

M/624.923

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université 8Mai 1945 – Guelma

**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
**Département de Génie des Procédés**

**Mémoire De Projet Fin d'Etudes**

*2<sup>ème</sup> Année Master*

---

*Elaboration et caractérisation d'une peinture d'accrochage*

---

**Filière** : Génie des Procédés

**Option** : Matériaux et Génie des Procédés : Matériaux et Traitements des Surfaces

Présenté par :

**GHEZALI Besma**

Sous la direction de :

**Dr.BENGOURNA Nadjette**

Juin 2015



15/3/98

**Remerciements  
et  
dédicaces**

*A la mémoire d'une personne très chère «ma mère» que dieu ait son âme en paix*

*A mon père*

*A mes sœurs*

*A mon frère Bilel*

*A mon beau frère*

*A mes neveux et nièces*

*En témoignage de ma profonde affection et de reconnaissance pour leurs soutiens sans limite.*

*A tous ceux qui me sont chers*

## *Remerciements*

*Je remercie en premier lieu Dieu  
Le tout puissant qui m'a éclairé le chemin  
Pour réaliser ce travail.*

*J'exprime ainsi ma profonde reconnaissance envers  
Madame*

*« BENGOURNA Nadjette »*

*Docteur à l'université de Guelma qui m'a permis grâce à  
ces judicieux conseils et encadrement constant de mener à  
bien Cette étude.*

*Je tiens aussi à remercier tous le personnel de l'entreprise  
nationale Algérienne des peintures de Souk-Ahras, qui m'ont  
soutenu tout au long de ma période de stage.*

*Et surtout un grand merci à Mme Amel Lahfaya.*

*Un grand merci doit être adressé à tous*

*Les enseignants qui m'ont accompagné*

*Durant Mes études pour leur soutien*

*Moral et leur encouragement.*

*Un grand merci à tous nos proches amis de la  
Promotion.*



# Table des matières

## Table des matières

Liste des abréviations.....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Introduction générale.....	1

### Présentation de l'unité des peintures de Souk-Ahras

I-Introduction.....	3
II- Situation géographique.....	3
III- Identification de l'unité.....	3
IV-Organisation de l'unité.....	3
a- Département de maintenance.....	4
b- Département de production.....	4
c- Département commercial.....	4
d-Département laboratoire (laboratoire central).....	4
V-Activité de l'unité.....	5
a/ Capacité théorique de production.....	5
b/ Marché de l'unité et réseau de distribution.....	5
c/ Système technologique.....	6
d/ Processus de fabrication des peintures.....	6
e/ Nature des matières premières utilisées.....	6
VI- Domaines d'application des peintures de l'ENAP.....	6

### Chapitre I: Généralités sur les peintures et vernis

I-1 Introduction.....	9
I-2 Définition de peinture.....	9
I-3 Fonction des peintures.....	10
I-4 Composition d'une peinture.....	10

I-4-1 Le Liant .....	10
I-4-2 Les solvants .....	11
I-4-3 Les Pigments .....	13
I-4-4 Les Charges .....	13
I-5-5 Les Additifs ou les adjuvants .....	14
I-5 Différents types de peinture .....	15
I-5-1 Les peintures synthétiques .....	15
I-5-2 Les peintures naturelles.....	15
I-6 Formulation d'une peinture .....	16
I-6-1 Contrôle des matières premières .....	16
I-6-2 Fabrication des peintures.....	16
I-7 Différentes étapes de la fabrication d'une peinture.....	17
I-8 Action sur la consistance des peintures .....	19
I-9 Différents gammes de peintures .....	19
I-10 Définition de Vernis .....	19
I-11 Composition .....	20
I-12 Résines.....	20
I-13 Caractéristiques essentielles.....	21
I-14 Types de vernis.....	21
I-14-1 Les vernis synthétiques .....	21
I-14-2 Les vernis naturels.....	24
I-15 Utilisation des différents vernis.....	25
I-16 Fabrication des vernis.....	25
I-17 Conclusion.....	26

## **Chapitre II : vernis fixateur ou peinture d'accrochage**

II-1 Introduction .....	28
II-2 Qu'est-ce qu'une sous-couche ?.....	28
II-3 Composition de la peinture d'accrochage .....	28
II-4 Différents types de sous-couches .....	28
II-5 Mise en œuvre d'une peinture d'accroche existante sur le marché .....	29
II-6 Différence entre une peinture et une peinture primaire .....	29
II-7 Les avantages d'une sous-couche .....	29
II-8 Utilisation.....	30
II-9 Exemple de peinture d'accrochage .....	31
II-9-1 Peinture d'accrochage de référence proposé par l'ENAP de souk Ahras.....	31
II-9-2 Composition.....	31
II-9-3 Caractéristiques de l'échantillon référence .....	31
II-10 Notion de système de peinture .....	31
II-10-1 Un système de peinture comprend.....	32
II-11 Conclusion .....	32

## **Chapitre III : Méthodes expérimentales**

III-1 Détermination de la viscosité.....	34
III-2 Détermination de la densité .....	35
III-3 Détermination de l'extrait sec.....	36
III-4 Détermination des durées de séchage hors Toucher(HT) et sec.....	36
III-5 Détermination du pH .....	37
III-6 Méthodes de control de la résistance à la lavabilité d'un vernis fixateur .....	38
III-7 Méthode de contrôle de la stabilité.....	39
III-8 Méthode de contrôle adhérence .....	40
III-9 Caractérisation par spectroscopie infra rouge.....	41

## **Chapitre IV : Formulation d'une peinture d'accrochage ou vernis fixateur**

IV-1 Problématique.....	44
IV-2 Description des produits à élaborer .....	44
IV-3 Présentation de la peinture d'accrochage de référence.....	44
IV-3-1 Composition .....	44
IV-3-3 Caractéristiques de l'échantillon référence .....	45
IV-4 Elaboration de peinture d'accrochage .....	45
IV-4-1 Formulation de la première variante (V1).....	45
IV-4-2 Procédé de fabrication.....	46
IV-4-3 Caractéristiques de la première variante (V1).....	46
IV-5 Formulation de la deuxième variante (V2).....	47
IV-5-1 Caractéristiques de la deuxième variante (V2).....	48
IV-6 Formulation de la troisième variante (V3) .....	49
IV-6-1 Caractéristiques de la troisième variante (V3) .....	50
IV-7 Formulation de la variante V4, V5, V6 .....	50
IV-7-1 Caractéristiques des variantes 4 ,5 et 6.....	51
IV-8 Analyse rhéologique des différentes formulations .....	51
IV-9 Teste de stabilité thermique en fonction du temps .....	54
IV-9-1 Mode opératoire .....	54
IV-9-2 Résultats de stabilité thermique.....	54
IV-10 Test de la lavabilité.....	55
IV-10-1 Résultats de la lavabilité.....	55
IV-11 Test d'adhérence.....	56
IV-11-1 Résultats de test d'adhérence .....	57
IV-12 Caractérisation par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier FTIR .....	58
IV-13 Conclusion.....	59
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>61</b>

**Référence bibliographique .....63**  
**Annexe A.....65**  
**Annexe B.....70**



# Liste des abréviations

## Liste des abréviations

**E.N.A.P** : Entreprise nationale de peinture de Souk Arase

**HT** : Séchage Hors Toucher

**Réf** : Échantillon de référence

**V (1, 2, 3, 4, 5, 6)** : Les variantes

**CVO** : Composés organiques volatiles



**Liste des figures  
et  
des tableaux**

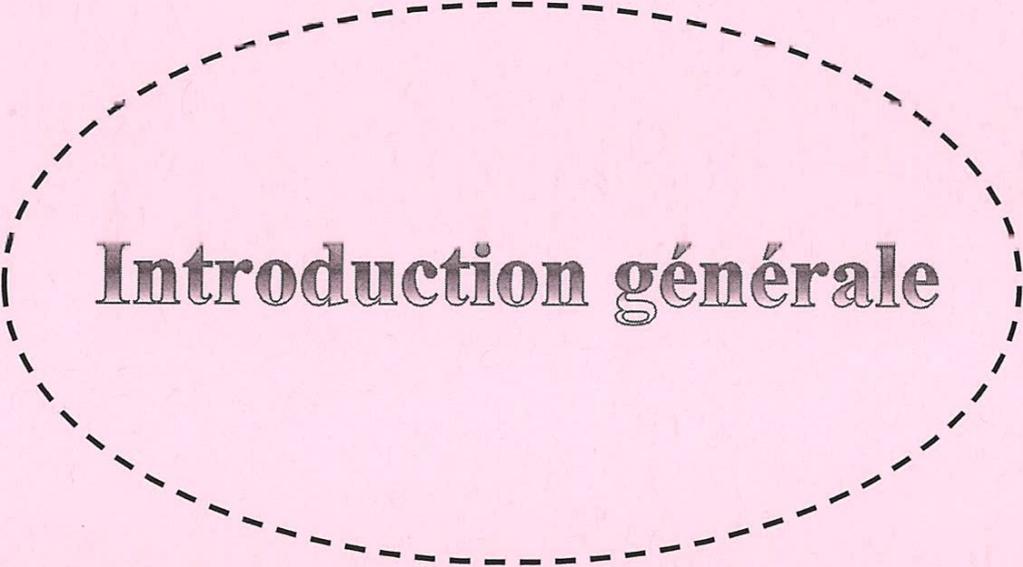
## Liste des figures

Figure 1 : Présente une description générale de l'entreprise .....	5
Figure I-1 : Différentes étapes de la fabrication d'une peinture .....	18
Figure II-1: Peinture d'accrochage.....	30
Figure III-1 : Viscosimètre « Brookfield » .....	34
Figure III-2 : Thermomètre .....	34
Figure III-3: Pycnomètre 100 cc .....	35
Figure III-4: Appareil de mesure de l'extrait sec DENVER IR-30 .....	36
Figure III-5: Papier à cigarettes.....	37
Figure III-6 : Papier PH.....	37
Figure III 7: Abrasimètre .....	38
Figure III-8 : Modes vibrationnels .....	42
Figure IV-1: Agitateur.....	46
Figure IV-2 : Variation de la viscosité en fonction du gradient de vitesse ou de déformation pour les différentes formulations et pour la référence .....	53
Figure IV-3 : Comparaison des variations de la viscosité en fonction du gradient de vitesse ou de déformation pour les différentes formulations et pour la référence .....	53
Figure IV-4: Bandes d'essai avant lavage.....	56
Figure IV-5: Test de lavabilité .....	56
Figure IV-6: Bandes d'essai après lavage.....	56
Figure IV-7: Test d'adhérence .....	57
Figure IV-8: Test d'adhérence pour la référence .....	57
Figure IV-9: Test d'adhérence pour V3 .....	57
Figure IV-10 : Spectres infrarouge IR de la référence et de la formulation 3 .....	59

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Domaines d'application des produits de l'ENAP .....	7
Tableau II-1: Caractéristiques de l'échantillon référence .....	31
Tableau IV-1: Caractéristiques de l'échantillon de référence .....	45
Tableau IV-2 : Pourcentage des ingrédients de V1 .....	45
Tableau IV-3 : Caractéristiques de la première variante (V1) .....	47
Tableau IV-4: Pourcentage des ingrédients (V2) .....	48
Tableau IV-5 : Caractéristiques de la deuxième variante (V2) .....	48
Tableau IV-6: Pourcentage des ingrédients du (V3) .....	49
Tableau IV-7: Caractéristiques de la troisième variante (V3) .....	50
Tableau IV-8: Pourcentage des ingrédients de V4, V5, V6 .....	50
Tableau IV-9: Caractéristiques des variantes 4, 5 et 6 .....	51
Tableau IV-10 : Résultats de stabilité pour toute les variant et le référence .....	55
Tableau IV-11 : Résultats de lavabilité pour toutes les variantes et le référence .....	55

---



# Introduction générale

## Introduction Générale

La production des peintures en phase aqueuse (appelées communément peinture à l'eau) à augmenter de façon importante à partir des années 1970. Les raisons en sont principalement leur plus faible dangerosité, la politique de protection de l'environnement et les chocs pétrolier successifs (économie de solvants).

