

# Chapitre III

## PROCEDURE EXPERIMENTALE

## **PROCEDURE EXPERIMENTALE**

### **INTRODUCTION :**

L'objectif de ce travail est d'étudier la tenue des dépôts de chrome sur des aciers à outil dans des conditions de corrosion. Les paramètres d'études sont l'épaisseur de la couche de chrome, fixée par la densité de courant et la température du dépôt, et la composition des aciers à outil. Le protocole expérimental suivi dans ce travail se présente de la manière suivante :

- Préparation des échantillons des trois nuances d'aciers
- Traitements thermiques
- Réalisation des revêtements de chrome
- Mesure des épaisseurs des dépôts
- Caractérisation structurale et mécanique (essais de dureté)
- Essais de corrosion
- Caractérisation électrochimique

### **III- 1 MATERIAUX UTILISES :**

Les méthodes modernes de transformation à froid des métaux et alliages nécessitent l'utilisation d'outillages de plus en plus performants. Ils doivent résister à des cadences élevées à de très fortes sollicitations, tout en respectant la précision des cotes et l'aspect de surface des pièces.

Pour cela trois différentes nuances d'aciers ont été choisies à savoir : le X 50 CrMoWV 5, le 60 NiCrMo 11 et le 80 MoCrV 42.16. Les désignations et les compositions chimiques selon les fiches techniques de ces aciers sont données par le tableau III-1



**Tableau III-1 désignations et compositions chimiques des aciers utilisés**

Nuance	Désignation EN	Composition chimique					
		C	Cr	Mo	V	Ni	W
2	X 50 CrMoWV 5	0,50	5,0	1,3	0,40	-----	1,3
4	60 NiCrMo 11	0,60	0,8	0,30	0,15	2,7	-----
3	80 MoCrV 42.16	0,80	4,00	4,25	1,00	-----	-----

W : Nuances en version refondue.

#### III-2 PROPRIETES ET UTILISATIONS :

La nuance 2 présente, à température ambiante, une dureté élevée sans fragilité et une bonne résistance aux actions abrasives. A chaud elle peut être utilisée pour la réalisation d'outillage fonctionnant à des températures de l'ordre de 450°C. Elle se caractérise aussi par une bonne résistance aux chocs thermiques et présente une faible déformation à la trempe.

Cette nuance est surtout utilisée pour la fabrication des poinçons et matrices pour travail à chaud tels que les lames de cisailles à chaud et les coquilles de moulage par injection. Elle est utilisée également pour les outils de travail à froid, cylindre de laminoir, poinçon, lames de découpe,...etc.

La nuance 4 représente l'acier d'outillage au Nickel-Chrome-Molybdène trempant à l'air. Cet acier présente à froid comme à chaud des caractéristiques de ductilité satisfaisantes permettant son emploi lorsque le travail se fait avec chocs. Il possède une très bonne stabilité dimensionnelle en cours de traitement.

Ce type d'acier est destiné pour le travail à chaud et à froid, il est utilisé en particulier pour : matrices d'estampage, lame de cisailles,...etc.

La troisième nuance 3 a une dureté élevée à température ambiante et une bonne résistance à l'abrasion. Les aciers ayant cette nuance sont destinés à la fabrication de bagues, de galets de roulements, de pièces de frottement soumises à des pressions élevées et à des températures comprises entre l'ambiante et 500°C environ.



Ces aciers peuvent être utilisés aussi bien pour la découpe lorsqu'une bonne ténacité est recherchée que pour le travail à froid. L'amélioration de la ténacité de cet acier s'obtient en abaissant la température de trempe et en ajustant la température de revenu pour obtenir une dureté au voisinage de 700 Vickers.

#### III-3 ANALYSE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE :

Afin de vérifier les données du tableau III-1, une analyse chimique des compositions de ces substrats a été effectuée par le biais d'un spectromètre à dispersion de fluorescence de Rayons X de haute performance de type FISCHERSCOPE. L'appareil utilisé est présenté dans la figure III-1. Les résultats de l'analyse obtenus sont présentés dans le tableau III-2. Les analyses de carbone figurant dans ce tableau, ont été réalisées à l'entreprise S.N.V.I. de Rouiba.

