

Commissariat à l'énergie atomique

e-den

Une monographie de la Direction  
de l'énergie nucléaire

# La corrosion et l'altération des matériaux du nucléaire



EDITIONS  
**LE MONITEUR**

cea

# Table des matières

Préface	5
---------	---

## Introduction

Introduction	7
Contexte, enjeux et objectifs	7
Qu'est-ce que la corrosion ? Quelques définitions	7
Une science complexe	8
La corrosion dans le domaine nucléaire	9

## La corrosion dans les réacteurs à eau : phénoménologie, mécanismes, remèdes

La corrosion uniforme	13
Les mécanismes de la corrosion uniforme	13
La corrosion uniforme des gaines de combustibles	14
Mesures <i>in situ</i> de la vitesse de corrosion généralisée par des techniques électrochimiques	23
La corrosion uniforme des alliages de nickel : caractérisation de la couche passive et mécanismes de croissance	24
Le code PACTOLE, un outil intégrateur	26
L'influence de la chimie de l'eau sur la corrosion et la contamination	29
L'effet de la radiolyse sur la corrosion uniforme	30

La corrosion sous contrainte	35
La fissuration par corrosion sous contrainte : généralités	35
Encart sur l'effet Coriou	37
Les moyens d'essais pour l'étude de la corrosion sous contrainte	37
Les techniques expérimentales	40
La corrosion interne des gaines de Zircaloy : effet de l'iode	43
La corrosion sous contrainte des alliages de nickel : influence de l'hydrogène	44
La corrosion sous contrainte des aciers inoxydables	50

La corrosion usure	
Un phénomène couplé	57
Une recherche liée à l'allongement de la durée de vie du parc électronucléaire français	57

## La corrosion dans les réacteurs du futur

La corrosion dans les réacteurs à gaz	63
La corrosion par les impuretés de l'hélium	63
La tenue à l'oxydation du carbure de silicium	68
La corrosion du graphite et des composites Carbone-Carbone	71
La corrosion des matériaux dans les réacteurs à métaux liquides	77
La corrosion dans les réacteurs rapides à sodium	77
La corrosion dans les réacteurs au plomb ou alliages de plomb	86

<b>La corrosion dans les réacteurs à sels fondus</b>	<b>95</b>
La corrosion des alliages de nickel de type Hastelloy N par les fluorures fondus	95
Le transfert de masse dans les systèmes fluorures anisothermes	96
La fragilisation par le tellure	97
Étude électrochimique de la corrosion de métaux purs dans les fluorures fondus	98

## **La corrosion et l'altération des matériaux dans l'aval du cycle**

**101**

<b>La corrosion en milieu nitrique concentré</b>	<b>103</b>
La tenue des matériaux en milieu nitrique	103
Le mécanisme auto catalytique de réduction de l'acide nitrique	104

<b>La corrosion en milieu aqueux insaturé</b>	<b>107</b>
La corrosion métallique en milieu insaturé. Application à l'entreposage des colis de déchets	107
L'altération des bitumes	111
Le comportement du béton armé et la corrosion des armatures	114
Le comportement du béton en environnement thermique sévère	117

<b>La corrosion en milieu aqueux saturé</b>	<b>121</b>
La corrosion des métaux en milieu argileux, application aux conteneurs des colis de stockage. Faut-il craindre un dégagement gazeux ?	121
Le comportement à long terme des verres, altération par l'eau ; application au stockage des déchets nucléaires	129
L'altération des céramiques	135
La durabilité des bétons « sous eau »	138
La transformation des argiles de barrière ouvragée	142

<b>La biodégradation des matériaux</b>	<b>147</b>
Micro-organismes et déchets nucléaires	147
Biodégradation des matériaux d'enrobage : le bitume	147
Biodégradation des matériaux d'enrobage : les liants hydrauliques	147
Bio-corrosion des matériaux de colisage : les aciers	149

## **Conclusion**

**151**

Conclusion générale	151
---------------------	-----

Glossaire-index	153
-----------------	-----