Face à ces avantages, les tensions de surface élevée de l'eau en fait de ce dernier un mauvais solvant à l'égard des propriétés d'écoulement (mauvais tendu du film)

Les performances de la peinture en phase aqueuse sont donc étroitement conditionnées par leur viscosité qui est fonction d'eau, d'épaississant phase eau et d'épaississant acrylique, les proportions de ces trois éléments influence pour une large part les propriétés physiques des peintures et surtout leur adhérence. Pour minimiser ces problèmes de viscosité et d'adhérence est apparu ces dernière années un nouveau type de peinture appelé vernis fixateur, peinture d'accrochage (d'accroche) ou sous couche.

La sous-couche, comme son nom l'indique est la première couche à appliquer sur un support avant de réaliser sa finition. Différente d'une simple peinture diluée, elle offre de nombreux avantages allant de la bonne accroche à la longévité du revêtement final.

Dans le même contexte, nous avons réalisé notre travail au niveau de l'ENAP de Souk Ahras. Nous avons élaboré des formulations de peinture d'accrochage, à base de résine acrylique, inspirées de la formule d'un vernis fixateur (CECAM fixateur) fourni par la même entreprise mais avec une composition et des caractéristiques inconnus.

Notre travail est subdivisé en deux grandes parties :

La première, rappellera les principaux aspects de l'industrie des peintures. Nous mettrons en avant des généralités sur les peintures et les vernis, nous présenterons les classes synthétiques et naturelles des peintures avec comparaison des deux types. Un accent est mis sur les vernis ou peinture d'accroche.

La deuxième consistera en une étude et présentation de plusieurs formulations de peintures d'accroche que nous avons élaborée avec présentation du matériel et des produits utilisés.

En conclusion de ce travail, nous ferons un récapitulatif de l'ensemble des travaux effectués et nous dégagerons les diverses perspectives tant au niveau des formulations que sur les tests complémentaires qui permettront peut-être de passer à la production future des peintures d'accroche au niveau de l'ENAP de souk Ahras.



**Présentation de l'unité  
des peintures de  
Souk-Ahras**

### I-Introduction

L'ENAP est une importante entreprise nationale dont le siège se trouve à LAKHDARIA (Alger); fondée de la restriction de l'ex SNIC; Société Nationale des Industries Chimiques selon le secteur d'activités. L'entreprise comprend six unités à travers le pays, les plus importantes sont celles de SOUK - AHRAS et de SIG dotées d'équipement ultramodernes et de personnel hautement qualifié et dirigé par un encadrement formé chez le constructeur Européen et Bailleur de know-how (formule de peintures vendues).

L'unité de SOUK-AHRAS a été créée en 1984 avec une capacité moyenne de production de 20.000 T/AN. Elle avait pour but de créer des débouchés et de recouvrir le besoin national en matières de peintures de toutes sortes surtout dans les régions reconnues déshérités.

### II- Situation géographique

L'unité de SOUK-AHRAS est située à l'est du pays dans la frontière limitrophe de la Tunisie dans la zone industrielle, route allant à Annaba. BP 109 route d'Annaba, elle a une superficie de 13 lie tard sont couvertes. Elle a pour avantage la facilité d'écoulement des produits par terre et mer et voie ferroviaire.

### III- Identification de l'unité

- Dénomination sociale et statut : unité de production de Souk –Ahras.
- Capital social : le montant du capital est fixé 64 million de DA.
- Raison sociale : la recherche, le développement et la production des peintures, vernis, émulsion, résines, colles, siccatifs et dérivés.
- Superficie totale de l'unité : 120000m<sup>3</sup> dont superficie couverte 26,641m<sup>2</sup>
- Nature fluide du terrain de l'unité de P'ENAP.

Certification ISO9001 / 2000 : certifiée depuis 2003.

### IV-Organisation de l'unité

L'unité de Souk-Ahras comprend un effectif répartis en quatre groupes appelés département.

### **a- Département de maintenance**

Comprend le service transport maintenance et le bureau de méthode.

### **b- Département de production**

Englobe les trois services suivants :

- Fabrication de résines.
- Production de peinture blanche.
- Production des peintures teintées.

### **c-Département commerciale**

Englobe les services suivants : vente, gestion des stocks (matières premières avant l'utilisation et emballages).

### **d-Département laboratoire (laboratoire central)**

Le laboratoire central contrôle les matières premières avant utilisation et durant le stockage. Il comprend trois services :

- Service assistance de la qualité des produits finis et de présentation des produits dans le marché extérieur ;
- Service de développement et de recherche, chargé d'étudier les nouvelles formules pour peintures et résines. Auxquels s'ajoute les cellules de contrôle de qualité des peintures et cuisson des résines lors de la fabrication ;
- Les services, personnel et sécurité : contrôle matières premières + cellule environnement

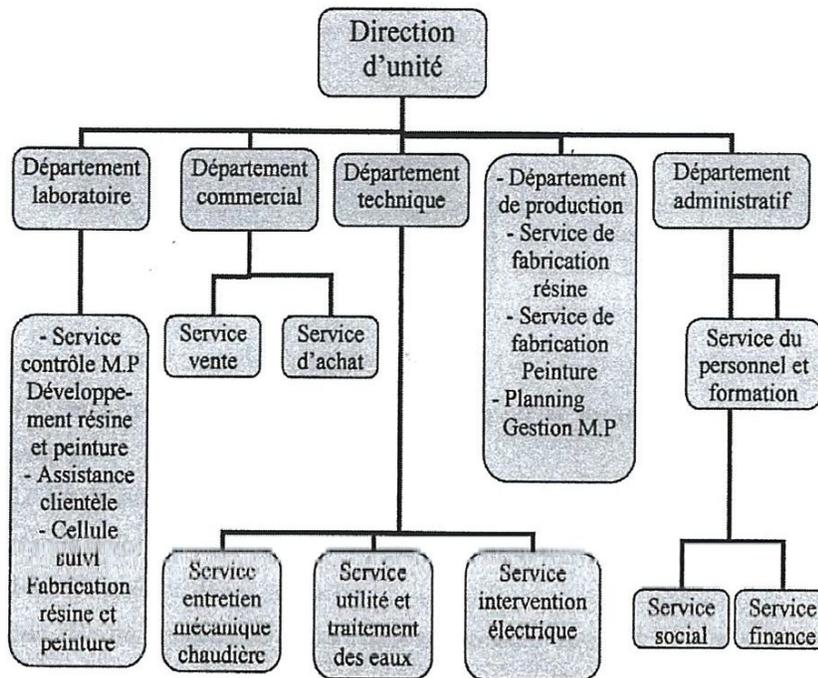


Figure 1 : Présente une description générale de l'entreprise

## V-Activité de l'unité

L'activité essentielle de l'unité est la fabrication des peintures des colles et des produits semi-finis.

- Segments des peintures : Bâtiment, industrie, carrosserie, vernis, diluants, colles.
- Segments des semi - finis : émulsions, Résines alkydes et siccatifs.

### a/ Capacité théorique de production

- Peintures : 20.000 tonnes /an.
- Émulsions + colles : 5.000 tonnes /an.
- Résines alkydes : 7.500 tonnes /an.

### b/ Marché de l'unité et réseau de distribution

La totalité des produits fabriqués par l'unité est commercialisée sur le marché national. La Distribution des produits s'y fait selon le circuit suivant :

La distribution des produits "Grand Public et droguerie" s'effectue principalement par DIPROCHIM et les distributeurs conventionnés.

Les clients industriels spécifiques sont pris en charge directement par l'unité (circuit direct).

**c/ Système technologique**

Équipements techniques de pointe d'origine européenne.

**d/ Processus de fabrication des peintures**

Après préparation des matières premières conformément aux formules, le processus comprend les phases suivantes : empatage, broyage, dilution, filtration, mise à la teinte et conditionnement.

**e/ Nature des matières premières utilisées**

- **Liants** : résines glycérophtaliques, acétate de polyvinyle en phase aqueuse...
- **Pigments** : dioxyde de titane, oxydes de fer...
- **Charges** : carbonate de calcium, sulfate de baryte, talc.
- **Solvants** : aliphatiques, aromatiques, alcools, acétates.
- **Additifs** : huiles minérales, siccatifs...

**VI- Domaines d'application des peintures de l'ENAP**

Le tableau suivant montre les différents types de produits élaborés par l'ENAP et leurs domaines d'application

**Tableau 1 : Domaines d'application des produits de l'ENAP.**

<b>GAMME PRODUITS</b>	<b>LIGNE DE PRODUITS</b>	<b>DESTINATIONS</b>
<b>BATIMENT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vinyliques + acryliques (peintures, crépis et enduits à eau)</li> <li>- Glycérophthaliques (peintures brillantes satinées, mâtes et vernis).</li> <li>- Peintures à l'huile</li> <li>- Peintures et vernis</li> <li>- Mastic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Travaux de bâtiment intérieur et extérieur (droguerie et professionnel)</li> <li>- sols, réservoirs en béton</li> <li>- vitrerie</li> </ul>
<b>ANTICORROSION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système ALKYDE</li> <li>- Système EPOXY</li> <li>- Système POLYURETHANE</li> <li>- Système CAOUTCHOUC CHLORE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Structures et charpentes métalliques en ambiance rurale</li> <li>- Structures métalliques en Intérieur en ambiance agressive (industrielle, marine)</li> <li>- Structures métalliques en intérieur et extérieur en ambiance agressive, aviation, marine</li> <li>- Structures métalliques en ambiance marine, bateaux et infrastructures portuaires</li> </ul>
<b>INDUSTRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système ALKYDE</li> <li>- Système ACRYLIQUE</li> <li>- Système VINLIQUE</li> <li>- Système POLYURETHANE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériels agricoles, véhicules industriels panneaux de signalisation routière</li> <li>- Électroménager, tôle galvanisée</li> <li>- Équipements industriels</li> </ul>
<b>CARROSSERIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système ALKYDE</li> <li>- Système ACRYLIQUE</li> <li>- Système POLYURETHANE</li> <li>- Système CELLULOSIQUE</li> <li>- Mastics polyester et CELLULOSIQUE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Véhicules industriels, retouches réfection</li> <li>- tôlerie automobile</li> </ul>
<b>BOIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vernis ALKYDE</li> <li>- Vernis POLYURETHANE</li> <li>- Vernis CELLULOSIQUE</li> <li>- Mordant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menuiserie et ébénisterie</li> </ul>
<b>COLLES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vinyliques à l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- papier, carton et bois</li> </ul>
<b>RESINES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ALKYDES</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication de peintures (bâtiment, industrie et encres)</li> </ul>
<b>EMULSIONS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vinyliques /Acryliques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication de peintures et colles</li> </ul>
<b>SICCATIFS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Octoates et naphénates</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication de peintures et encres</li> </ul>
<b>DILUANTS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthétiques, cellulosiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- droguerie et industrie</li> </ul>

# Chapitre I

## Généralités sur les peintures et vernis

## I-1 Introduction

La peinture est un art aux variantes multiples qui a toujours existé. Tous types de supports ont été utilisés au cours du temps. D'abord la roche, la pierre, puis le bois, la toile, le papier... Puis des peintures ont recouvert des murs, des sols, des tissus. Techniquement, l'important est d'abord de bien choisir sa peinture en fonction du support. La peinture est composée d'un pigment auquel sont ajoutés un liant, un diluant et éventuellement d'autres éléments. Ces trois derniers spécifient la qualité et l'utilisation de notre peinture. Il existe la gouache, l'aquarelle, les feutres aquarella les, (à utiliser sur papier à grain à grammage élevé) l'acrylique, la peinture à l'huile, l'encre colorée...