**Tableau III-2 Composition chimiques des substrats utilisés.**

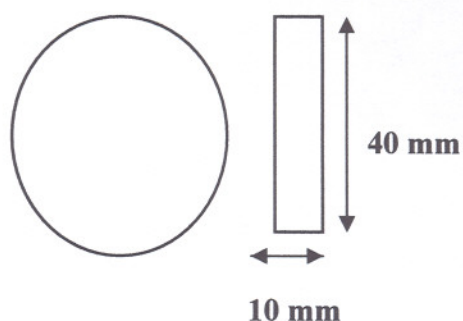
Elément	%C	%V	%Cr	%Mn	%Co	%Ni	%Cu	%Mo	%W
2	0.52	0.33	5.15	0.38	0.60	0.28	0.09	1.27	1.30
4	0.63	0.14	0.91	0.50	0.48	3.07	0.10	-----	-----
3	0.78	1.03	4.39	0.09	0.38	0.01	-----	4.10	-----



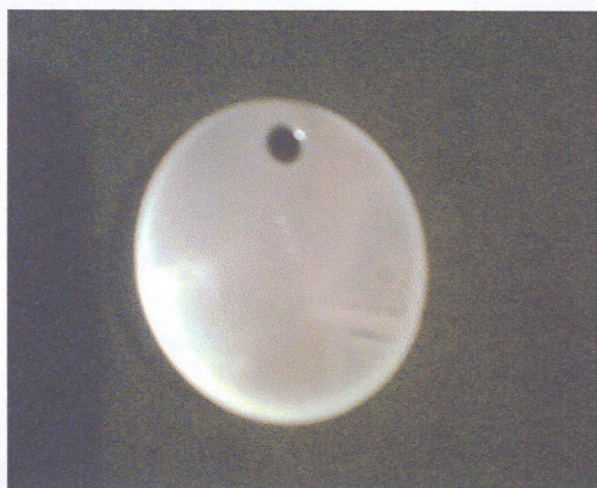
**Figure III-1 Spectromètre à dispersion de fluorescence de Rayons de type FISCHERSCOPE**

### III.4 PREPARATION DES ECHANTILLONS :

Les échantillons à tester dans cette étude sont de forme cylindrique de diamètre 40 mm et d'épaisseur de l'ordre de 10 mm. Cette forme a été obtenue après usinage de pièces de diamètre supérieur. Pour le maintien dans le bain de chromage, les pièces sont munies chacune d'un perçage de 4 mm de diamètre. Les dimensions des échantillons sont définies dans la figure III-2. Un exemple d'échantillon est donné par la photographie de la figure III-3



**Figure III-2 : Schéma des échantillons réalisés**



**Figure III-3 Exemple d'échantillon utilisé.**



### III.5 TRAITEMENTS THERMIQUES :

Les échantillons à tester, étant livrés à l'état adouci, les différents cycles de traitements thermiques effectués pour les trois nuances sont résumés par les figures III-4, III-5 et III-6 respectivement pour le 2, le 4 et le 3. Le programme du traitement thermique appliqué pour les trois nuances est composée de quatre étapes :

- 1- Un recuit
- 2- Une austénitisation
- 3- Un premier revenu
- 4- Un deuxième revenu

Les deux revenus sont effectués à la même température. Le préchauffage des aciers avant l'austénitisation permet d'éliminer les contraintes de mise en forme et de la transformation  $\alpha \rightarrow \gamma$ .

Pendant l'austénitisation, la mise en solution des éléments d'alliage et des carbures est incomplète, de sorte que, on retrouve après trempe une structure composée de martensite, d'austénite résiduelle et de carbures de chrome, de molybdène de vanadium et de tungstène.

Au cours du revenu, la martensite se transforme et vers 450°C la cémentite disparaît et des précipités de carbures apparaissent provoquant un durcissement secondaire de l'acier.

L'austénite reste stable dans cet intervalle de température et au cours du refroidissement elle se transforme partiellement en martensite. Ceci justifie un deuxième revenu pour faire disparaître la martensite secondaire et obtenir un durcissement supplémentaire de l'acier.



