدم وجود المثبط، حيث نجد من خلال الشكل فقدان كبير بالوزن لعينات CX52 المغمورة في المحلول الخالي من المثبط وقد يعزى ذلك الى تكسر موضعي لطبقة الاوكسيد وان زيادة قابلية التنقر في المحلول الملحي ناتجة من تحفيز الذوبان الانودي لعينات CX52 و CX60 وامتزاز الايونات المضادة للاستقطاب مثل  $(Cl^{-}, SO_4^{-2})$ . (10)

كذلك يتبين من خلال الشكل الانخفاض الواضح في الوزن المفقود لعينات CX52 و CX60 المغمورة في المحلول الحاوي على المثبط وبتراكيز مختلفة حيث نجد زيادة تدريجية بطيئة بالوزن المفقود ويميل للاستقرار عند الفترات الزمنية الطويلة مقارنة مع العينة الأولى ولعل السبب هو تنامي طبقة مستمرة من المثبط العضوي على سطح العينة تعمل على حماية المعدن من الذوبان في المحلول.

الشكل (3) يبين تأثير فترة التعرض لمحلول حامض ي في الوزن المفقود للعينات بوجود وعدم وجود المثبط، يبدو جليا الفرق الشاسع بين الوزن المفقود من العينات CX52 و CX60 في المحلول الحامضي بدون المثبط والوزن المفقود من عينات الفولاذ في المحلول الحامضي بوجود المثبط خصوصا عند النسب العالية من المثبط إذ يزداد الوزن المفقود من العينة الأولى خطيا وبشكل مستمر بينما يكون فقدان طفيفا في العينات الأخرى .

عموما يتضح من خلال الجدول -IV-5 و الجدول -IV-7 أن فقدان بالوزن ينخفض مع الزمن بازدياد تركيز المثبط أي زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة التركيز وهذا يعود إلى زيادة درجة التغطية السطحية بواسطة جزيئات المثبط العضوي .

الجدول -V-5 بين إن كفاءة المثبطات العضوية المستخدمة تزداد مع زيادة تركيز المثبط .

و الشكل -V-6 والشكل -V-4 يبينان منحنيات الاستقطاب لعينات CX52 و CX60 في المحلول الحامضي بعدم وجود ووجود المثبط على التوالي .

نلاحظ انخفاض قيمة كثافة تيار التآكل في المحلول الحامضي الحاوي من  $2.8963\text{mA/Cm}^2$  بدون مثبت إلى  $0,1275\text{mA/Cm}^2$  في وجود المثبط ، مما يدل على فعالية المثبط قيد البحث في حماية C X52, CX60 من التآكل ، كذلك نلاحظ انحراف جهد التآكل بالاتجاه الموجب أي الاتجاه الأكثر نبلا والأقل فعالية .

الجدول (3) يبين قيم كثافة تيار وجهد التآكل وكفاءة التثبيط للمثبط قيد الدراسة .

### تأثير درجة الحرارة

$$V_{cor} = ke \frac{\Delta E}{RT}$$

نلاحظ هناك علاقة طردية بين درجة الحرارة وسرعة التآكل بحيث كل ما زادت درجة الحرارة زادت تبعا لذلك سرعة التآكل وكان واضحا حسب النتائج المتحصل عليها وهي ماتحققه المعادلة

### علاقة الامتزاز

التغطية السطحية ( $\theta$ ) عند أي تركيز من المثبط يمكن ان تحسب من المعادلة التالية :- (11)

$$\theta = 1 - \frac{W_{in}}{W_{un}} \dots\dots\dots (3)$$

حيث  $W_{un}$ ،  $W_{in}$  الوزن المفقود بوجود وعدم وجود المثبط على التوالي عند درجة حرارة ثابتة .

يمكن استخدام بيانات معدلات التآكل للعينات المعدنية في الاوساط المختلفة في تحليل آلية

الامتزاز (adsorptionmechanism) ، علاقة لانكمير للامتزاز يمكن التعبير عنها كما يلي :-

$$\theta = \frac{KC}{1+KC} \dots\dots\dots (4)$$

حيث (K) هو ثابت التوازن لعملية الامتزاز ويمثل درجة الامتزاز (القيمة العالية له تعني امتزاز

قوي على سطح المعدن) ، والمقدار (C) يمثل تركيز المثبط و ( $\theta$ ) تغطية السطح ويمكن إعادة ترتيب

المعادلة أعلاه كما يلي :-

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \quad \dots\dots\dots(5)$$

من خلال رسم العلاقة بين التغطية السطحية ( % $\theta$  ) مقابل تركيز المثبط يمكن ان نجد عموماً زيادة في التغطية السطحية مع زيادة تركيز المثبطات .

الشكل (9) يبين العلاقة بين (  $C/\theta$  ) مقابل التركيز ( C ) لعينات الفولاذ في المحلول الملحي والمحلول الحامضي الحاويين على المثبط على التوالي .

نلاحظ من خلال الشكل أعلاه اعتماد المقدار (  $C/\theta$  ) على التركيز المثبط ( C ) وان طبيعة العلاقة الخطية للمخططات أعلاه تشير إلبان المثبطات تمتز على سطح المعدن طبقاً إلى علاقة لانكمير أي زيادة عملية الامتزاز مع زيادة تركيز المثبط أي زيادة درجة التغطية وبالتالي زيادة الحماية من التآكل مع زيادة تركيز المثبط .

### الاستنتاجات (Conclusions)

- 1 -ظهر المثبط المستخدم في هذه الدراسة كفاءة عالية في تثبيط تآكل CX52 وCX60 في محلول حامض (  $H_2SO_4$  ) والمحلول الملحي لكلوريد الصوديوم .
- 2 -المثبط المستخدم يعمل على تثبيط التآكل بواسطة الامتزاز على سطح المعدن وان سلوك الامتزاز كان مطابقاً لعلاقة لانكمير للامتزاز (Langmuir Isotherm) .
- 3 -زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المثبط .
- 4 -ظهر التحليل الكيميائي الذي اجري على المثبط احتوائه على أكثر من مجموعة من المجاميع الفعالة المعروفة بقابليتها على الامتزاز .
- 5 -المثبطات المستخدمة في هذه الدراسة سهلت التحضير والاستخدام وتعتبر رخيصة الثمن بشكل كبير مقارنة مع المثبطات الأخرى المعروفة .
- 6 -أمّا في محاليل حمض الكبريتيك ففعالية التثبيط تزداد بانتظام بزيادة كل من تركيز و درجة حرارة المستخلص. على كل فإنّ المثبط يكون ذو فعالية أفضل في محاليل حمض الكبريتيك،

إن الهدف من هذا العمل هو دراسة الأثر التثبيطي لبعض مستخلصات نباتية على فولاذ الكربوني X52 و CX60 في وسط حمض كبريتيك ودراسة تأثير طبيعة الوسط حيث تم اختيار حمض الكبريت 20% ل CX52 و 1M ل CX60 لذلك، لما للأيون المرافق للحمض من تأثير.

أولاً: وعند دراستنا للعينات المستعملة في تثبيط التآكل أعطت باستعمال المجهر الإلكتروني الماسح (MEB) المنحنيات التالية مع تحديد العناصر الكيميائية

فكانت النتائج كالتالي :

العناصر الموجودة في مستخلص (Co) حيث يمثل السيليوم Si<sup>14</sup> عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلتي [%]40.55 والتركيز الذري [%]48.93 والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [cps/mA] 24.02

أما عنصر البوتاسيوم K<sup>19</sup> عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلتي [%]37.43 والتركيز الذري [%]32.45 والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [cps/mA] 125.73

وعنصر الكالسيوم Ca<sup>20</sup> عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلتي [%]22.02 والتركيز الذري [%]18.62 والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [cps/mA] 54.9

العناصر الموجودة في مستخلص (2) العنصر Si<sup>14</sup> في هذا حيث يمثل السيليوم عند المستوي الطافي K بالتركيز الكتلتي [%]100 والتركيز الذري [%]100 والتدفق (شدة الإشعاع السيني المميز) عدد الفوتونات لوحدة الزمن ب [cps/mA] 39.05

اهتمنا في بادئ الأمر بتأثير تركيز حمض الكبريتيك (20 %، 10 %، 5 %) على سرعة التآكل فكانت النتائج على التوالي 5.331، 13.55، 4.093 (mm/an) حسب الطريقة الإلكترونية كيميائية و كانت النتائج متقاربة بطريقة الضياع في الكتلة في معظم الحالات .

أما الأثر التثبيطي للمستخلصات النباتية في وسط حمض الكبريتيك 20% على الفولاذ الكربوني X52 في درجة الحرارة العادية فوصلت النتائج إلى قيمة جد مهمة، وكانت كما يلي:

- للمستخلص (Co) : كانت ذوبانيته كبيرة وكانت الفاعلية التثبيطية مابين %41,74 و %93,44 وذلك في تركيز يتراوح بين (400-2000) ppm.