Qu'elle soit figurative, abstraite, ou décorative, la peinture est l'un des premiers arts que l'on découvre grâce aux possibilités infinies de la pratiquer [1].

## I-2 Définition de peinture

Une peinture est une préparation fluide (liquide, pâteuse ou pulvérulente) qui peut s'étaler en couche mince sur toutes sortes de matériaux (appelés subjectiles) pour former, après séchage (durcissement), un revêtement mince (film ou leuil) adhérent et résistant, une peinture est donc un produit liquide ou en poudre, contenant des pigments, de qualité protectrices et décoratives ou techniques particulières [2].

On peut définir aussi la peinture comme un mélange de particules solides finement pré dispersées dans un liant, généralement un polymère synthétique, dispersé ou dilué dans un liquide.

Lorsqu'elle est appliquée sur un substrat, le liquide s'évapore, ce qui entraîne l'interpénétration des chaînes polymères, créant de plus en plus d'interactions entre elles et piégeant les charges intégrées dans la formulation initiale [3].

Pour l'utiliser, la peinture est une surface caractérisée par:

- **La couleur:** est le principal critère esthétique.
- **L'opacité:** est liée à la présence de pigments, le vernis n'a pas d'opacité car il ne contient pas de pigment. Le vernis c'est un film transparent, par contre la peinture en est opaque.
- **L'aspect:** cette surface se comporte de différentes façons avec la lumière, elle peut être :
  - Brillante: la surface réfléchit la lumière.
  - Mate : la surface diffuse la lumière.

- Satinée: la surface diffuse la lumière [4].

### I-3 Fonction des peintures

La peinture est un mélange de matières hétérogènes dont les deux fonctions principales sont de protéger les supports (bois, plastiques, métaux, maçonneries...) et de les décorer (couleur, brillance, structure...), selon les besoins.

- Le rôle protecteur est souvent primordial, que ce soit la protection contre la corrosion des structures et objets métalliques, la protection contre les intempéries des matériaux de construction, ou encore la protection des bois contre les dégradations photochimiques.
- La fonction de décoration est également importante pour rendre plus agréable le cadre de vie, les lieux de travail, l'aspect des objets... Souvent, les formules de peintures qui assurent la protection n'ont qu'un effet décoratif réduit.

Des peintures dites « intelligentes » peuvent être aujourd'hui développées. Certaines peuvent avoir des propriétés autonettoyantes, photochromes, hydrophobes, dépolluantes, anticorrosion, anti-fissures, anti-moisissures, antibactériennes ou encore des propriétés permettant d'améliorer l'isolation thermique ou électromagnétique [5].

### I-4 Composition d'une peinture

En général, les peintures sont composées de 5 éléments :

#### I-4-1 Le Liant

Un liant est un produit qui sert à agglomérer en masse solide, des particules solides sous forme de poudre ou de granulats (appelés aussi agrégats, dans le cas des peintures et des mastics, on parle de charges).

Un liant est appelé également résine, il assure le lien entre tous les composants, ainsi que l'adhérence de la peinture au support. De lui dépendent les modes de séchage et de formation du film de peinture ainsi que les caractéristiques physiques et chimiques de la peinture [6, 7].

#### I-4-1-1 Classification des liants

Selon leur composition, les liants peuvent être classés en deux grandes familles:

-les liants minéraux.

-les liants organiques.

#### **A-Liants minéraux**

L'argile ou la terre argileuse est disponible à l'état naturel et est employé dans des mortiers de terre ou des bétons de terre. D'autres sont obtenu par calcination. Selon leur mode de durcissement, les liants obtenus par calcination peuvent être classés en deux familles :

- **Les liants aériens** : durcissement à l'air dû à une réaction de carbonatation : chaux aériennes, plâtres .

- **Les liants hydrauliques** : durcissement en milieux humides ou dans l'eau dû à une réaction d'hydratation de silicates ou d'aluminates : chaux hydrauliques, ciment prompt, ciments (ciment Portland), laitiers.

#### **B-Liants organiques**

- Les liants hydrocarbonés : bitumes, goudrons .
- Les résines et surtout les polymères : les aminoplastes, par exemple, sont des polymères largement utilisés dans l'industrie du bois et de ses dérivés.
- Les huiles sont employées pour leur pouvoir siccatif: huile de lin, etc.

### **I-4-2 Les solvants**

Dans l'industrie de la peinture, le diluant désigne le mélange de solvants qui est ajouté à la peinture concentrée et qui permet d'obtenir la peinture prête à l'emploi.

Dans ces conditions pour éviter des ennuis, il faut se conformer rigoureusement au mode d'emploi de la peinture.

Le choix des solvants est très important car il règle la facilité d'application d'une peinture et conditionne le résultat obtenu.

On classe les solvants en trois catégories:

- **Solvants légers**: Point d'ébullition inférieure à 100 °C.
- **Solvants moyens**: Point d'ébullition inférieure à 130 °C.
- **Solvants lourds**: Points d'ébullition supérieure à 130 °C.

Dans un film de peinture, l'évaporation des solvants doit être continue et régulière, sans paliers pour éviter leur emprisonnement, les solvants légers partant les premiers. L'évaporation se fera rapidement au départ pour éviter les coulures au moment de l'application mais pas trop cependant pour ne pas risquer la rétention des solvants lourds. Le dernier solvant à partir doit être un bon solvant des éléments filmogènes contenus dans la peinture.

La prise du film, son temps de hors poussières, le blush, la tension de la pellicule, le brillant final obtenu, sont conditionnés par le choix et l'équilibre des solvants.

Chimiquement on distingue plusieurs familles de solvants: alcools, esters, cétones, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.

➤ **Groupe des alcools** : dans ce groupe on trouve

Alcools éthylique et isopropyliques dénaturés (légers).

Butanol (moyen).

Les glycols (alcools lourds).

➤ **Groupe des esters**

Acétate d'éthyle (très léger).

Acétate de butyle (moyen).

Acétate d'éthyle glycol (lourd).

➤ **Groupe des cétones**

Acétone (très léger).

Méthyléthylcétone (léger).

Méthylisobutylcétone (moyen).

➤ **Groupe des hydrocarbures aromatiques**

Toluène (léger).

Xylène (moyen).

Solvants naphta (lourds).

➤ **Groupe des hydrocarbures aliphatiques**

White spirite à moins de 5% d'aromatiques et à 18% d'aromatiques.

Essence de térébenthine.

Solvants chlorés (trichloréthylène, perchloréthylène...) [8].

### I-4-3 Les Pigments

Ce sont des substances minérales ou organiques généralement sous forme de particules fines (poudres), pratiquement insoluble dans le milieu de suspension, ils sont utiles pour les propriétés protectrices et décoratives. Le meilleur pigment qui nous donne la couleur blanche c'est le dioxyde de titane ( $\text{TiO}_2$ ).

- **Les pigments minéraux**

1- L'oxyde de fer (jaune, noir et rouge).

2- Cuivre et chromate.

- **Les pigments organiques**

Ce sont des pigments artificiels par exemple :

1- Le noir de carbone qui provient de la combustion de bois.

2- Le noir de fumée qui provient de la combustion de gaz naturel.

- **Les pigments métalliques**

Se trouvent sous forme de poudre brillant comme l'aluminium et le zinc.

#### I-4-3-1 Le rôle des pigments

**Aspect de la couleur :** par leurs dispersions dans le solvant, les pigments ont la particularité d'absorber et de dériver les rayons lumineux.

**Effet mécanique :** si les grains des pigments occupent tous les vides existant entre les grosses particules, le pigment jouera un rôle dans la résistance mécanique de la peinture (résistance à l'absorption) et parfois joue un rôle utile dans l'adhérence.

**Effet de protection :** les pigments sont des bons isolants du courant électrique, ils protègent les métaux des corrosions [9].

### I-4-4 Les Charges

Les charges sont en général des poudres minérales, insolubles dans le vernis. Elles n'ont ni pouvoir couvrant, ni pouvoir colorant, leurs indices de réfraction étant voisin de celui des liants.

Leur rôle est étendu. Si, parfois, le souci d'économie est invoqué, il s'agit le plus souvent d'impératifs techniques.

Les charges jouent un rôle important sur les caractéristiques rhéologiques d'une peinture, sur l'imperméabilité, la facilité de ponçage ou la résistance à l'abrasion. Les apprêts, les enduits en sont les exemples. Les principales charges sont :

- La baryte (sulfate de baryum).
- Le talc (silicate de magnésium).
- La craie (carbonate de chaux).
- Le kaolin (silicate d'aluminium).
- L'amiante (silicate de magnésium et de calcium).
- Le mica (aluminosilicate).
- Pierre ponce, silice, etc.... [10].

#### I-4-4-1 Le rôle des charges

Les charges blanches jouent quelque fois le rôle de pigment; c'est le cas du blanc de la craie dans la formulation des peintures à l'eau du genre détrempe.

Ces matières sont employées couramment dans la formulation des blancs broyés à l'huile pour en faire diminuer le prix de revient. Elles diminuent aussi la résistance du feuillet de peinture [7].

#### I-4-5 Les Additifs ou les adjuvants

Substances souvent incorporées à faible dose dans les liants, vernis, peintures pour y développer certaines qualités propres à en améliorer soit les conditions de fabrication et/ou de conservation et/ou d'application, soit certaines propriétés spécifiques.

On peut distinguer selon le rôle des additifs les différents types suivants:

- **Les siccatifs:** Ce sont des accélérateurs de séchage pour les peintures qui sèchent par oxydation (le séchage à l'air).

- **Les agents anti-peaux:** Ce sont des adjuvants susceptibles de ralentir ou empêcher la formation des peaux à la surface des peintures au contact de l'air.

- **Les agents anti-mousses:** Ce sont des adjuvants susceptibles de diminuer ou d'éviter la formation des mousses intempestives soit en cours de fabrication, soit au cours de l'application.