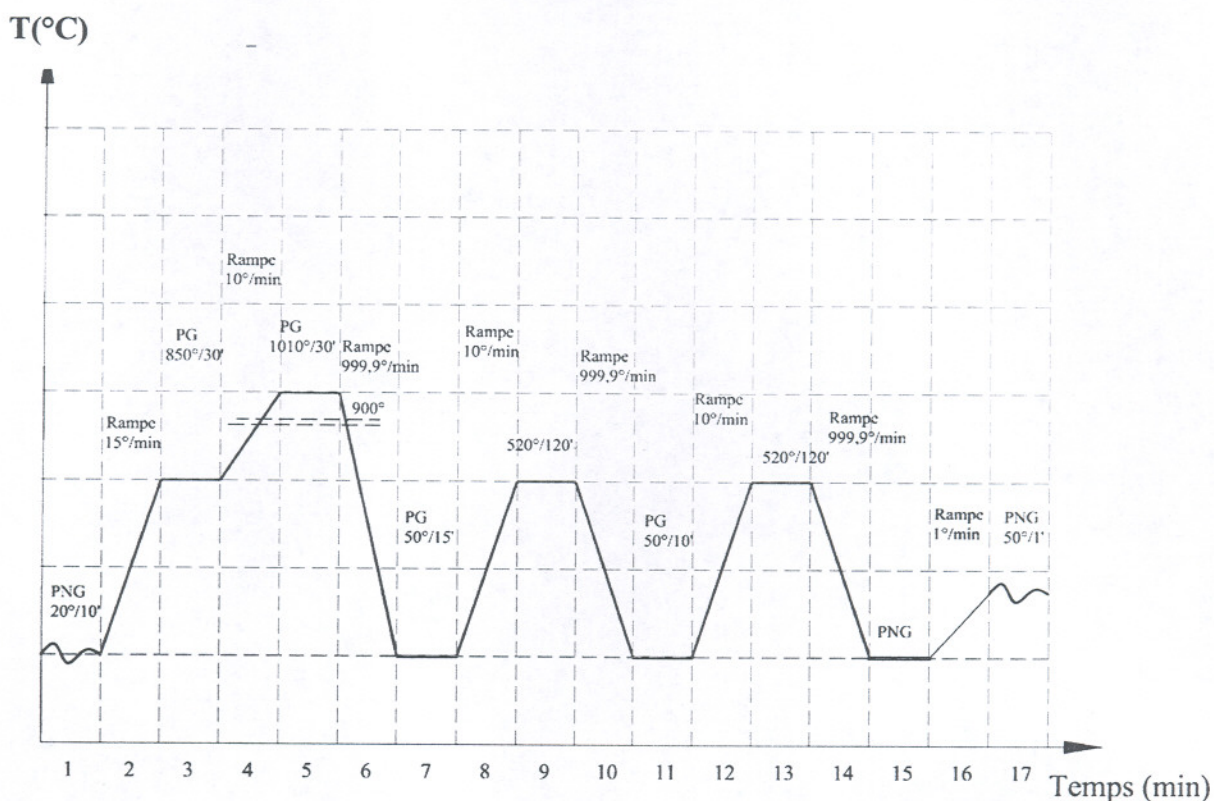


Figure III-4 Cycle de traitement thermique pour la nuance Z 50 CDWV 5 (Trempe + double revenu).