- المستخلص (Re) : كانت ذوبانيته كبيرة وكانت الفاعلية التثبيطية مابين %63.431 و %93,24 عند التراكيز التالية 800 ppm و 1800 ppm بالنسبة لطريقة فقدان الوزن ، أعلى مردود من خلال النتائج السابقة يمكن القول أن مركبات ثنائي ثيول ثيون مثبطات حمضية إلا أن ذوبانيته تحول دون ذلك ، ولزيادة ذوبانيته تم تحويلها إلى أملاح وكانت النتائج كما يلي :

. للمستخلص 2 : أعطى هذا المستخلص نتيجة حسنة خاصة عند التركيز (100،120) ppm حيث كان مردودها التثبيطي على التوالي %81.66 و %81.49 بطريقة فقدان الوزن والمثبط المستخدم يعمل على تثبيط التآكل بواسطة الإمتزاز على سطح المعدن وأن سلوك الإمتزاز كان فيزيائي.

-نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروكيميائية للمثبط القرطوفة (Co) حيث كانت العلاقة الموجودة بين التراكيز للمثبط للمستخلص (Re) و المردود التثبيطي حيث نلاحظ انه كلما زادة التركيز المثبط زاد تبعاً لذلك مردود التثبيط معناه هناك علاقة طردية وهناك نقصان في شدة تيار التآكل حيث انتقل من 2.8963(mA/Cm<sup>2</sup>) إلى 0,1411 (mA/Cm<sup>2</sup>) كما انتقلت سرعة التآكل من (mm/an) 33.88 إلى 1,626(mm/an) حيث كانت العلاقة عكسية في القيمتين السابقتين بالنسبة لتركيز المثبط أيضا انتقلت شدة فرق الكمون التآكل من (mV) -473.6 إلى (mV) -460.9

-بعد برمجة و معالجة النتائج المتحصل عليها للوصول بالأمثلة تم تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبت القرطوفة (Co) تم تحديد تراكيز المواد الفعالة في النبات القرطوفة

- بعد رسم المنحنى العلاقة  $1/\theta$  بدلالة  $1/c$  حيث  $\theta$  تمثل نسبة التغطية المثبط القرطوفة (Co) على سطح CX52 حيث تحصلنا على معدل التصحيح ب  $R^2 = 0.9806$  مما يدل أن المثبط يسلك سلوك علاقة الامتزاز للانقير على السطح CX52

-نتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروكيميائية للمثبط الرثم (Re)

تفسر العلاقة الموجودة بين التراكيز للمثبط للمستخلص ( Re ) و المردود التثبيط حيث نلاحظ انه كلما زادة التركيز المثبط زاد تبعا لذلك مردود التثبيط معناه هناك علاقة طردية وهناك نقصان في شدة تيار التآكل حيث انتقل من  $2.8963(\text{mA}/\text{cm}^2)$  إلى  $0,1338(\text{mA}/\text{cm}^2)$  كما انتقلت سرعة التآكل من  $33.88(\text{mm}/\text{an})$  إلى  $1.565(\text{mm}/\text{an})$  حيث كانت العلاقة عكسية في القيمتين السابقتين بالنسبة لتركيز المثبط أيضا انتقلت شدة فرق الكمون التآكل من  $473.6(\text{mV})$  إلى  $476,0(\text{mV})$

بعد برمجة و معالجة النتائج المتحصل عليها للوصول بالأمثلة تم تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبط الرثم( Re ) تم الحصول على تراكيز المواد الفعالة في هذا المستخلص

-النتائج المتحصل عليها حسب الطريقة الالكتروكيميائية للمستخلص (2)

تفسر العلاقة الموجودة بين التراكيز للمثبط للمستخلص 2 و المردود التثبيط حيث نلاحظ انه كلما زادة التركيز المثبط زاد تبعا لذلك مردود التثبيط معناه هناك علاقة طردية وهناك نقصان في شدة تيار التآكل حيث انتقل من  $2.2774(\text{mA}/\text{cm}^2)$  إلى  $0.1650(\text{mA}/\text{cm}^2)$  كما انتقلت سرعة التآكل من  $26.63(\text{mm}/\text{an})$  إلى  $1.9295(\text{mm}/\text{an})$  حيث كانت العلاقة عكسية في القيمتين السابقتين بالنسبة لتركيز المثبط أيضا انتقلت شدة فرق الكمون التآكل من  $442.8(\text{mV})$  إلى  $445\text{mV}$

بعد برمجة و معالجة النتائج المتحصل عليها للوصول بالأمثلة تم تحديد دالة تغير المردود بواسطة تغير التراكيز باستعمال المثبت المستخلص 2 تم الحصول على تراكيز المواد الفعالة في هذا المستخلص

-دراسة طبيعة الأمتزاز المثبط للمستخلص 2 على سطح CX60

المراجع



## المراجع-

- 1 أ.د . قحطان خلف محمد الخزرجي - عبد الجواد محمد أحمد الشريف"التآكل: أسبابه  
انواعه طرق الحماية منه"، الطبعة الاولى دار دجلة 2010
- 2 د. قحطان خلف محمد الخزرجي، عبد الجواد محمد أحمد الشريف، "التآكل: أسبابه  
انواعه طرق الحماية منه"، جامعة بغداد، 1988.
- 20 د.نصر الحايك، " مدخل إلى كيمياء السطوح"، نشر  
إبيلوس، 1989 .
- 23 عمار ولاقي أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه في العلوم  
شعبة موارد الوراثة النباتية تخصص كيمياء نباتية جامعة  
منتوري -قسنطينة
- 26 -كيمياء العضوية، ستانلي هـ. باين، جيمس ب. هندريكسون،  
دونالدج كرام، جورج س. هاموند، المجلد الثاني، الطبعة  
العربية الرابعة، الدار الدولية للنشر، 1996.

## المراجع بالفرنسية

- 3 *J. J. Lamourex, Précis de corrosion, 1994, Edition Beau-Chemin  
Itée, Paris.*
- 4 *Ozenda 1991 Flore de sahara (3èdition mise à jour et augmentée )  
Paris , Edi-tions du CNRS ,662p.*
- 5 *Quezel p . et Santa c ., (1962- 1963) : Nouvelles fore de l'Algérie et  
des régiton désertiques méridionales . C .N.R.S. , Paris , 2 vol .  
1170p*
- 6 *Roger. Corrotion Les plantes . Paris, 1984*
- 7 *Boumalek . Messaili . Systématique . Des Spermaphytes Botaniques.  
Office Des Publications Universitaires,1995*
- 8 *Youcef . Cheref . La Santé Au Naturel . Nouvelle édition*

- 9 *Aisha M. Al- Turkustan-iKing -A.M.Turkusta Sanaa T. Arab  
Corrosion and Corrosion Inhibition of Mild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
Solutionsby -Zizyphus -Spina-Christi as Green Inhibitor  
International Journal of Chemistry Vol. 2, No. 2; August  
2010Abdulaziz University, Girls College of EducationChemistry  
Department, Jeddah KSA*
- 10 *Ehteram A. Noor King Abd El-Aziz university, Girls College of Education,  
Chemistry Department, Jeddah, KSA  
\*E-mail: m7o7o7n@hotmail.com Temperature Effects on the  
Corrosion Inhibition of Mild Steel  
in Acidic Solutions by Aqueous Extract of Fenugreek Leaves Int. J.  
Electrochem. Sci., 2 (2007) 996 – 1017*
- 11 *S. Bioxhan, O.E. Lorka , R. J.Nas et G. Niaura , J. Dekker,  
2003,36(3).  
F.Bentiss, M.Traisnel et M.Lagreneee,J. Applied  
Electrochimstry,2000,31, 41-48.*
- 12 *M. A Quraishi et J. Rawat, Matériaux Performance, 2001, 40(5),  
4245.*
- 13 *G.K.Gomaa , J. Chem . Technology , 2001 , 7(6) ,300-306*
- 14 *A. E. Bolzan, H. Asma , p. L . Schilardi , R. C. V. Piatti , R.C  
Salvarezza et A. J. Arvia , J. Electroanalytical Chemistry , 2000 ,  
500(1-2) , 533-542*
- 15 *K Benchekroum , F . Dalard , J. J . Remrua et A. Elghazali , J. Chem  
. ,2002 , 7 , 946-952*
- 16 *B. Tremillon , Electrochimie , Analytique et Réaction en Solution ,  
1993 , Masson , paris.*
- 17 *J. P. Diard , B. Le Gorrec et C. Montella , Cinétique Electrochimique  
, 1996 ,Ed. Hermann , paris ,233-239.*
- 18 *J. Bessn, Précis de Thermodynamique et Cinétique Electrochimique,  
1984, Ed. ellipses, Paris ,222.*
- 19 *T. W. Kensler, J. D. Groopman, D. L. Eaton, T. J. Cuphey et B. D.  
Roebuck, Carcinogenesis, 1992, 13(1) , 95-100.*
- 20 *N. O. Eddy,\* P. A. P. Mamza Inhibitive and Adsorption Properties of  
Ethanol Extract of Seeds and Leaves of Azadirachta Indica on the  
Corrosion ofMild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>Portugaliae Electrochimica Acta  
2009, 27(4), 443-456DOI: 10.4152/pea.20090444*