- **Les agents mouillants:** Ce sont des adjuvants qui confèrent aux peintures la propriété de mouiller plus facilement la surface peindre.
- **Les agents fongicides et bactéricides:** Ce sont des adjuvants susceptibles de réduire ou d'empêcher l'attaque des peintures (liquides ou sous forme de film sec) par champignons.
- **Les agents divers:** Dispersants, émulsionnants, épaississants, stabilisants...etc. [3, 11]

## I-5 Différents types de peinture

### I-5-1 Les peintures synthétiques

#### a- Les peintures synthétiques à l'huile

La plupart des matières qui les composent proviennent de la pétrochimie (source non renouvelable) et sont toxiques pour l'environnement et la santé. Ces peintures sont composées de grosses molécules qui forment un film en surface, elles sèchent rapidement mais n'imprègnent pas le support. Ces peintures vieillissent mal, elles se décollent par morceaux. Les liants sont des résines synthétiques composées à partir de caoutchouc chloré, polyuréthane, résine époxyde. Ils irritent les voies respiratoires et peuvent provoquer des dermatites. Les solvants sont constitués d'hydrocarbures (white-spirit, toluène, ...). En se volatilisant, ils polluent l'air, provoquent des allergies et causent des intoxications.

#### b- Les peintures à l'eau ou acryliques

Elles présentent moins de risques pour l'environnement et la santé car le solvant principal est l'eau. Mais d'autres solvants nuisibles sont toujours présents et on y retrouve des pigments et des additifs identiques aux peintures synthétiques à l'huile.

### I-5-2 Les peintures naturelles

#### a- Les peintures naturelles classiques

Chaque matière première provient le plus possible de ressources naturelles renouvelables.

Les liants sont à base d'huiles végétales (lin, ricin, romarin, lavande, ...), de cires d'abeilles, de résines naturelles (pin), de caséine, de craie, ... Les solvants naturels (essence de térébenthine balsamique, écorces d'agrumes, ...) peuvent aussi entraîner des troubles dermatologiques. Aucun

solvant n'est complètement inoffensif. Les pigments sont de nature végétale (valériane, thé, oignon, ..) ou minérale (terre de Sienne, oxydes de fer, ...) Les additifs chimiques et les charges sont absents dans les peintures naturelles, elles sont moins fragiles que les peintures synthétiques. Les peintures naturelles imprègnent en profondeur le support et sèchent donc plus lentement. Elles ne sont pas lavables mais laissent passer l'humidité.

## **b- Les peintures à la chaux**

Les peintures à la chaux ont traversé l'histoire car elles étaient déjà utilisées pendant l'Antiquité. Il s'agit de mélanges simples combinant chaux, eau, pigments et adjuvants. La chaux joue le rôle du liant, l'eau est utilisée comme agent de dissolution, les pigments, principalement des terres, ne peuvent être que des minéraux et les adjuvants servent à retenir l'eau ou à fixer les pigments. Ces peintures étant très alcalines, il faut protéger le corps lors de l'application en portant des gants, des lunettes et des vêtements avec des manches. Les contrevenants s'exposent à des brûlures chimiques cutanée ou oculaire. C'est l'inconvénient des peintures minérales comme la chaux. En revanche, les émissions de composés organiques volatils (C.O.V.) sont pratiquement nulles pendant et après la mise en œuvre [2].

## **I-6 Formulation d'une peinture**

### **I-6-1 Contrôle des matières premières**

La première opération réalisée lors de fabrication des peintures consiste au contrôle des matières premières utilisées en vue de vérifier sa conformité. Le contrôle de certaines propriétés est donc indispensable tel que la viscosité, la densité, l'extrait sec et autres à savoir chaque matière première à ses caractéristiques propres à elle, les résultats trouvés seront comparés avec ceux de la fiche technique accompagnée [12].

### **I-6-2 Fabrication des peintures**

La fabrication des peintures comportent les phases suivantes :

**a- Phase d'empattage :** les pigments et les charges dispersés dans une partie de liant en présence d'un agent mouillant dispersant pour avoir une pâte d'empattage homogène.

**b- Phase de broyage :** la pâte d'empattage subit un broyage soit dans les broyeurs à bulles (peinture fluide), et dans des broyeurs à cylindres (peinture pâte), le broyage consiste à rendre les

peintures des pigments et des charges en très fines particules. La finesse se mesure par une jauge appelée jauge de North.

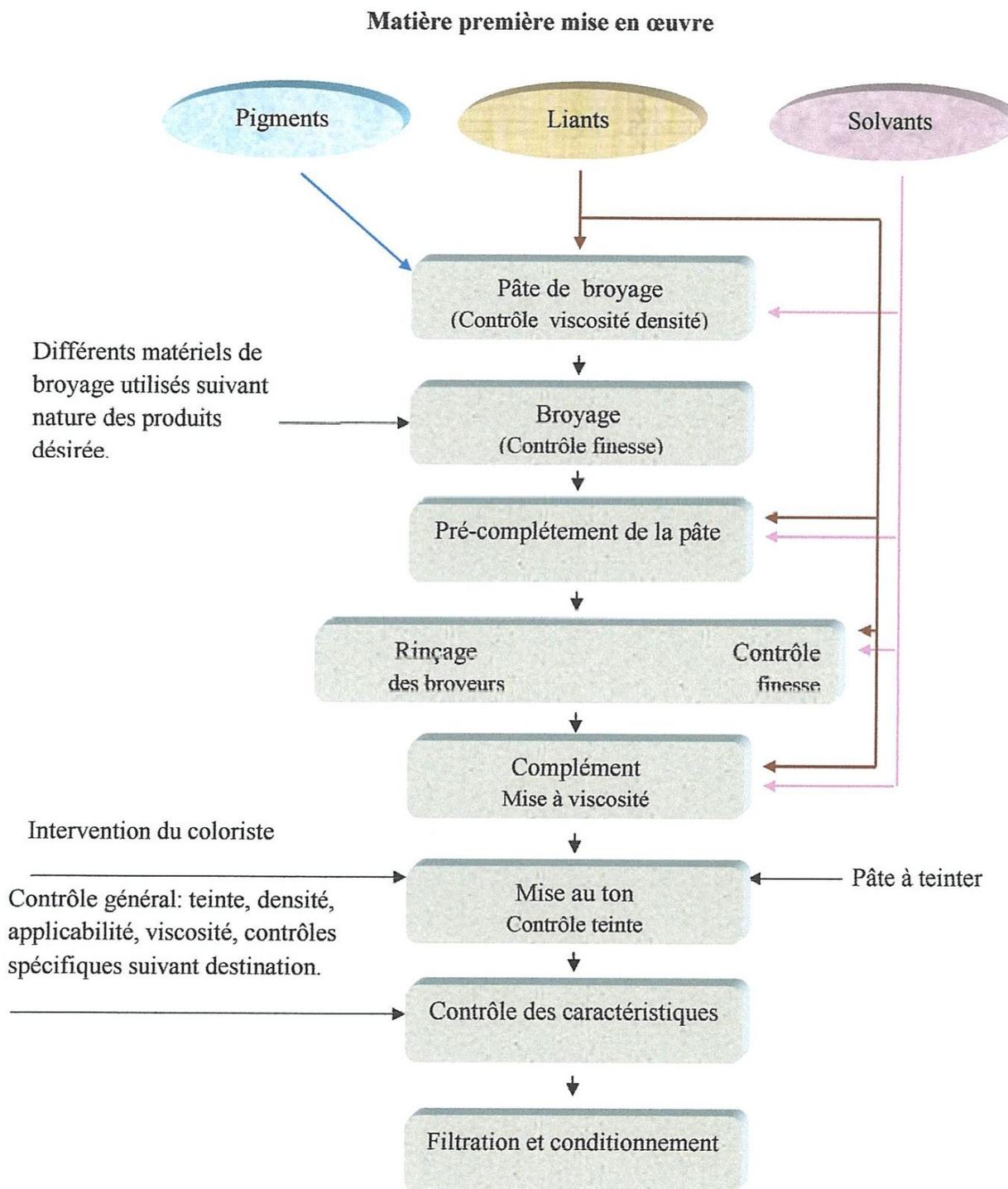
**c- Phase de dilution :** dans cette phase, on ajoute le reste du liant et certaines additifs tels que agent d'étalement plus solvant.

**d- Filtration :** après broyage et dilution procède à la filtration ou de la peinture pour les impuretés.

**e-Conditionnement :** qui est la dernière phase de processus de fabrication qui consiste à remplir le produit finale (peinture) dans les boites [7].

### **I-7 Différentes étapes de la fabrication d'une peinture**

Les différentes étapes, les diverses matières premières utilisables, ainsi les différentes opérations nécessaires pour fabriquer une peinture, peuvent les représenter par la figure suivante :



**Figure I-1 :** Différentes étapes de la fabrication d'une peinture [13].

## I-8 Action sur la consistance des peintures

- **Fluidification** : le moyen le plus simple est l'utilisation des solvants, cependant il est parfois possible d'abaisser fortement et rapidement la viscosité, en ajoutant une faible quantité d'un produit très polaire, tel que les acides.

- **Epaississant** : son rôle est d'augmenter la viscosité des peintures d'un côté et d'éviter le dépôt des pigments et des charges.

- **Action conservatrice** : certains produits sont introduits pour protéger le support tel que : anticorrosion pour limiter l'attaque du fer par les peintures dispersées dans l'eau par exemple : le benzoate de soude.

- **Fongicide** : l'emploi de ces produits est indispensable dans tous les liants à base d'eau, afin d'éviter la décomposition des peintures dans les bidons de peinture [9].

## I-9 Différentes gammes de peintures

- **Peinture pour bâtiments**

On trouve les peintures intérieures, on emploie largement les types de peintures (Brillante, Satinées, Mate), et les peintures extérieures, le sujet est dans la plus part des cas du béton, les surfaces doivent être dépoussiérées.

- **Peinture carrosseries**

Les peintures carrosseries sont destinées pour la protection et la décoration des véhicules légers et lourds, on distingue deux secteurs bien distincts:

- Carrosserie retouche réparation, des véhicules déjà peints.
- Carrosserie constructrice.

- **Les peintures marines**

Ce sont des peintures spécialement étudiées et formulées pour la protection des surfaces en contact avec l'eau ou situées au bord de la mer [14].

## I-10 Définition de Vernis

Un **vernis** est un liquide plus ou moins visqueux, généralement à base d'une résine naturelle (copal, mastic, dammar, gomme-laque) ou synthétique (polymère ou monomère + catalyseurs) en solution ou dispersion.

Il est appliqué sur la surface (meuble, tableau) à des fins esthétiques (brillance, matité) et/ou protectrices (poussière, ultraviolet, coups) pour former un film solide coloré ou incolore.

Un vernis est applicable au pinceau, au tampon, au chiffon ou au pistolet.

On les a beaucoup utilisés pour protéger les meubles (vernis Martin) et les bois extérieurs (vernis de « *qualité marine* » sur les bateaux). Les caractéristiques de transparence, de brillance et de résistance varient en fonction des composantes du vernis.

Contrairement aux vernis, les lasures peuvent être composées de matières solides comme les pigments par exemple [15].