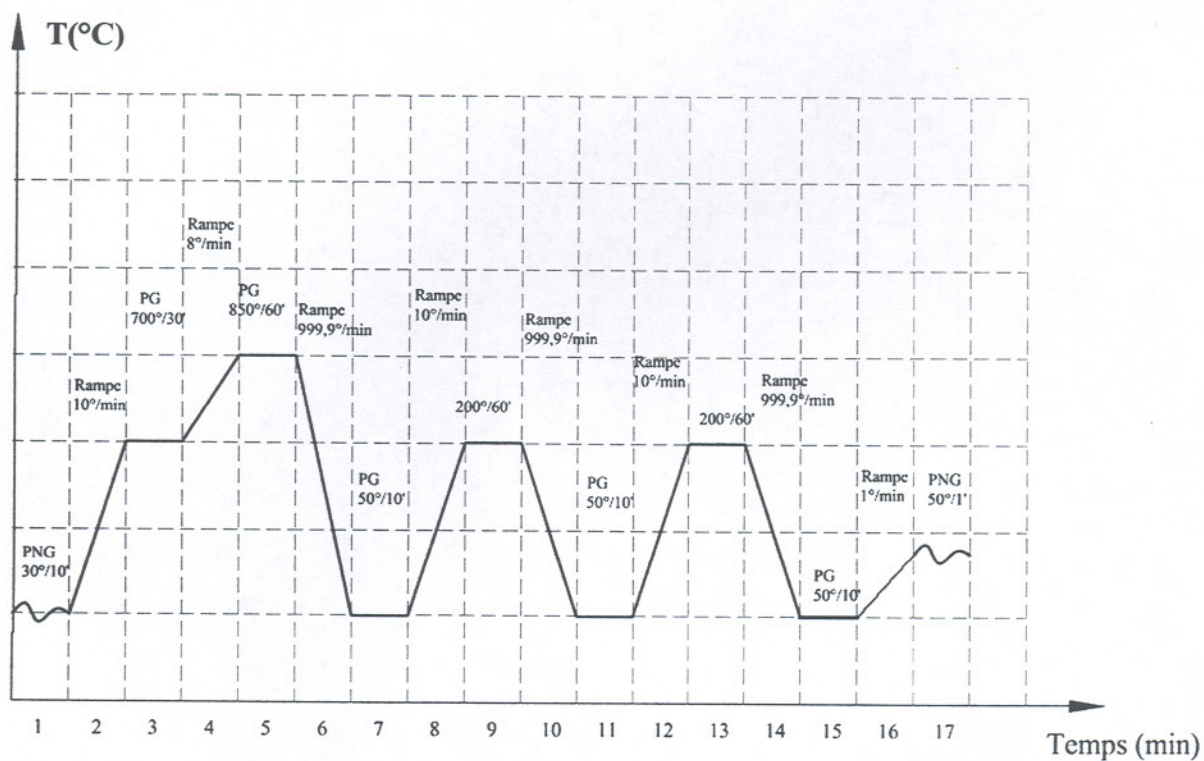
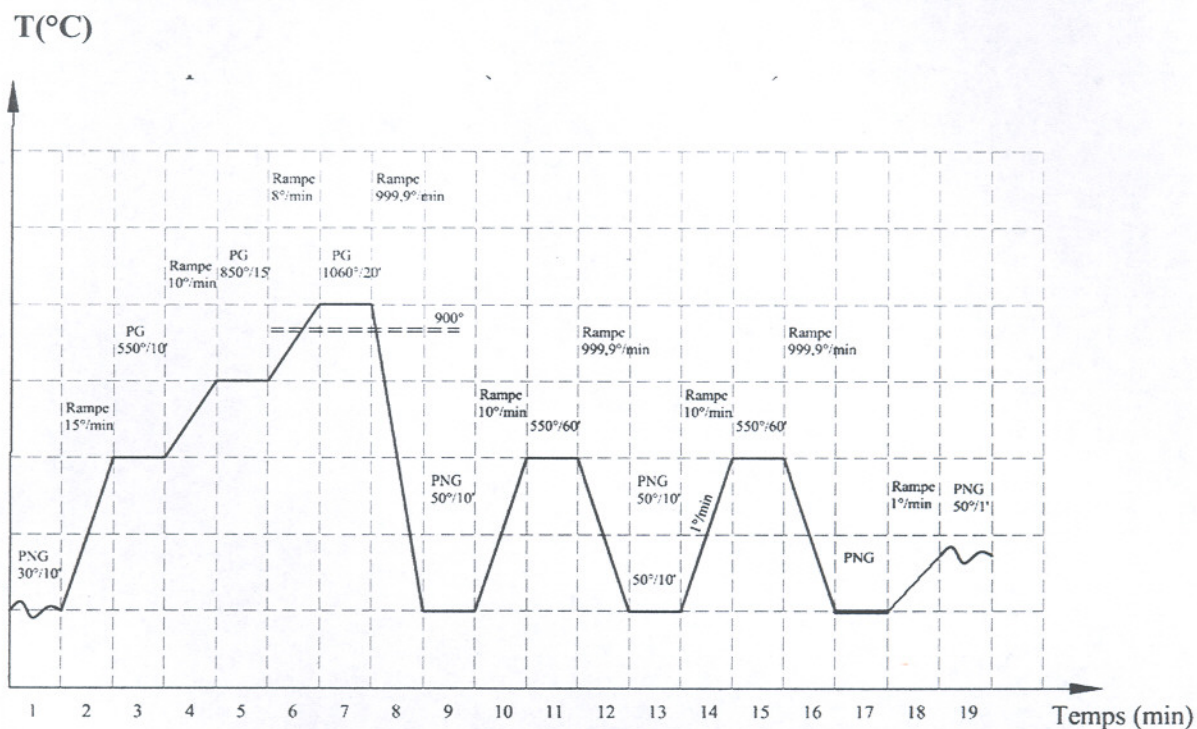


Figure III-5 Cycle de traitement thermique pour la nuance 60 NCD 11 (Trempe + double revenu)



Pour l'acier 60NC11, les revenus sont effectués à 200 °C car il contient peu de carbures comparé aux deux autres nuances. La structure se transforme comme un acier au carbone. Le traitement appliqué est un revenu de détente.



**Figure III-6 Cycle de traitement thermique pour la nuance E80 DCV 40**

Les traitements thermiques ont été effectués dans un four sous vide type BMI, horizontal à parois froides avec injection de gaz passant sur des échangeurs pour le refroidissement.

L'installation est dotée d'un système d'assistance par convection pour les températures inférieures à 700 °C avec injection d'azote, c'est-à-dire dans le domaine de température où le chauffage par rayonnement est insuffisant. Cela permet de réduire d'un facteur de 3 le temps de montée jusqu'à 700 °C. Le refroidissement peut être assuré par injection de gaz sous pression après passage sur des échangeurs.

Le vide est bien entendu l'atmosphère idéale et si l'acier à outil a une trempabilité suffisante (les vitesses de refroidissement obtenues sont équivalentes à celles réalisées par trempe sous gaz) ce type de traitement présente sur le plan technique un intérêt évident.