- 24 A. Wioleta , *Thèse de Doctorat, Université Blacksburg, Virginia, 1997.*
- 25 B. Assouli, Z. A. Ait Chikh , H. Idrssi et A. Srhiri , *Polymer*, -2001 , 42, 2449-2454
- 27 H.Asma, P. L. Schilardi, A. E. Bolzan , R.C.V. Piatti, R.C. Salvarezza et A.J. *Electroanalytical Chemistry*,2001,500(1-2),543-553
- 28 M. A. Quraishi and D. K. Yadav, “Corrosion and its control’ by some green inhibitors,” in *Proceedings of the 14<sup>th</sup> National Congress on Corrosion Control*, 2008
- 29 M. Y. El-Etre, “Inhibition of acid corrosion of carbon steel using aqueous extract of olive leaves,” *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 314, no. 2, pp. 578–583, 2007.
- 30 corrosion of steel by lupine extract,” *Corrosion Science*, vol. 51, no. 5, pp. 1038–1042, 2009.
- 31 B. Anand and V. Balasubramanian, “Corrosion behavior of mild steel in acidic medium in presence of aqueous extract of *Allamanda blanchetii*,” *E-Journal of Chemistry*, vol. 8, no. 1, pp.226–230, 2011.
- 32 M. H. –Hussin and M. J. Kassim, “Electrochemical studies of mild steel corrosion inhibition in aqueous solution by *Uncaria gambir* extract,” *Journal of Physical Sciences*, vol. 21, pp. 1–13,2010.
- 33 M. M. Al-Turkustani, “Aloe plant extract as environmentally friendly inhibitor on the corrosion of aluminum in hydrochloric acid in absence and presence of iodide ions,” *Modern Applied Science*, vol. 4, pp. 105–124, 2010.
- 34 S. Rajendran, M. Agasta, R. B.Devi, B. S. Devi, K. Rajam, and J. – Jeyasundari, “Corrosion inhibition by an aqueous extract of *Henna leaves (Lawsonia Inermis L)*,” *Zaštita Materijala*, vol.50, pp. 77–84, 2009.
- 35 J. A. Selvi, S. Rajendran, V. G. Sri, A. J. Amalraj, and B.Narayanasamy, “Corrosion Inhibition by Beet root extract,” *Portugaliae Electrochimica Acta*, vol. 27, pp. 1–11, 2009.
- 36 M. H. Hussin and M. J. Kassim, “The corrosion inhibition and adsorption behavior of *Uncaria gambir* extract on mild steel in 1M HCl,” *Materials Chemistry and Physics*, vol. 125, no. 3, pp.461–468, 2011.
- 37 S. S. Shivakumar, K. N. Mohana, and D. M. Gurudatt, “Inhibition performance and adsorption behavior of *spinacia oleracea* leaves extracts on mild steel corrosion in hydrochloric acid Medium,” *Chemical Science Transactions*, vol. 2, no. 1, pp. 163–175, 2013.
- 38 M. Schorr and J. Yahalom, “The significance of the energy

- of activation for the dissolution reaction of metal in acids,”  
*Corrosion Science*, vol. 12, no. 11, pp. 867–868, 1972.
- 39 Ambrish Singh,<sup>1</sup> Eno E. Ebenso,<sup>2</sup> and M. A. Quraishi  
*International Journal of Corrosion* Volume 2012, Article ID 897430,  
 20 pages doi:10.1155/2012/897430 L
- 40 Ramazan Solmaz, † Investigation of corrosion inhibition mechanism  
 and stability of Vitamin B1 on mild steel in 0.5 M HCl solution  
*Corrosion Science* 81 (2014) 75–84
- 41 Mohd. Hazwan Hussin\* and Mohd. Jain Kassim Electrochemical -  
 Studies of Mild Steel Corrosion Inhibition in Aqueous Solution by  
 Uncaria gambir Extract *Journal of Physical Science*, Vol. 21(1), 1–  
 13, 2010 1
- 42 G. Chan-Rosado and M. A. Pech-Canul The Inhibition Effect of  
 Sodium Glutarate towards Carbon Steel Corrosion in Neutral -  
 Aqueous Solutions *GHindawi Publishing Corporation International  
 Journal of Corrosion* Volume 2016, Article ID 8013706, 12  
 pages <http://dx.g/10.1155/2016/801370>
- 43 N.T. Kirkland a,b,1, J. Lespagnol a,1, N. Birbilis a,\*, M.P. Staiger  
 b,\* , “ A survey of bio-corrosion rates of magnesium alloys- “ ,  
*Corrosion Science* 52 (2010) 287–291
- 44 Olusegunk Abiola , N.C. Oforka and E.E. Ebenso , ”The Inhibition  
 of Mild Steel Corrosion in an Acidic Medium By Fruit Juice of  
 Citrus Paradise “, *Journal of Corrosion Science And Engineering*  
 , (2004
- 45 U.J. Ekpe, E.E. Ebenso and U.J. Ibok , ”Inhibitory action of  
 Azadirachta indica leaves extract on corrosion of mild steel in  
 Tetraoxosulphate acid “, *J.W. Afr. Sci. Assoc.* 37, (1994)
- 46 Pierre R. Roberge , “Handbook of Corrosion Engineering “ , 1<sup>St</sup> Ed.  
 , (2000).
- 47 M. Elboujdaini and others , ”An Electrochemical Investigation of  
 the Behavior of Aluminum Alloys in Different Electrolytes ”,  
*Corr.Sci.* , vol.30 ,No.8 ,(1990)
- 48 -Adrian Cristian MANEA<sup>1</sup>, Mihai BUDA<sup>2</sup>, Teodor VIȘAN<sup>3</sup>  
 ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE SPECTROSCOPY  
 INVESTIGATIONS OF TANTALUM AND ITS PASSIVE  
 FILMS IN SOME ACIDIC SOLUTIONS *U.P.B. Sci. Bull., Series B*,  
 Vol. 72, Iss. 4, 2010 ISSN 1454-2331 p70ç
- Rodrigo Antunes de Sena, Ivan Napoleão Bastos, and Gustavo  
 Mendes Platt Theoretical and Experimental Aspects of the  
 Corrosivity of Simulated Soil Solutions *International Schol-arly  
 Research Network ISRN Chemical Engineering*  
 Volume 2012, Article ID 103715, 6 pages  
 doi :10.5402/2012/103715

- 49 *Rodrigo Antunes de Sena, Ivan Napoleão Bastos, and Gustavo Mendes Platt Theoretical and Experimental Aspects of the Corrosivity of Simulated Soil Solutions International Scholarly Research Network* *ISRN Chemical Engineering* Volume 2012, Article ID 103715, 6 pages  
doi :10.5402/2012/103715
- 50 *Medium Hindawi Publishing Corporation ISRN Corrosion* p3  
Volume 2013, Article ID 261847, 9 pages  
<http://dx.doi.org/10.1155/2013/261847>
- 51 *H€usn€u Gerengi\*,† and Halil Ibrahim Sahin‡ Schinops is lorentzii Extract As a Green Corrosion Inhibitor for Low Carbon Steel in 1 M HCl Solution Industrial & Engineering Chemistry Research* ARTICLE
- 52 *P. C. Okafor,1 V. E. Ebiekpe,1 C. F. Azike,1, 2 G. E. Egbung,3 E. A. -Brisibe,4 and E. E. Ebenso5 Inhibitory Action of Artemisia annua Extracts and Artemisinin on the Corrosion of Mild Steel in H2SO4 Solution Hindawi Publishing Corporation p4 International Journal of Corrosion* Volume 2012, Article ID 768729, 8 pages  
doi:10.1155/2012/768729
- 53 *M. Shyamala1 and P. K. Kasthuri2 The Inhibitory Action of the Extracts of Adathoda vasica, Ecliptaalba, and Centella asiatica on the Corrosion of Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium: A Comparative Study Hindawi Publishing Corporation p6 International Journal of Corrosion* Volume 2012, Article ID 852827, 13 pages  
doi:10.1155/2012/852827
- 55 *Ambrish Singh,1 Eno E. Ebenso,2 and M. A. Quraishi1 Corrosion Inhibition of Carbon Steel in HCl Solution by Some Plant Extracts Hindawi Publishing Corporation p15 International Journal of Corrosion* Volume 2012, Article ID 897430, 20 pages  
doi:10.1155/2012/897430
- 56 *Inemesit A. Akpan and Nnanake-Abasi O. Offiong Inhibition of Mild Steel Corrosion in Hydrochloric Acid Solution by Ciprofloxacin Drug Hindawi Publishing Corporation International Journal of Corrosion* Volume 2013, Article ID 301689, 5 pages
- 57 *M. Sobhi Marjoram Extract as Corrosion Inhibitor for Dissolution of Zinc in 1.0M HCl – Hindawi Publishing Corporation International Journal of Corrosion* Volume 2013, Article ID 763476, 7 pages  
<http://dx.doi.org/10.1155/2013/763476>
- 58 *P. B. Raja and M. G. Sethuraman, “Inhibitive effect of blackpepper extract on the sulphuric acid corrosion of mild steel,” Materials Letters, vol. 62, no. 17-18, pp. 2977–2979, 2008.*