## I-11 Composition

Le vernis est constitué de plusieurs ingrédients :

- **Une résine :** naturelle (copal, mastic, Dammar) ou synthétique (acrylique, cétonique, polyuréthane).
- **Un solvant :** essence végétale (térébenthine) ou minérale (de pétrole), nécessaire à la dilution du vernis et à sa consistance fluide.
- **Un adjuvant éventuel :** agent mati-fiant (cire d'abeille ou silice colloïdale), agents absorbant les ultra-violets.

## I-12 Résines

### ➤ Résines naturelles

Elles sont utilisées depuis très longtemps et réservées aux vernis pour la peinture à l'huile.

Les résines tendres (mastic, Dammar) donnent des vernis dits 'maigres'. Ils sont facilement réversibles mais accusés de jaunir sous l'action de la lumière et de craqueler.

Les résines dures (copal, ambre) donnent des vernis dits 'durs'. Ils sont résistants au vieillissement et aux solvants mais on tend ancre à se colorer avec le temps.

### ➤ Résines synthétiques

Elles sont d'utilisation récente et conviennent à la fois aux peintures à l'huile et à l'acrylique.

Acrylique ou cétonique (cyclohexanone), elles sont dérivées des hydrocarbures et s'apparentent aux résines tendres sans pour autant égaler leur profondeur et leur éclat.

Elles sont en revanche incolores, sans que leur garantie dans le temps soit totalement assurée [16].

### **I-13 Caractéristiques essentielles**

Un vernis doit posséder plusieurs propriétés :

- Etre transparent, qu'il soit incolore (résine acrylique), doré (mastic, Dammar) ou ambré (ambre, copal).
- Avoir une belle consistance, à la fois fluide et épaisse, afin de faciliter son application sur tout type de support de peinture (toile, bois, papier).
- Etre réversible, afin de pouvoir être nettoyé, voire remplacé s'il jaunit ou s'encrasse, ceci sans abimer la couche de peinture sous-jacente [16].

### **I-14 Types de vernis**

#### **I-14-1 Les vernis synthétiques**

##### **➤ Les vernis cellulosique**

Ils ont d'abord été constitués d'acétate de cellulose ou de nitrocellulose dissous dans un ou plusieurs solvants. Ils servaient notamment à durcir les toiles de lin, coton ou soie qui servaient à recouvrir les membrures des ailes et du fuselage des avions qui ont volé lors de la Première Guerre mondiale.

De nombreuses variantes ont été produites, dont le vernis à la gomme-laque dans lequel a été rajoutée une certaine proportion de nitro-cellulose en solution.

Il donne un très beau brillant et est plus résistant que le simple vernis à la gomme laque.

L'application du vernis cellulosique est longue, elle peut se faire au tampon ou au pistolet (généralement en 3 couches au moins pour un beau résultat). Il est nécessaire de poncer avant l'application des deux dernières couches, et de finir par un polissage à la main au tampon de flanelle avec ajout d'un peu d'huile à la dernière passe [17].

##### **➤ Le vernis acrylique**

Vernis moderne et très courant, il s'utilise pour vernir le bois.

De plus en plus utilisé, le vernis acrylique connaît un véritable succès grâce à son faible coût et sa facilité d'utilisation.

### 1-Formulation

Deux types de formulations à base de résines acryliques existent : dispersion dans l'eau ou dans des solvants. La viscosité est ajustée en fonction du mode d'application.

### 2-Emploi

**Les vernis à base eau :** Peuvent s'appliquer à partir du bac de mouillage, d'une vernisseuse ou d'un groupe vernisseur (chambre à racle avec cylindre anilox de linéature 80-100 l/cm et de capacité 6, 9 ou 13 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).

**Les vernis à base solvant :** Les vernis acryliques peuvent s'utiliser en ligne sur des encres offset type traditionnelles.

Dans tous les cas (base eau ou solvant), il est recommandé d'utiliser des encres solides car certains pigments peuvent être altérés chimiquement.

### 3-Caractéristiques

Le séchage est rapide voire immédiat (soufflage air chaud ou IR). Ils sont incolores et non jaunissants. Leur brillance est élevée. Ces vernis sont collables [18].

#### ➤ Le vernis polyuréthane

C'est un vernis qui polymérise sans adjonction de catalyseur. Ses composants de base sont toxiques [17].

Le vernis polyuréthane s'applique comme couche de finition sur tout support en bois exposé aux agressions atmosphériques marines et continentales. Parmi ces caractéristiques les plus importantes on retrouve :

- Séchage rapide.
- Finition très brillante.
- Bonne résistance aux ultraviolets.
- Bonne résistance aux solvants usuels.

- Excellente résistance au milieu marin.
- Bonne résistance à l'absorption [18].

### ➤ Vernis à l'alcool

#### Avantages

- Recommandés pour les bois exotiques ou certains cas particuliers.
- Aucune réaction avec les silicones, les colles et les cires.
- Résistent aux UV et jaunissent peu.
- Sèchent rapidement (1 heure pour la première couche; de 2 à 3 heures pour la deuxième couche).
- Adaptés à la finition d'un meuble ou d'un plancher préverni.
- Couche supplémentaire après une usure normale sans délamination du vernis.

#### Inconvénients

- Toxicité moyenne.
- Émanations de composés organiques volatils (COV) moyennes.

### ➤ Vernis à base d'huile

#### Inconvénients

- Réaction avec les silicones, les colles et les cires.
- Jaunissent.
- Sèchent lentement.
- Effet plastique.
- Effet pelure d'orange si l'humidité est plus élevée.
- Possibilité de délamination.
- Toxicité élevée.
- Émanations COV élevées.

➤ **Vernis cristal à base d'eau**

**Avantages**

- Résistent aux UV et ne jaunissent pas
- Sèchent rapidement (1 heure pour la première couche; de 2 à 3 heures pour la deuxième couche).
- Permettent une finition claire.
- Toxicité presque nulle.
- Émanations COV très faibles.
- Résistance à l'abrasion 2 à 3 fois plus élevée que le cristal à l'huile.

**Inconvénients**

- Effet pelure d'orange si l'humidité est plus élevée.
- Effet de bloc.
- Possibilité de délamination, si des précautions ne sont pas prises.
- Réaction avec les silicones, les colles et les cires [15].

## **I-14-2 Les vernis naturels**

➤ **Le vernis au mastic**

Il est préparé avec de la résine de lentisque pulvérisée et dissoute dans de l'éthanol chaud avec éventuellement addition d'autres ingrédients tels que la colophane, la gomme-laque la sandaraque ou de la térébenthine de Venise.

➤ **Le vernis gras au succin ou ambre jaune**

C'est un vernis très durable et résistant aux chocs. Si l'on prend soin de le préparer avec de l'ambre clair, il formera sur les meubles un feuil transparent et très résistant. Il se prépare par dissolution de l'ambre jaune dans l'huile cuite et l'essence de térébenthine.

Pour être soluble l'ambre doit en premier lieu être traité de la manière suivante : Le faire fondre le couler sur une table en marbre et le pulvériser une fois refroidi ; on a alors du succin fondu plus facilement soluble. On utilise environ 1/3 d'ambre fondu dissout dans 1/3 de térébenthine de Venise, et après chauffage à 50 °C on y verse 1/3 d'huile cuite.

➤ **Les huiles auto-polymérisables**

L'huile de lin, éventuellement additionnée d'huile de ricin, en polymérisant (lentement) produit un beau vernis. Certains catalyseurs (dont le plomb, qui n'est plus utilisé car trop toxique) accélèrent son durcissement. Exposée à la pluie et au soleil, une nouvelle couche doit être ajoutée annuellement.

### **I-15 Utilisation des différents vernis**

➤ **Les vernis polyuréthane**

Ils sont utilisés pour l'extérieur et l'intérieur, et se diluent avec un diluant adapté.

➤ **Les vernis glycérophthaliques**

Ils peuvent être également utilisés pour l'extérieur et l'intérieur, et se diluent au white spirit.

➤ **Les vernis marins, les vernis montagnes**

Ils sont résistants aux conditions atmosphériques les plus difficiles comme l'atmosphère marin, le froid ou encore la neige. Les vernis marins sont en fait des résines polyuréthanes en phase aqueuse qui contiennent notamment un agent anti UV. Ils permettent de protéger efficacement les huisseries extérieures, les ponts des bateaux, les boiseries, etc.

➤ **Les vernis à l'eau**

Ils sont seulement utilisés pour l'intérieur et se diluent à l'eau. Ils présentent un double avantage, ils sont sans odeur et sèchent rapidement [17].

### **I-16 Fabrication des vernis**

Cette opération prend différents aspects suivant qu'elle se résume à une simple dissolution du constituant feuillogène dans le solvant soit à froid, soit à chaud, ou qu'on procède à une cuisson de certains des constituants feuillogènes, comme les résines dans les huiles, en opérant dans des récipients à chauffage direct ou à chauffage par serpentín ou par double enveloppe pour éviter des surchauffes locales, l'appareil étant muni d'agitateurs efficaces.

Elle peut s'effectuer en atmosphère de gaz inerte pour éviter l'oxydation et le jaunissement du vernis. La solution obtenue est amenée à la consistance d'emploi par addition de solvants et de

diluants. Enfin, on procède à un tamisage, à une filtration ou à une centrifugation du vernis afin d'éliminer les impuretés et les constituants insuffisamment dissous [18].

### **I-17 Conclusion**

Une peinture (ou vernis) est une préparation fluide (liquide, pâteuse, ou pulvérulente) qui peut s'étaler en couche mince sur toutes sortes de matériaux (appelés subjectiles) pour former, après séchage (durcissement), un revêtement mince adhérent et résistant, jouant un rôle protecteur et /ou décoratif.

## Chapitre II

# Vernis fixateur ou peinture d'accrochage

## II-1 Introduction

Une peinture d'accrochage et une peinture obtenue en phase aqueuse possède un très bon pouvoir couvrant et opacifiant. Sans odeur, sèche rapidement et possède une action antirouille qui protège les métaux. D'une excellente souplesse, elle suit les déformations du support et résiste aux ambiances agressives et climats extrêmes. Elle peut être appliquée sur différents supports :

- Métaux ferreux et non-ferreux : Acier, fer, fer forgé, bronze, galvanisé, cuivre, alu, zinc, chrome...
- Bois et dérivés du bois : Bois, contre-plaqué, aggloméré, cèdre, pin, sapin, bois traités, lambris....
- Bâtiment : Béton, maçonneries, blocs de ciment, briques, placoplâtre, enduits, châssis de fenêtre, tuiles céramiques...
- Anciennes finitions : Stucco, papier-peints, revêtements muraux...
- Supports difficiles : Vinyll, émail, céramique, tuyaux et supports PVC, verre... [20].

## II-2 Qu'est-ce qu'une sous-couche ?

La sous-couche, comme son nom l'indique est la première couche à appliquer sur un support avant de réaliser sa finition. Différente d'une simple peinture diluée, elle offre de nombreux avantages allant de la bonne accroche à la longévité du revêtement final, qu'il s'agisse de la réalisation d'une peinture lisse, d'un enduit décoratif ou encore d'un papier peint. Souvent moins chère que la peinture classique [20].