- 59 M. Ajmal, A. S. Mideen, and M. A. Quraishi, "2-hydrazino-6-methyl-benzothiazole as an effective inhibitor for the corrosion of mild steel in acidic solutions," *Corrosion Science*, vol. 36, no. 1, pp. 79–84, 1994
- 60 M. A. Hosary, R. M. Saleh, and A. M. S. Eldin, "Corrosion inhibition by naturally occurring substances-1. The effect of *Hibiscus subdariffa* (Karkade) extract on the dissolution of Al and Zn," *Corrosion Science*, vol. 12, pp. 897–904, 1972
- 61 S. A. Verma and M. N. Mehta, "Effects of acid extracts of powered seeds of *Eugenia Jambolans* on corrosion of mild steel in HCl-study by DC behavior techniques," *Transactions of the Society for Advancement of Electrochemical Science and Technology*, vol. 32, no. 4, pp. 89–93, 1997.
- 62 M. B. Obot, S. A. Umoren, and N. O. Obi-Egbedi, "Corrosion inhibition and adsorption behavior for aluminum by extract of *Anigeria robusta* in HCl solution: synergistic effect of iodide ions," *Journal of Materials and Environmental Science*, vol. 2, no. 1, pp. 60–71, 2011.
- 63 H. Al-Sehaibani, "Evaluation of Henna leaves as environmentally friendly corrosion inhibitors for metals," *Materia lwissens chaftund - Werkstofftechnik*, vol. 31, no. 2, pp. 1060–1063, 2000.
- 64 M. Lebrini, F. Robert, and C. Roos, "Inhibition effect of alkaloid extract from *Annona squamosa* plant on the corrosion of C38 steel in normal hydrochloric acid medium," *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 5, no. 11, pp. 1698–1712, 2010
- 65 C. A. Loto and A. I. Mohammed, "The effect of *Anacardium Occidentale* (cashew) juice extract on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid," *Corrosion Prevention and Control*, vol. 47, no. 2, pp. 5056–5063, 2000.
- 66 G. D. Davis, "The use of extracts of tobacco plants as corrosion inhibitors," DACCO SCI, Inc., Columbia, Md, USA, 2000. O. K. Abiola, "The inhibition of mild steel corrosion in an acidic medium by fruit juice of citrus behavior," *Journal of Corrosion Science and Engineering*, vol. 5, no. 10, 2006
- 67 O. James and E. O. Ekpe, "Inhibition of corrosion of mild steel in 2M hydrochloric acid by *Aloe Vera*," *International Journal of Pure and Applied Chemistry*, vol. 35, no. 10, 2002.
- 68 M. Lebrini, F. Robert, and C. Roos, "Alkaloids extract from *Palicourea guianensis* plant as corrosion inhibitor for C38 steel in 1

- M hydrochloric acid medium,*” *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 6, no. 3, pp. 847–859, 2011.
- 69 -J. Bruneton, *Pharmacognosie-Phytochimie, Plantes - M´edicinales, revue et augment´e, Tec&Doc-Edition, M´edicinales Internationales, Paris, France, 4<sup>th</sup> edition, 2009.*
- 70 E. E. Ebenso, N. O. Eddy, and A. O. Odiongenyi, “Corrosioninhibitive properties and adsorption Behavior of ethanolextract of *Piper guinensis* as a green corrosion inhibitor formild steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,” *African Journal of Pure and Applied hemistry*, vol. 2, no. 11, pp. 107–115, 2008.
- 71 Nabel A. Negma, <sup>†</sup>, Nadia G. Kandile <sup>b</sup>, Emad A. Badr <sup>a</sup>, Mohammed A. Mohammed<sup>c</sup>Gravimetric and electrochemical evaluation of environmentally friendlynonionic corrosion inhibitors for carbon steel in 1 M Hcl*Corrosion Science* 65 (2012) 94–103
- 72 -M. AbdallahGuar Gum as Corrosion Inhibitor for Carbon Steel -in Sulfuric Acid Solutions*Portugaliae Electrochimica Acta* 22 (2004) 161-175 langmier)
- 73 .A Migahed, MRSC – A. M. Al-Sabagh Effectiveness of some nonionic surfactants ascorrosion inhibitors for carbon steel pipelinesin oil fields Article in *Electrochimica Acta* · August 2005
- 74 M. Shyamala<sup>1</sup> and P. K. Kasthuri<sup>2</sup>A Comparative Study of the Inhibitory Effect of the Extracts of *Ocimum sanctum*, *Aeglemarmelos*, and *Solanum trilobatum* onthe Corrosion ofMild Steel in Hydrochloric AcidMediumHindawiPublishingCorporationInternational Journal of CorrosionVolume 2011, Article ID 129647, 11 pagesdoi:10.1155/2011/129647
- 75 Chikkur B. Pradeep Kumar and Kikkeri N. MohanaThe Effect of *Achyranthes aspera* Extracts on Mild Steel Corrosion in Industrial Water MediumHindawi Publishing CorporationISRN CorrosionVolume 2013, Article ID 261847, 9 page
- 76 V. Sribharathy<sup>1</sup> and Susai Rajendran<sup>2</sup>CuminumcuminumExtracts as Eco-Friendly CorrosionInhibitor for Mild Steel in SeawaterHindawi -Publishing CorporationISRN CorrosionVolume 2013, Article ID - 370802, 7 pageshttp://dx.doi.org/10.1155/2013/370802
- 77 B. E. Amitha Rani and Bharathi Bai J. BasuGreen Inhibitors for Corrosion Protection ofMetals and Alloys:An OverviewHindawi Publishing CorporationInternational Journal of Corrosion Volume 2012, Article ID 380217, 15 pagesdoi :10.1155/2012/380217
- 78 J. P. Flores-De los Ríos,<sup>1</sup> M. Sánchez-Carrillo,<sup>1</sup> C. G. Nava-Dino,<sup>2</sup> J. G. Chacón-Nava,<sup>1</sup> J. G. González-Rodríguez,<sup>3</sup> E. Huape-Padilla,<sup>4</sup> M. A. Neri-Flores,<sup>1</sup> and A. Martínez-Villafañe<sup>1</sup> *Opuntia*

- ficus-indica* Extract as Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in 1M HCl Solution Hindawi Publishing Corporation Journal of Spectroscopy Volume 2015, Article ID 714692, 9
- 79 P. C. Okafor,<sup>1</sup> V. E. Ebiekpe,<sup>1</sup> C. F. Azike,<sup>1, 2</sup> G. E. Egbung,<sup>3</sup> E. -A. Brisibe,<sup>4</sup> and E. E. Ebenso<sup>5</sup> Inhibitory Action of *Artemisia annua* Extracts and Artemisinin on the Corrosion of Mild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solution Hindawi Publishing Corporation International Journal of Corrosion Volume 2012, Article ID 768729, 8 pages doi:10.1155/2012/768729
- 80 M. Shyamala<sup>1</sup> and P. K. Kasthuri<sup>2</sup> The Inhibitory Action of the Extracts of *Azadirachta indica*, *Eclipta alba*, and *Centella asiatica* on the Corrosion of Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium: A Comparative Study Hindawi Publishing Corporation International Journal of Corrosion Volume 2012, Article ID 852827, 13 pages doi:10.1155/2012/852827
- 81 Roland T. Loto<sup>1,2</sup> \* Electrochemical analysis of the corrosion inhibition properties of 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde on low carbon steel in dilute acid media Loto, Cogent Engineering (2016), 3:1242107 <http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1242107>
- 82 Roland T. Loto<sup>1,2</sup> \* Electrochemical analysis of the corrosion inhibition properties of 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde on low carbon steel in dilute acid media Loto, Cogent Engineering (2016), 3:1242107 <http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1242107>
- 83 Roland T. Loto<sup>1,2</sup> \* Electrochemical analysis of the corrosion inhibition properties of 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde on low carbon steel in dilute acid media Loto, Cogent Engineering (2016), 3:1242107 <http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1242107>
- 84 -S. S. Shivakumar and K. N. Mohana\* *Centella asiatica* extracts as - green corrosion inhibitor for mild steel in 0.5 M sulphuric acid medium Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research, 2012, 3 (5):3097-3106
- 85 R. Fuchs-Godec \*The adsorption, CMC determination and corrosion inhibition of some N-alkyl quaternary ammonium salts on carbon steel surface in 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 280 (2006) 130–139
- 86 H. Ashassi-Sorkhabia,\*, B. Shaabanib, D. Seifzadeha Corrosion inhibition of mild steel by some 9ehavi base compounds in hydrochloric acid Applied Surface Science 239 (2005) 154–164
- 87 Ali Doner <sup>a</sup>, Ramazan Solmaz <sup>b, †</sup>, Muzaffer Ozcan <sup>c</sup>, Gulfeza - Kardas\_ <sup>a</sup> Experimental and theoretical studies of thiazoles as corrosion inhibitors for mild steel in sulphuric acid solution Corrosion Science 53 (2011) 2902–2913



- 88 *Corrosion Science* 53 (2011) 2902–2913  
*J. Cruz a, R. Mart\_inez a, J. Genesca b, E. Garc\_ia-Ochoa a,\**  
*Experimental and theoretical study of*  
*1-(2-ethylamino)-2-methylimidazoline as an inhibitor of carbon*  
*steel corrosion in acid media* *Journal of Electroanalytical Chemistry*  
 566 (2004) 111–121
- 89 *Ahmed A. Al-Amiery 1,2,\**, *Abdul Amir H. Kadhum 1*, *Abdul Hameed*  
*M. Alobaidy 2*, *Abu Bakar Mohamad 1* and *Pua Soh Hoon 1* *Novel*  
*Corrosion Inhibitor for Mild Steel in HCl*  
*Materials* 2014, 7, 662-672; doi:10.3390/ma7020662
- 90 *N.A. Negm a,\**, *A.M. Al Sabagh a*, *M.A. Migahed a*, *H.M. Abdel Bary*  
*b*, *H.M. El Din c* *Effectiveness of some diquaternary ammonium*  
*surfactants as corrosion inhibitors for carbon steel in 0.5 M HCl*  
*solution* *Corrosion Science* 52 (2010) 2122–2132
- 91 *N.A. Negm a†*, *F.M. Ghuiba*, *S.M. Tawfik* *Novel isoxazolium cationic*  
*Schiff base compounds as corrosion inhibitors*  
*for carbon steel in hydrochloric acid* *Corrosion Science* 53 (2011)  
 3566–3575
- 92 *-A.M. Badawia*, *M.A. Hegazy a,\**, *A.A. El-Sawy b*, *H.M. Ahmeda*, -  
*W.M. Kamelaa* *Novel quaternary ammonium hydroxide cationic*  
*surfactants as corrosion inhibitors for carbon steel and as biocides*  
*for sulfate reducing bacteria (SRB)* *Materials Chemistry and Physics*  
 124 (2010) 458–465
- 93 *M. Lebrini a*, *M. Lagrene ´e a*, *H. Vezin c*, *M. Traisnel d*,  
*F. Bentiss b,\** *Experimental and theoretical study for corrosion*  
*inhibition of mild steel in normal hydrochloric*  
*acid solution by some new macrocyclic*  
*polyether compounds* *Corrosion Science* 49 (2007) 2254–2269
- 94 *G.Y. Elewady* *Pyrimidine Derivatives as Corrosion Inhibitors for*  
*Carbon-Steel in 2M Hydrochloric Acid Solution* *Int. J. Electrochem.*  
*Sci.*, 3 (2008) 1149 – 1161  
*Emeka E. Oguzie\** *Evaluation of the inhibitive effect of some plant*  
 95 *extracts on the acid corrosion of mild steel* *Corrosion Science* 50  
 (2008) 2993–2998
- 96 *E.E. Oguzie*, *G.N. Onuoha*, *A.I. Onuchukwu*, *Mater. Chem. Phys.* 89  
 (2/3) *S. Martinez*, *M. Matikos-Hukovic*, *J. Appl. Electrochem.* 33  
 (2003) 1137
- 97 *Ehteram A. Noor* *Temperature Effects on the Corrosion Inhibition of*  
*Mild Steel in Acidic Solutions by Aqueous Extract of Fenugreek*  
*Leaves* *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2 (2007) 996 – 1017
- 98 *M. Hazwan Hussin*, *M. Jain Kassim\**  
*The corrosion inhibition and adsorption behavior of Uncaria*  
*gambir extract on mild steel in 1M HCl* *Materials Chemistry and*

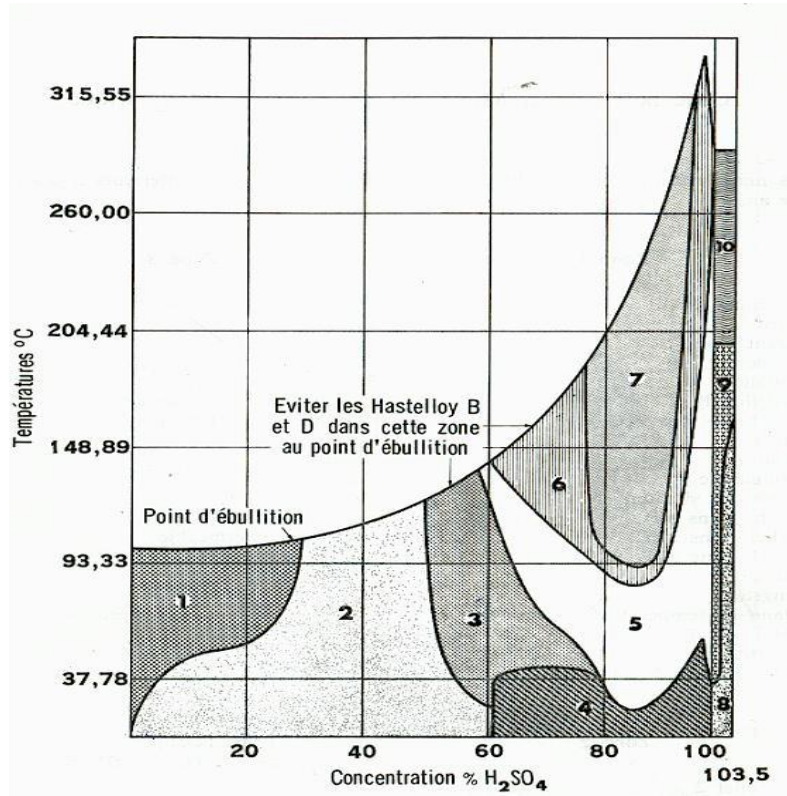
- Physics* 125 (2011) 461–468
- 99 Emeka E. Oguzie\* *Corrosion Inhibitive Effect and Adsorption Behaviour of Hibiscus Sabdariffa Extract on Mild Steel in Acidic Media Portugaliae Electrochimica Acta* 26 (2008) 303-314
  - 100 A.O. Odiongenyi, S.A. Odoemelam, N.O. Eddy, \* *Corrosion Inhibition and Adsorption Properties of Ethanol Extract of Vernonia Amygdalina for the Corrosion of Mild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*
  - 101 R. SARATHA\*§, S.V.PRIYA# and P.THILAGAVATHY§ *Investigation of Citrus aurantiifolia Leaves Extract as Corrosion Inhibitor for Mild-Steel in 1 M HCL* ISSN: 0973-4945; CODEN ECJHAOE-*Journal of Chemistry* <http://www.e-journals.net> 2009, 6(3), 785-795–
  - 102 . Dahmani<sup>1,2</sup>, A. Et-Touhami<sup>1</sup>, S.S. Al-Deyab<sup>3</sup>, B. Hammouti<sup>2,\*</sup>, A. Bouyanzer<sup>2</sup> *Corrosion Inhibition of C38 Steel in 1 M HCl: A Comparative Study of Black Pepper Extract and Its Isolated Piperine* *Int. J. Electrochem. Sci.*, 5 (2010) 1060 – 1069
  - 103 E.E. Oguzie \*, C.K. Enenebeaku, C.O. Akalezi, S.C. Okoro, A.A. Ayuk, E.N. Ejike *Adsorption and corrosion-inhibiting effect of Dacryodis edulis extract on low-carbon-steel corrosion in acidic media* *Journal of Colloid and Interface Science* 349 (2010) 283–292
  - 104 Punita Mourya, Sitashree Banerjee, M.M. Singh † *Corrosion inhibition of mild steel in acidic solution by Tagetes erecta (Marigold flower) extract as a green inhibitor* *Corrosion Science* 85 (2014) 352–363
  - 105 Pavithra M. Krishnegowda, Venkatarangaiah T. Venkatesha,\* Punith Kumar M. Krishnegowda, and Shylesha B. Shivayogiraju *Acalypha torta Leaf Extract as Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution* *Industrial Engineering chemistry Research*
  - 106 Pandian Bothi Raja a , Ahmad Kaleem Qureshi b , Afidah Abdul Rahim a, † , Hasnah Osman a , Khalijah Awang b *Neolamarckia cadamba alkaloids as eco-friendly corrosion inhibitors for mild steel in 1 M HCl media* *Corrosion Science* 69 (2013) 292–301
  - N. O. Eddy \* *Ethanol Extract of Phyllanthus Amarus as a Green Inhibitor for the Corrosion of Mild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* *Portugaliae Electrochimica Acta* 2009, 27(5), 579-589 DOI: 10.4152/pea.200905579
  - 107 Ehtheram A. Noor *Comparative Study on the Corrosion Inhibition of Mild Steel by Aqueous Extract of Fenugreek Seeds and Leaves in Acidic Solutions* *Journal of Engineering and Applied Sciences* 3 (1): 23-30, 2008 ISSN: 1816-949X © Medwell Journals, 2008
  - 108 Vanessa Vasconcelos Torres a, Roberto Salgado Amado a, Camila Faia de Sa a, Tatiana Lopez Fernandez a,