## II-3 Composition de la peinture d'accrochage

Un vernis ou peinture d'accroche est constitué principalement de :

- Résine acrylique.
- Eau.
- carbonate de calcium.
- additifs

## II-4 différents types de sous-couches

Il existe une grande variété de sous-couches :

- Les sous-couches plaquent de plâtres dites aussi « placo ».

- Les sous-couches microporeuses pour le bois
- Antirouilles pour le fer,
- Granulées pour certains enduits décoratifs etc.

Ces dernières années, des sous-couches spécifiques destinées aux supports dits « spéciaux » ce sont multipliées sur le marché international. Ainsi, repeindre du carrelage ou du stratifié est possible grâce à l'utilisation d'une bonne sous-couche composée de liants plus collants.

Si l'on est tenté de dire qu'à chaque support correspond sa sous-couche, sachez qu'il en existe certaines dites « universelles ». Ces dernières sont, dans la majeure partie des cas multi-supports, c'est-à-dire destinées aux plaques de plâtre, au bois ou encore au plastique. Certaines vont aussi bien en intérieur qu'en extérieur.

### **II-5 Mise en œuvre d'une peinture d'accroche existante sur le marché**

Sauf cas spécifique, la sous-couche doit être passée sur un support propre, poncé, dégraissé et sec. Dans le cas d'une application murale, commencez par reboucher vos éventuels défauts avec un enduit de rebouchage puis de lissage. Si le mur était déjà peint au préalable, il suffit de poncer légèrement le support puis de le dépoussiérer avant d'appliquer la sous-couche. Généralement, le temps de séchage au toucher est de trente minutes, puis il est conseillé d'attendre 6 heures avant de poursuivre son projet.

### **II-6 différence entre une peinture et une peinture primaire**

Le primaire est une sous-couche qui améliore l'adhérence de la peinture de finition. Lorsque vous appliquez un primaire d'accrochage, ou d'accroche, sur une surface, celle-ci prend un aspect lisse. Cette sous-couche faite d'eau et de résine acrylique gomme les petites imperfections du support et crée un fond qui fait en sorte que la surface absorbera juste ce qu'il faut de peinture de finition.

### **II-7 Les avantages d'une sous-couche**

Avant tout, une sous-couche permet de bloquer le support. Dans l'exemple d'un mur neuf et fraîchement enduit, elle permettra de bloquer la porosité des plâtres et des enduits et ainsi d'éviter les différences d'absorption du support, bien souvent peu esthétiques.

Une sous-couche peut également servir à éviter les remontées de tanin pour le bois, d'antirouille pour le fer, d'uniformiser le support lorsqu'il est recouvert d'une ancienne couleur ou encore permettre l'application d'une peinture à l'eau sur une ancienne peinture à l'huile.



**Figure II-1:** Peinture d'accrochage

Fabriqué sans solvant cette peinture contribue à une qualité plus saine de l'air et à une diminution des risques sanitaires dans le plus strict respect des normes environnementales. Elle est en adéquation totale avec les démarches de développement durable et d'éco construction [21].

## II-8 Utilisation

- Impression Universelle pour peinture en phase aqueuse (dilution EAU).
- Fixateur de fond à l'eau pour peinture.
- Peut s'appliquer sur plâtre, ciment et ses dérivés.
- Peut s'appliquer sur parois friables.
- Idéal sur des surfaces neuves poreuses.
- Idéal sur surfaces peintes avec peinture acrylique et glycérophtalique.
- Sert comme régulateur d'absorption.
- Peut s'appliquer sur du bois.
- Peut s'appliquer comme vernis de finition de par son excellente résistance aux UV [22].

## II-9 Exemple de peinture d'accrochage

### II-9-1 Peinture d'accrochage de référence proposé par l'ENAP de souk Ahras " CECAM " fixateur à l'eau

Utiliser comme couche primaire pour protéger la surface (en ciment) et pour fixer la peinture à l'eau pour l'intérieur et l'extérieur.

### II-9-2 Composition

Résine acrylique

Carbonate de calcium

Additif.

### II-9-3 Caractéristiques de l'échantillon référence

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques de l'échantillon référence

Tableau II-1: Caractéristiques de l'échantillon référence

Caractéristiques	Référence
Densité	1,275
Viscosité Brookfield (poise)	584
Extrait sec (%)	33,79
PH	8
Séchage HT	1h 30 min
Sec	2h

## II-10 Notion de système de peinture

Pour des raisons d'économie ou de méconnaissance, les utilisateurs songent trop souvent à n'appliquer qu'une seule couche de peinture unique.

En réalité un système de peinture, à cause des différents caractéristiques exigées, est nécessaire et voir indispensable pour obtenir la variété de propriétés désirées.

*Un système de peinture s'applique dans un ordre bien détermine, après un traitement de surface convenable tout en respectant les délais de recouvrements et les conditions d'application données par le fabricant.*

### II-10-1 Un système de peinture comprend

➤ **Couche d'accrochage**

Appelée aussi impression ou couche primaire qui a pour rôle une bonne adhérence avec le support et les couches suivantes.

➤ **Couches intermédiaires (garnissage)**

On y trouve les apprêts et les mastics (cellulosiques polyesters...). Les mastics servent à éliminer les gros défauts de surface. Les apprêts servent à combler les défauts de ponçage et la porosité des mastics.

➤ **Couches de finition**

Elles donnent l'aspect et la couleur désirés, tout en ayant les propriétés nécessaires pour résister aux conditions d'expositions spécifiques (contraintes mécaniques et conditions atmosphériques).

Pour ce faire, il faut veiller à ce qu'il y ait une bonne comptabilité entre les différentes couches du système pour éviter tout risque de détrempe et de mauvaise adhérence inter-couche [23].

### II-11 Conclusion

La peinture d'accroche est une peinture qui améliore l'adhérence de la peinture de finition, elle gomme les petites imperfections du support et crée un fond qui fait en sorte que la surface absorbera juste ce qu'il faut de peinture de finition et de façon homogène.

## **Chapitre III**

# **Méthodes expérimentales**

### III-1 Détermination de la viscosité

Cette méthode consiste à mesurer la viscosité en poises au moyen d'un viscosimètre Brookfield.

#### III-1-1 Appareillage et produits

- Viscosimètre Brookfield.
- Corps de mesure.
- Thermomètre.



Figure III-1: Viscosimètre « Brookfield »



Figure III-2: Thermomètre

#### III-1-2 Mode opératoire

- Immerger la tige du viscosimètre jusqu'au niveau indiqué.
- Lors de l'immersion de la turbine, l'incliner afin d'éviter l'incorporation d'air sous le disque.
- Une fois le fluide est dans la turbine il faut la fixer à l'appareil, les arbres des plongeurs tournants N°1-2 doivent être au moins à 76 mm de la paroi la plus proche du récipient par contre, pour les plongeurs plus petits la paroi peut être plus près.
- Régler la hauteur du viscosimètre afin que la turbine soit immergée jusqu'à la saignée de l'arbre.
- Afficher la vitesse en tournant le bouton.
- Par l'interrupteur, mettre en fonction l'appareil.

Arrêter le moteur et noter le chiffre en maintenant la griffe en position basse.

Déterminer la viscosité en centipoises selon la relation suivante :

$$\eta = L \times F$$

$\eta$  : Viscosité en centpoises à 20-25° C

L : Lecture sur le cadran

F : Facteur (fonction du corps de mesure et de la vitesse).

### III-2 Détermination de la densité

Cette méthode consiste à déterminer la densité des peintures et vernis et diluants au moyen d'un pycnomètre.

#### III-2-1 Appareillage et produits

- Balance de précision
- Pycnomètre 100 cc



Figure III-3: Pycnomètre 100 cc

#### III-2-2 Mode opératoire

- Peser le pycnomètre avec son couvercle :  $M_1$
- Remplir le pycnomètre avec le produit à contrôler jusqu'au bord, en évitant la formation de bulles d'air
  - Placer le couvercle à fond dans un mouvement de rotation, essayer d'essuyer l'excès du produit qui s'est échappé
- Peser à nouveau le Pycnomètre :  $M_2$

La densité est calculée par la formule suivante :

$$d = (M_2 - M_1) / V$$

$M_1$  : poids du pycnomètre avec le couvercle vide

$M_2$  : poids du pycnomètre rempli avec le couvercle

V : volume de pycnomètre (100cc)

### III-3 Détermination de l'extrait sec

Cette méthode consiste à déterminer l'extrait sec à poids constant des matières premières, des produits semi fini et des produits finis.

#### III-3-1 Appareillages et produits

- DENVER IR-30 : est un appareil qui utilise un chauffage infrarouge et un pesage de précision pour la détermination rapide et précise de l'humidité. Il mesure l'humidité ou teneur en matières solides dans une gamme d'échantillons de poudres ou liquides.
- une coupelle métallique.

#### III-3-2 Mode opératoire

Mettre une quantité comprise entre (1,5 à 2 g) de la peinture dans la coupelle métallique, et mettre l'appareil en marche. Le résultat s'affiche automatiquement sur l'écran.



Figure III-4: Appareil de mesure de l'extrait sec DENVER IR-30

### III-4 Détermination des durées de séchage hors Toucher (HT) et sec

Cette méthode a pour objectif la détermination des durées de séchage hors toucher (HT) et sec d'une couche de peinture ou de vernis.

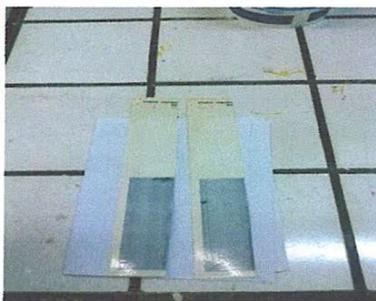
- Hors toucher (HT) : Temps au bout duquel le film n'est plus collant au toucher.

#### III-4-1 Appareillage et produits

Poids de 100 g et 500 g.

- Disque en caoutchouc 20 cm de diamètre et 5 mm d'épaisseur.
- Chronomètre.

- Applicateur automatique de film et lames d'épaisseur.
- Roue ASTM pour peinture routière.
- Plaque en verre 100 x 200 x 3 mm.
- Plaques de verre ou d'acier 180 x 80 x 0,8 mm.



**Figure III-5:** Papier à cigarettes

#### III-4-2 Mode opératoire

Pour les peintures séchage air, excepté la peinture de signalisation routière, les différentes étapes du séchage sont déterminées de la façon suivante :

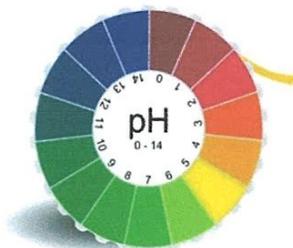
- Hors toucher : On dépose sur le film de peinture une feuille de papier à cigarettes soumise à une pression déterminées pendant un temps donné. La feuille doit se détacher lorsque l'on retourne l'éprouvette.
- Sec : On dépose sur le film un morceau de tamis Nylon soumis à une pression déterminée, celui-ci ne doit laisser aucune trace sur la couche de peinture.

#### III-5 Détermination du pH

La mesure se fait à l'aide du papier pH.

##### III-5-1 Appareillage et produits

- Papier pH ;
- Spatule ;
- Echantillon de peinture.