- Carlos Alberto da Silva Riehl *b*, Alexandre Guedes Torres *c*, Eliane D'Elia *a*, *Inhibitory action of aqueous coffee ground extracts on the corrosion of carbon steel in HCl solution* *Corrosion Science* 53 (2011) 2385–2392
- 110 M. Lebrini, F. Robert, \*, C. Roos *Alkaloids Extract from Palicourea guianensis Plant as Corrosion Inhibitor for C38 Steel in 1 M Hydrochloric Acid Medium* *Int. J. Electrochem. Sci.*, 6 (2011) 847 – 859
- 111 A. Sharmila<sup>1</sup>, A. Angelin Prema<sup>2</sup> and –P. Arockia Sahayaraj\*<sup>1</sup> *influence of murraya koenigii (curry leaves) extract on the corrosion inhibition of carbon steel in HCl solution* *rasayanjournal* Vol.3, No.1 (2010), 74-81 ISSN: 0974-1496 CODEN: RJCABP
- 112 I.B. Obot<sup>1</sup>, \*, E.E. Ebenso<sup>2</sup>, Zuhair M. Gasem<sup>3</sup> *Eco-friendly Corrosion Inhibitors: Adsorption and Inhibitive Action of Ethanol Extracts of Chloromolaena Odorata L. for the Corrosion of Mild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solutions* *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 1997 – 2008
- 113 S.A. Umorena, I.B. Obota, \*, E.E. Ebenso<sup>b,c,d</sup>, N.O. Obi-Egbedib *The Inhibition of aluminium corrosion in hydrochloric acid solution by exudate gum from Leishmania hookeri* *Desalination* 250 (2009) 225–236
- 114 Chennappan Kamal and Mathur Gopalakrishnan Sethuraman\* *Caulerpin A bis-Indole Alkaloid As a Green Inhibitor for the Corrosion of Mild Steel in 1 M HCl Solution from the Marine Alga Caulerpa racemosa*
- 115 Kang Wei Tan *M. Jain Kassim A correlation study on the phenolic profiles and corrosion inhibition properties of mangrove tannins (Rhizophora apiculata) as affected by extraction solvents* *Corrosion Science* 53 (2011) 569–574
- 116 Taleb Ibrahim\*, Mehad Habbab *Corrosion Inhibition of Mild Steel in 2M HCl Using Aqueous Extract of Eggplant Peel* *Int. J. Electrochem. Sci.*, 6 (2011) 5357 – 5371
- 117 D. Ben Hmamou <sup>1</sup>, R. Salghi <sup>1</sup>, \*, A. Zarrouk <sup>2</sup>, M. Messali <sup>3</sup>, H. Zarrok <sup>4</sup>, M. Errami <sup>1</sup> B. Hammouti <sup>2</sup>, Lh. Bazzi <sup>5</sup>, A. Chakir <sup>6</sup> *Inhibition of steel corrosion in hydrochloric acid solution by chamomile extract* *Der Pharma Chemica*, 2012, 4(4):1496-1505
- 118 I.B. Obot<sup>1</sup>, \*, E.E. Ebenso<sup>2</sup>, Zuhair M. Gasem<sup>3</sup> *Eco-friendly Corrosion Inhibitors: Adsorption and Inhibitive Action of Ethanol Extracts of Chloromolaena Odorata L. for the Corrosion of Mild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solutions* *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 1997 – 2008
- 119 M. Lebrini<sup>1</sup>, F. Robert<sup>2</sup>, \*, C. Roos<sup>2</sup> *Inhibition Effect of Alkaloids Extract from Annona Squamosa Plant on the Corrosion of C38 Steel in Normal Hydrochloric Acid Medium* *Int. J. Electrochem. Sci.*, 5 (2010) 1698 – 1712

120 *Niketan Patela,\* , Anamika Rawatb, S-mita Jauharia and Girish Mehtaa Inhibitive action of Bridelia retusa leaves extract on corrosion of mild steel inacidic media European Journal of Chemistry 1 (2) (2010) 129-133*

-

الملاحق



الشكل III. 3: مناطق مقاومة المعادن للتآكل في وسط حمض كبريتيك.

#### Zone 1

Bronze à 10% d'aluminium (sans air)  
 Illium G  
 Verre  
 Hastelloy B et D  
 Durimet 20  
 Worthite  
 Plomb  
 Cuivre (sans air)  
 Monel (sans air)  
 Haveg 43  
 Caoutchouc (t. < 75° C)  
 Graphite imperméable  
 Tantale  
 Or  
 Platine  
 Argent  
 Zirconium  
 Nionel  
 Tungstène  
 Molybdène  
 Inoxydable type 316 (< 10 % avec air)

#### Zone 2

Verre  
 Fonte au silicium  
 Hastelloy B et D  
 Durimet 20 (t. < 65° C)  
 Worthite (t. < 65° C)  
 Plomb  
 Cuivre (sans air)  
 Monel (sans air)  
 Haveg 43  
 Caoutchouc (t. < 75° C)  
 Bronze à l'aluminium (sans air)  
 Ni Resist (à 25° C jusqu'à 20 % )  
 Tantale  
 Or  
 Platine  
 Argent  
 Zirconium  
 Nirole  
 Tungstène  
 Molybdène  
 Inoxydable type 316 (t. < 25° C, avec air)

**Zone 3**

Verre  
Fonte au silicium  
Hastelloy B et D  
Durimet (t. <65° C)  
Worthite (t. <65° C)  
Plomb  
Monel (sans air)  
Graphite imperméable  
Tantale  
Or  
Platine  
Zirconium  
Molybdène

**Zone 4**

Acier  
Verre  
Fonte au silicium  
Hastelloy B et D  
Plomb (jusqu'à 96 % SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>)  
Durimet 20  
Worthite  
Ni Resist  
Inoxydable Type 316 (< 10 %, avec air)  
Inoxydable type 316 (> 80 % )  
Graphite imperméable (jusqu'à 96 % SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>)  
Or  
platine  
Zirconium

**Zone 5**

Verre  
Fonte au silicium  
Hastelloy B et D  
Durimet (t. <65° C)  
Worthite (t. <65° C)  
Plomb (t. <80° C jusqu'à 96 % SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>)  
Tantale  
Or  
Platine

**Zone 6**

Verre  
Fonte au silicium  
Hastelloy B et D (0.50 à 1.25 mm par an)  
Tantale  
Or  
Platine

**Zone 7**

Verre  
Fonte au silicium  
Tantale  
Or  
Platine

**Zone 8**

Verre  
Acier  
18Cr-8Ni  
durimet 20  
worthite  
hastelloy C  
Or  
Platine

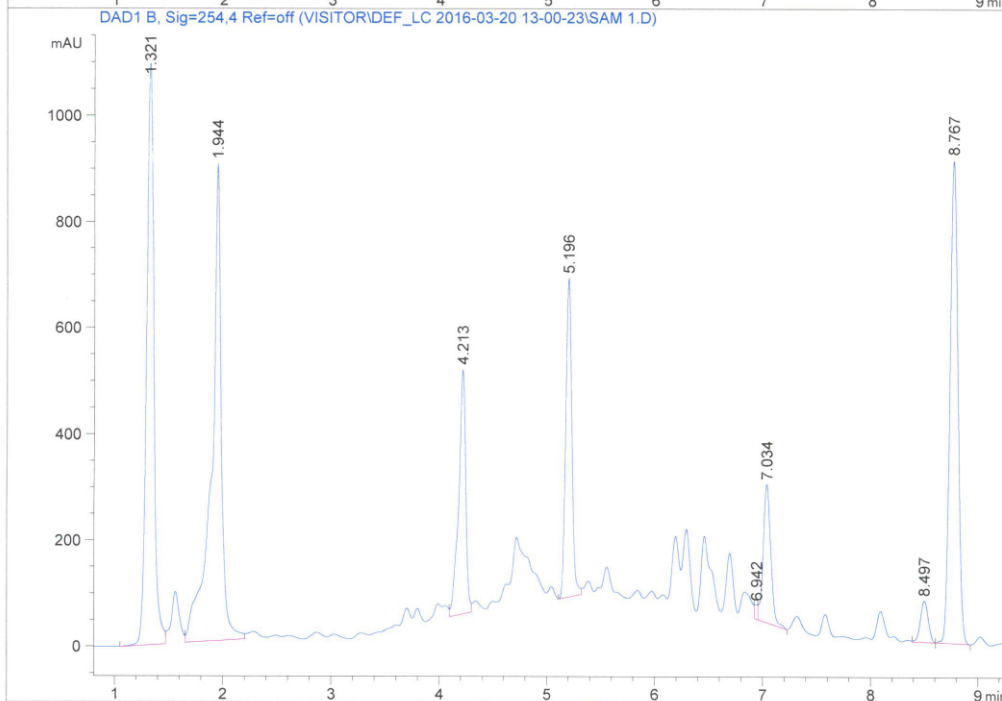
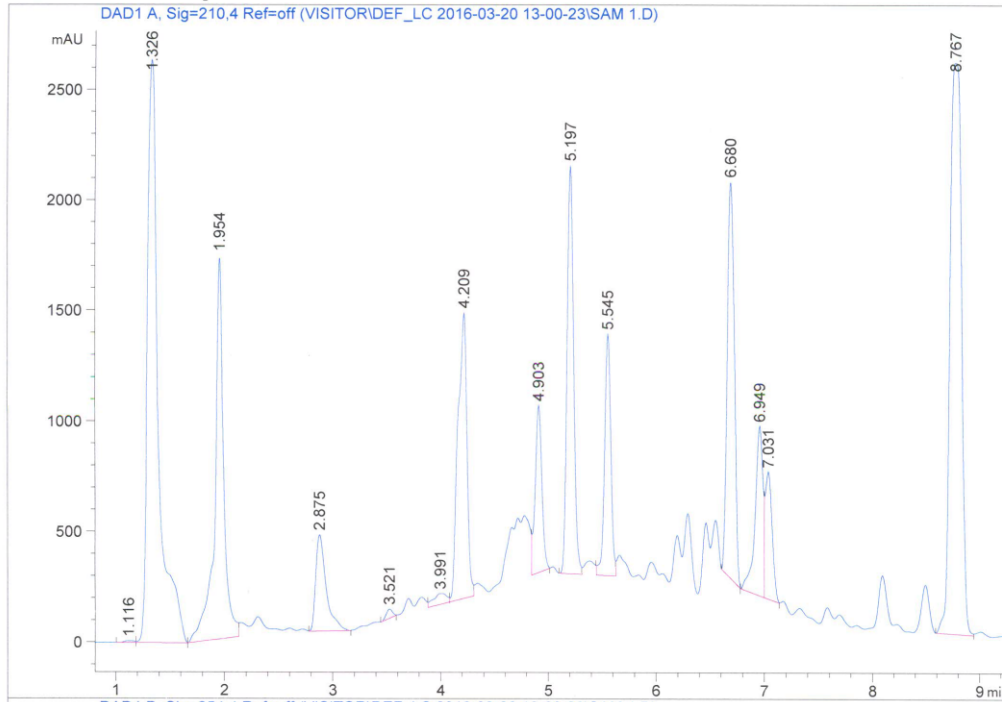
**Zone 9**

Verre  
Acier  
18Cr-8Ni  
Durimet 20  
Worthite  
Or  
Platine

**Zone 10**

Verre  
Or  
Platine

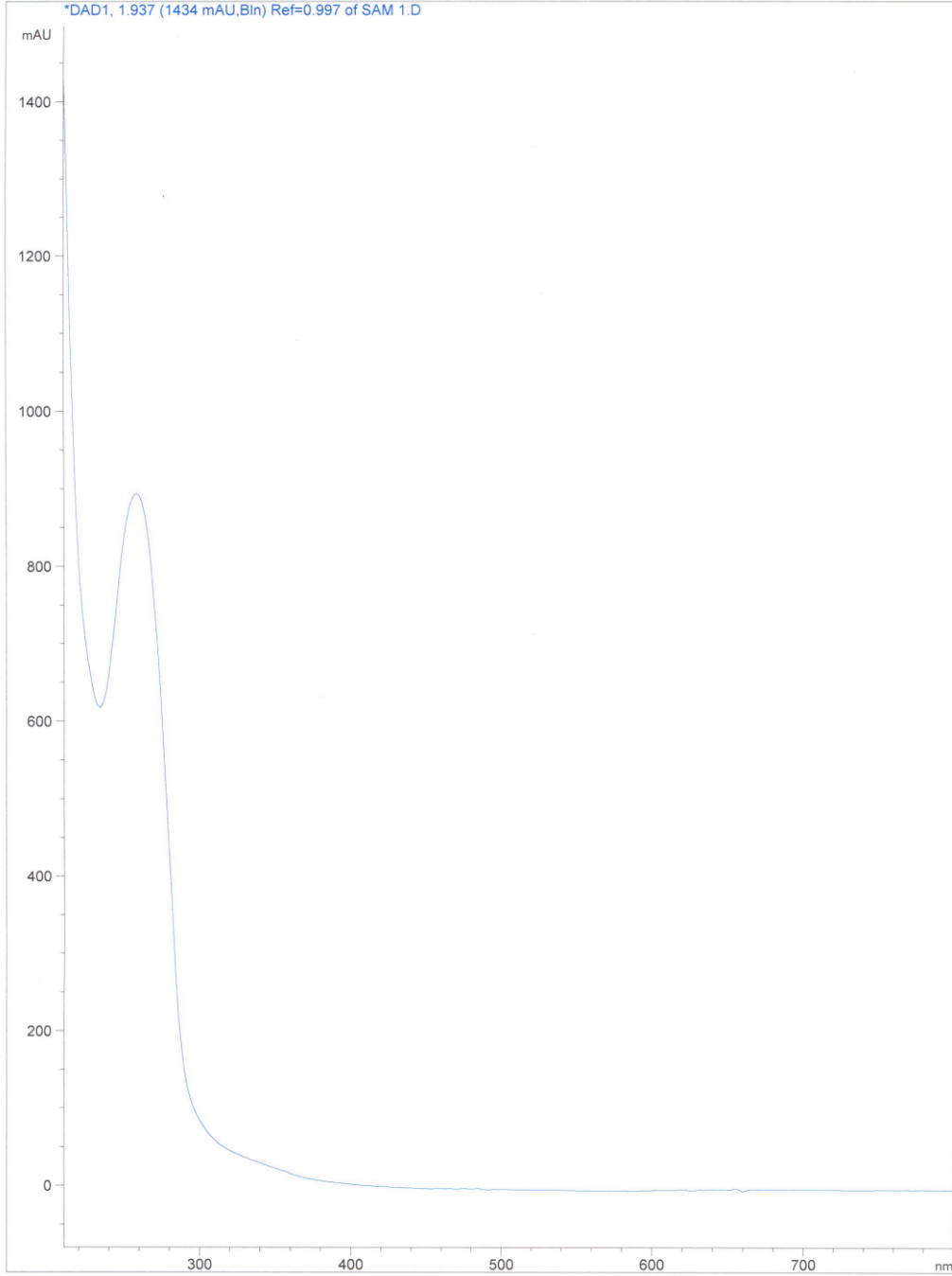
Current Chromatogram(s)





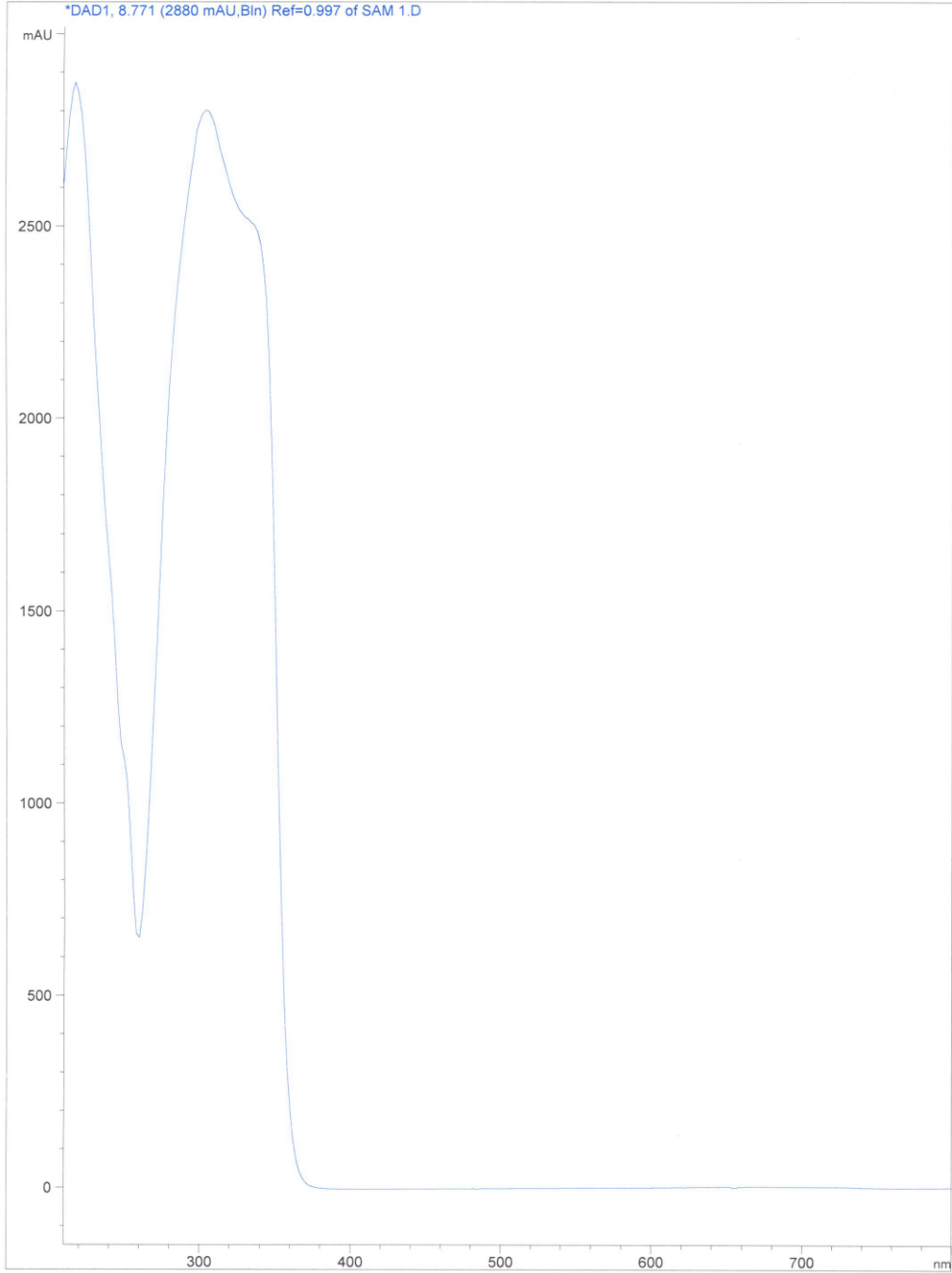
Print of window 39: DAD1, 1.937 (1434 mAU,Bln) Ref=0.997 of SAM 1.D