**Figure III-6 :** Papier pH

### III-5-2 Mode opératoire

- étaler un peu de peinture à l'aide d'une spatule sur un bout de papier pH ;
- remarquer le changement de la couleur du papier pH ;
- comparer la couleur qui apparaît sur le dos du papier pH, avec les couleurs prédéfinies sur le boîtier du papier pH, et noter la grandeur de la couleur la plus proche

### III-6 Méthodes de control de la résistance à la lavabilité d'un vernis fixateur

La résistance à la lavavilité (brossabilité) est sans doute une des propriétés les plus importantes pour une peinture en émulsion. Cette méthode consiste à contrôler la résistance à la lavabilité d'un film de peinture en émulsion.

**1-objet :** Cette méthode consiste à contrôler la résistance à la lavabilité et brossabilité d'un film de peinture en émulsion pour intérieur et extérieur à haute CVP

**2-principe :** Vérifier la résistance à la lavabilité et brossabilité sur bandes d'essai.

#### III-6-1 Appareillages et produits

- Peinture à tester
- Application automatique
- Bar coater 150
- Abrasimètre type sheen 903, longueur de course 300mm nombre de cycles par minute 37
- Brosses en nylon
- Bandes d'essai en plastique noir 430mm x 175mm
- Noor vaisselle liquide au citron en bouteille plastique opaque
- Eau de robinet



**Figure III-7 :** Abrasimètre

**III-6-2 Mode opératoire :**

Appliquer avec applicateur automatique un film de peinture sur des bandes d'essai en plastique noir à une épaisseur pour un film de (450-600  $\mu$ ) et de (110 $\mu$ +10) en sec ; soit trois couches de peinture à tester avec bar coater 150 en respectant le temps de séchage à (20-25C°) de 24 h pour chaque application.

- Laisser sécher à (20-25C°) le film de peinture pendant 28 jours.
- Remplir la bouteille liée à la pompe avec une solution de vaisselle liquide au citron à 2% dans l'eau de robinet.
- Mettre à niveau l'abrasimètre à l'aide du niveau à bulle d'air
- placer les brosses sur les bras de guidage et les placer sur le film de peinture.
- Mettre la pompe en marche à un débit constant pour garder le film mouillé.
- Mettre l'abrasimètre en marche.
- Arrêter le test quand deux bandes noires sont complètement visibles ou la longueur de la bande enlevée est supérieure à 10 cm dans la partie centrale de l'application. ne pas prendre en considération l'usure de la peinture en fin de course.
- Relever le nombre du cycle affiché sur l'abrasimètre.

**III-7 Méthode de contrôle de la stabilité :**

**1-Objet :** Cette méthode consiste à vérifier la stabilité du produit (évolution de la viscosité)

**2-Principe :** Déterminer la stabilité au stockage

**III-7-1 Appareillages et produits**

- Balance de précision
- Etuve
- Viscosimètre Brookfield
- Thermomètre
- Boite de 250 g

**III-7-2 Mode opératoire**

- Régler la viscosité du produit à contrôler avec le diluant adéquat en référence aux normes fixées

- Peser 200 g du produit préalablement réglé en viscosité et le placer dans une étuve à 70°C pendant 5 jours.
- Retirer le produit et le laisser refroidir à température ambiante

### III-7-3 Expression des résultats

Le produit testé ne doit présenter aucun dépôt ainsi que les valeurs de la viscosité évolue graduellement jusqu'au l'obtention d'une valeur optimale.

### III-8 Méthode de contrôle adhérence

Cette méthode permet de déterminer le comportement d'un film de peinture ou vernis après incision en quadrillage c'est-à-dire déterminer le degré d'adhérence d'un film sec de peinture ou vernis.

#### III-8-1 Appareillages et produits

- Peigne 1 mm ou 2 mm
- Ruban adhésif normalisé ASTD D1000
- Plaque d'acier 180 x 80 x 0.8 mm

#### III-8-2 Mode opératoire

Le revêtement ou le système complet à doit être appliqué et réticulé dans les conditions normales d'utilisation de ces produits.

- Pour les produits à séchage air, laisser sécher ou moins 24 h à température ambiante
- Pour les produits à séchage four, après étuvage, laisser séjourner les plaques peinture à température ambiante pendant 12 h maximum.
- Selon le type de peigne utilisé, pratiquer des incisions espacées de 1 ou 2 mm dans un sens puis dans le sens perpendiculaire afin d'obtenir un quadrillage ; il est importante que la pression exercée sur le peigne soit constante et que la feuille soit incisé jusqu'au support ou jusqu'à la couche immédiatement en dessous (dans le cas d'essais d'adhérence entre couches).
- Souffler ensuite sur la partie quadrillée pour éliminer les fines particules qui sont détachées de l'incision.
- Appliquer une bande ruban adhésif de façon à ce qu'elle colle entièrement sur la partie quadrillées et qu'il n'y ait aucun air entre le ruban et le film de peinture.

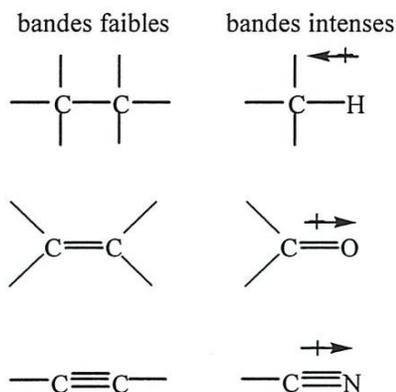
- Arracher le ruban d'un mouvement rapide et continu.
- Examiner les parties quadrillées et les traces sur le rubane et noter les résultats.

### III-9 Caractérisation par spectroscopie infra rouge

#### III-1 Spectroscopie infrarouge

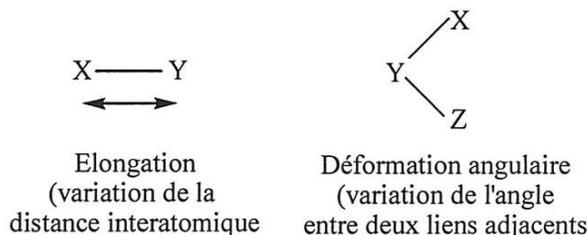
La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (ou FTIR : Fourier transforme infrared spectroscopy) est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé. Elle permet via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans le matériau.

De nombreuses molécules organiques ou inorganiques possèdent des modes de vibrations moléculaires dans le domaine infrarouge allant de  $200\text{ cm}^{-1}$  à  $6000\text{ cm}^{-1}$ . Les modes de vibrations des molécules sont généralement de deux types: vibration d'allongement (symétrique et asymétrique) ou vibration de déformation. Parmi celles-ci, seules sont observées en infrarouge celles qui entraînent des variations périodiques du moment dipolaire de la molécule. Par conséquent, la vibration de liens polarisés donnera lieu à des bandes intenses, alors que les bandes de liens non polarisés seront peu ou pas visibles.



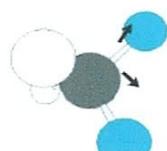
Modes vibrationnels:

Types simples:

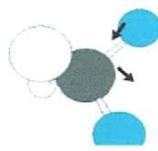


Les groupes d'atomes où au moins deux atomes sont identiques ont deux modes d'élongation et deux modes de déformation angulaire c-à-d symétrique et asymétrique. De plus, les déformations angulaires peuvent être dans le plan ou hors du plan.

**Exemple:** Modes vibrationnels du groupement méthylène ( $\text{CH}_2$ ).



Elongation symétrique  
 $2853 \text{ cm}^{-1}$



Elongation asymétrique  
 $2926 \text{ cm}^{-1}$

Déformation angulaire dans le plan

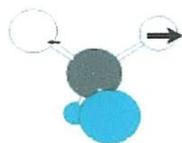


cisaillement (symétrique)  
 $1465 \text{ cm}^{-1}$

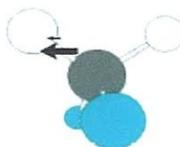


Balancement (asymétrique)  
 $720 \text{ cm}^{-1}$

Déformation angulaire hors du plan



Torsion (symétrique)  
 $1150-1350 \text{ cm}^{-1}$



Hochement (asymétrique)  
 $1150-1350 \text{ cm}^{-1}$

**Figure III-8 :** Modes vibrationnels

## **Chapitre IV**

# **Formulation d'une peinture d'accrochage**

### **IV-1 Problématique**

La majorité des peintures actuelles présentent une mauvaise adhérence, c'est pour cette raison que ces dernières années est apparu une nouvelle variété de peinture appelé vernis fixateur ou peinture d'accrochage qui permettra de bloquer la porosité des plâtres et des enduits et ainsi d'éviter les différences d'absorption du support.

C'est dans ce contexte que l'unité de l'ENAP de Souk Ahras nous a proposé de faire l'étude d'une peinture d'accrochage de composition inconnue et de proposer après caractérisation de cette dernière une formulation adéquate.

### **IV-2 Description des produits à élaborer**

Nous avons procédé à la formulation d'une peinture d'accrochage à base de résine acrylique. Cette peinture est considérée comme peinture aqueuse. Nous avons pris comme référence la peinture « CECAM » fixateur à l'eau fournie par l'ENAP.

Avant de proposer nos formulations nous avons commencé par la caractérisation de la référence.

### **IV-3 Présentation de la peinture d'accrochage de référence**

#### *" CECAM " fixateur à l'eau*

Utiliser comme couche primaire pour protéger la surface (en ciment) et pour fixer la peinture à l'eau pour l'intérieur et l'extérieur

#### **IV-3-1 Composition**

- Résine acrylique
- Carbonate de calcium
- Additifs.

### IV-3-3 Caractéristiques de l'échantillon référence

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques de l'échantillon de référence.

**Tableau IV-1:** Caractéristiques de l'échantillon de référence

Caractéristiques		Peinture d'accrochage
Densité		1,275
Viscosité Brookfield (poise)		584
Extrait sec (%)		33,79
pH		8
Séchage	HT	1h 30 min
	Sec	2 h

## IV-4 Elaboration de peinture d'accrochage

### IV-4-1 Formulation de la première variante (V1)

Sur la base de notre référence « CECAM » fixateur à l'eau de l'ENAP, nous avons proposé les pourcentages suivants pour la peinture d'accrochage:

**Tableau IV-2 :** Pourcentage des ingrédients de V1

	Ingrédients	Pourcentages (%)
1	S3000 (EAU)	49.5
2	A4453 (AGENT MOUILLANT ACRYLIQUE)	0,1
3	A5015 (BIOCIDE PHASE EAU)	0,15
4	A6350 (EPAISSISSANT PHASE EAU)	0,3
5	A7126 (ANTIMOUSSE PHASE EAU)	0,2
6	P2132 (TITANE)	3
7	C2829 (CARBONATE DE CALCIUM)	12
8	C2846 (TALC BATIMENT)	4
9	Z4515 (SOLUTION DE SOUDE)	0,45
10	L6480 (EMULSION ACRYLIQUE)	30
11	T6347 (EPAISSISSANT ACRYLIQUE)	0,5
	Total	100

#### IV-4-2 Procédé de fabrication

- Peser l'eau, ajouter progressivement les ingrédients 2 et 4 sous agitation modérée pendant 5 min.
- Ajouter le N° 9 et N° 5 dispersé à vitesse modérée pendant 5 min.
- Ajouter les N° 6, 7 et 8 sous agitation modérée et disperser fortement pendant 20 min.
- Terminer par ajouter les ingrédients N° 10 et 3 suivis du 11<sup>ème</sup> à vitesse modérée pendant 10 min.