DAD1, 1.937 (1434 mAU,Bln) Ref=0.997 of SAM 1.D



Print of window 39: DAD1, 8.771 (2880 mAU,Bln) Ref=0.997 of SAM 1.D

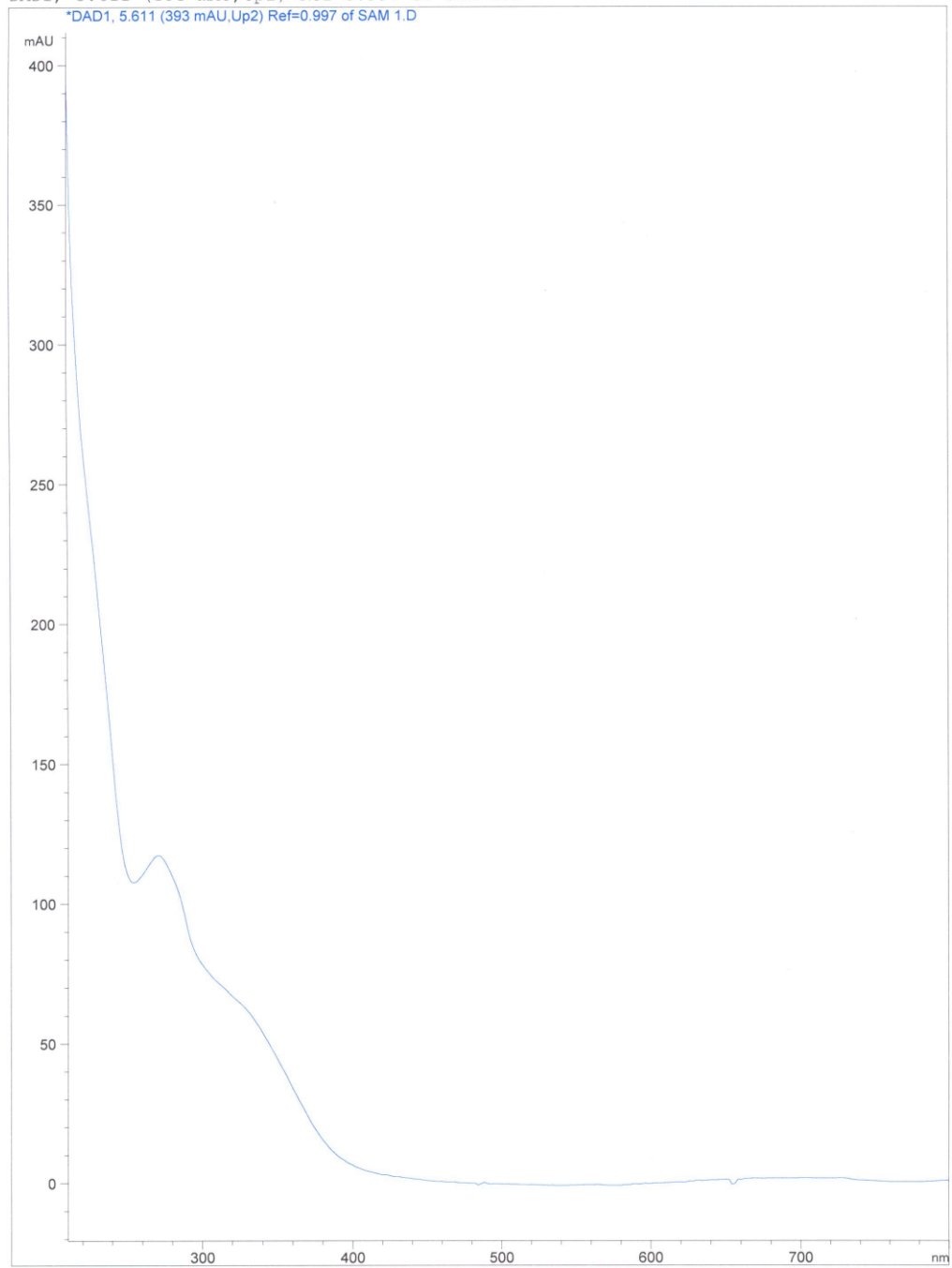
DAD1, 8.771 (2880 mAU,Bln) Ref=0.997 of SAM 1.D







DAD1, 5.611 (393 mAU,Up2) Ref=0.997 of SAM 1.D



## الخلاصة

البحث الحالي يمثل محاولة لإيجاد مثبط جديد سهل التحضير والتطبيق ، غير سام ، رخيص الثمن ومتوفر بكثرة ، ففي هذه الدراسة تم استخدام مستخلص مائي لنبات طبيعي في حماية X60 و X52 من التآكل في محلول حامضي (1M) من حامض (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). ولغرض تقييم الاداء التثبيطي لهذه المثبطات فقد أجريت عدة اختبارات تضمنت قياس معدل التآكل بطريقة فقدان الوزن و استكمال منحني تافل و الممانعة اختبار الفحص المجهرى . في طريقة فقدان الوزن بلغت كفاءة تثبيط تآكل X60 و X52 في المحلول الحامضي (97,19%) ، في اختبار تافل انخفضت قيمة كثافة تيار التآكل باضافة المثبط من 2.8963 mA/Cm<sup>2</sup> بدون مثبط الى 0,1275 mA/Cm<sup>2</sup> في وجود المثبط ، اختبار الفحص المجهرى بين خلو سطح المعدن المتعرض للوسط التآكلي الحاوي على المثبط من مظاهر التآكل المتواجدة على السطوح المعدنية المتعرضة للوسط التآكلي الخالي من المثبط ووضوح طبقة الحماية الممتازة على السطح ، بيانات معدلات التآكل بينت ان الية عمل هذه المثبطات العضوية هي الامتزاز وان جزيئات المثبطات تمتز على سطح المعدن طبقا الى علاقة لانكمير للامتزاز .

**الكلمات الدالة :** تآكل؛ فولاذ؛ حمض كبريتيك ؛ في هذا العمل تم تحضير المستخلصات لبعض الاعشاب الصحراوية بمرودود جيد و بطريقة سهلة.

## Abstract

The present study is attempt to find new inhibitor that can to easily be prepared and applied ,as well as nontoxic, cheap and available . In this study an aqueous extract taken from natural plant are used to X52 X60 in different mediums like salt solution and acidic solutions . and for the purpose of evaluating the inhibition performance of this inhibitor, many tests have been conducted which include measuring the corrosion rate through methods known weight loss, completeness of Tafel curve and microscopic examination test .

In lossing weight method the inhibition efficiency of X52 X60 corrosion in salt solution reached about (97,19%) while the efficiency is reached (81.33%) has 2.8963 mA/Cm<sup>2</sup> acid , In Tafel test ,current density of corrosion (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)throughout of its been dropped because of the addition of inhibitor to a ratio of 0,1275 mA/Cm<sup>2</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>value in the salt solution that is completely empty from inhibitor but in the ( solution the current density is lowered to be only of its value without inhibitor, Microscopic examination test shows the clearness of the metal surface which are under the corrosion medium and which contains inhibitor from any kind of corrosion that can be found on those surface which are under mediums completely empty from inhibitor and also shows the clearness of that protect layer on the surface . The data of corrosion rate show that the way of doing those organic inhibitor is adsorbing and the inhibitor mecluleus is adsorbed on the metal surface according to Langmuir adsorption isotherm

## **Abstract**

**Keywords:** Corrosion; Steel; Sulfuric; Inhibition; Adsorption.

The corrosion inhibition behavior was studied for the compounds mentioned earlier, as well as the compounds (Re), (Co), (2), by electrochemical and weight loss method. Excellent results were obtained and the inhibition yield reached 97,19% X52 steel in 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution at ambient temperature. In order to study inhibiting effect, the compounds (r),(ch),(h), (t previous solution effected on the behavior of these compounds from the anode. Its was shown that adsorption is consistent with the langmuir isotherm.

In order to study the effect of metal, we used the last four compounds on the mild steel in 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and there is no effect either in the inhibition yield nor in the inhibition behavior.