Figure IV-1: Agitateur

#### Remarque

Ce procédé de fabrication reste applicable pour l'ensemble des variantes

#### IV-4-3 Caractéristiques de la première variante (V1)

Dans le tableau suivant nous présentons les résultats des tests réalisés sur la variante V1 en comparaison avec les caractéristiques de la référence « CECAM » fixateur à l'eau.

Tableau IV-3 : Caractéristiques de la première variante (V1)

Caractéristiques		V1	Peinture d'accrochage
Densité		1,117	1,275
Viscosité Brookfield (poise)		128	584
Extrait sec (%)		33,98	33,79
Ph		8	8
Séchage	HT	1h 30 min	1h 30 min
	Sec	2 h	2 h

#### IV-4-4 Résultats et discussion

On remarque que la variante 1 présente une viscosité très basse par rapport à la peinture de référence pour cela on a jugé nécessaire de modifier les quantités des deux épaississants responsable de la viscosité.

Pour le reste des caractéristiques on voit sur le tableau IV-3 qu'elles sont conformes à celles de la référence à l'exception de la densité de valeur un peu inférieure.

#### IV-5 Formulation de la deuxième variante (V2)

Dans cette variante nous avons cherché à modifier la viscosité, en augmentant le pourcentage de l'épaississant phase eau dans la peinture, car c'est l'élément responsable de viscosité du film, et pour conserver le même pourcentage total on a été obligé de diminuer la quantité du deuxième épaississant acrylique responsable aussi de la viscosité.

Le Tableau suivant regroupe l'ensemble des constituants de la variante (V2).

Tableau IV-4: Pourcentage des ingrédients (V2)

Ingrédients	Pourcentages (%)
1 S3000 (EAU)	49,1
2 A4453 (AGENT MOUILLANT ACRYLIQUE)	0,1
3 A5015 (BIOCIDE PHASE EAU)	0,15
4 A6350 (EPAISSISSANT PHASE EAU)	0,8
5 A7126 (ANTIMOUSSE PHASE EAU)	0,2
6 P2132 (TITANE)	3
7 C2829 (CARBONATE DE CALCIUM)	12
8 C2846 (TALC BATIMENT)	4
9 Z4515 (SOLUTION DE SOUDE)	0,45
10 L6480 (EMULSION ACRYLIQUE)	30
11 T6347 (EPAISSISSANT ACRYLIQUE)	0,2
Total	100

#### IV-5-1 Caractéristiques de la deuxième variante (V2)

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques de la deuxième variante.

Tableau IV-5 : Caractéristiques de la deuxième variante (V2)

Caractéristiques	V1	V2	Référence	
Densité	1,117	1,11	1,275	
Viscosité Brookfield (poise)	128	410	584	
Extrait sec (%)	33,98	34,01	33,79	
Ph	8	8	8	
Séchage	HT	1h 30 min	45 min	1h 30min
	Sec	2h	1h 30min	2h

#### IV-5-2 Résultats et discussion

Les résultats obtenus montrent une amélioration de la viscosité.

L'augmentation de la quantité d'épaississant phase eau de 0,3 % à 0,8 % avait pour conséquence une augmentation de la viscosité d'une valeur très remarquable (3 fois la valeur

de la viscosité de la variante 1) cela montre aussi que la viscosité est influencée beaucoup plus par la teneur en épaississant phase eau que l'épaississant acrylique.

D'un autre côté on a obtenu une diminution du temps de séchage, cela est dû à l'augmentation de la viscosité et des extraits sec même si cette dernière est faible.

Le pH et la densité sont restés stable.

#### IV-6 Formulation de la troisième variante (V3)

Dans cette variante nous avons cherché à vérifier si l'épaississant acrylique avait autant d'influence sur la viscosité que l'épaississant phase eau, pour cela nous avons maintenu constante la teneur en phase eau et varié la phase acrylique.

**Tableau IV-6:** Pourcentage des ingrédients du (V3)

Ingrédients		Pourcentages (%)
1	S3000 (EAU)	48.8
2	A4453 (AGENT MOUILLANT ACRYLIQUE)	0.1
3	A5015 (BIOCIDE PHASE EAU)	0.15
4	A6350 (EPAISSISSANT PHASE EAU)	0.8
5	A7126 (ANTIMOUSSE PHASE EAU)	0.2
6	P2132 (TITANE)	3
7	C2829 (CARBONATE DE CALCIUM)	12
8	C2846 (TALC BATIMENT)	4
9	Z4515 (SOLUTION DE SOUDE)	0.45
10	L6480 (EMULSION ACRYLIQUE)	30
11	T6347 (EPAISSISSANT ACRYLIQUE)	0.5
Total		100

### IV-6-1 Caractéristiques de la troisième variante (V3)

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques de la troisième variante.

**Tableau IV-7: Caractéristiques de la troisième variante (V3)**

Caractéristiques		V1	V2	V3	Référence
Densité		1,117	1,11	1,103	1,275
Viscosité Brookfield (poise)		128	410	460	584
Extrait sec (%)		33,98	34,01	34,49	33,79
Ph		8	8	8	8
Séchage	HT	1h 30min	45 min	1h	1h30min
	Sec	2h	1h 30min	1h 30min	2h

### IV-6-2 Résultats et discussion

Les résultats montrent une amélioration de la viscosité, une augmentation de la quantité d'extrait sec, les autres paramètres sont maintenus constants et toujours un bon résultat pour le temps de séchage.

Enfin on peut dire que les trois paramètres dont dépend la viscosité sont l'eau, l'épaississant phase eau et l'épaississant acrylique.

### IV-7 Formulation de la variante V4, V5, V6

Dans les trois variantes V4, V5, V6, nous avons essayé de maintenir constante la teneur en phase acrylique et varié la teneur en phase eau.

**Tableau IV-8: Pourcentage des ingrédients de V4, V5, V6**

Ingrédients		Pourcentages (%)		
		V4	V5	V6
1	S3000 (EAU)	49,2	49,1	49
2	A6350 (EPAISSISSANT PHASE EAU)	0,4	0,5	0,6
3	T6347 (EPAISSISSANT ACRYLIQUE)	0,5	0,5	0,5

### IV-7-1 Caractéristiques des variantes 4, 5 et 6

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des variantes 4, 5 et 6.

**Tableau IV-9:** Caractéristiques des variantes 4, 5 et 6

Caractéristiques		V1	V2	V3	V4	V5	V6	Référence
Densité		1,117	1,11	1,103	1,038	1,117	1,159	1,275
Viscosité Brookfield (poise)		128	410	460	170	265	385	584
Extrait sec (%)		33,98	34,01	34,49	36,92	38,84	35,11	33,79
Ph		8	8	8	7	8	7	8
Séchage	HT	1h	45	1h	1h	1h	1h	1h 30min
		30min	min		15min	15min	15min	
	Sec	2h	1h	1h	1h	1h	2h	2h
			30min	30min	45min	45min		

### IV-7-2 Résultats et discussion

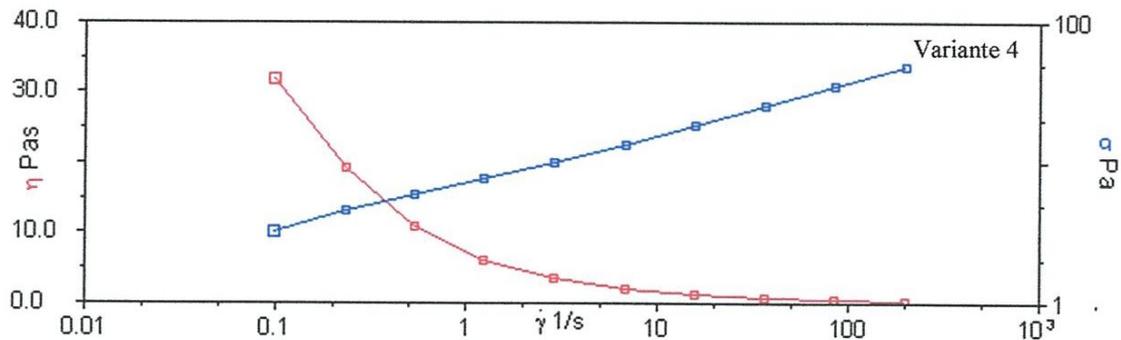
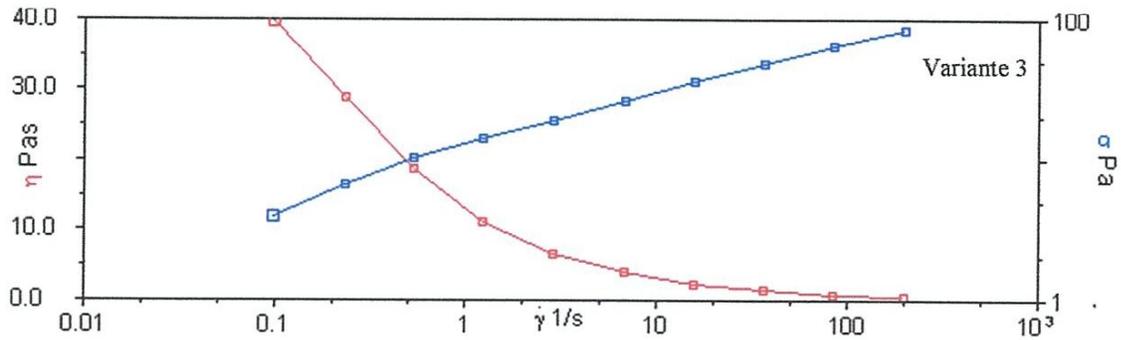
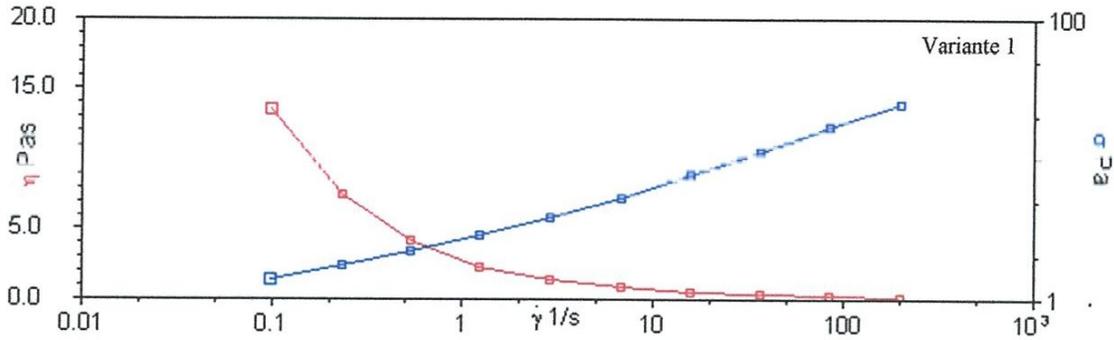
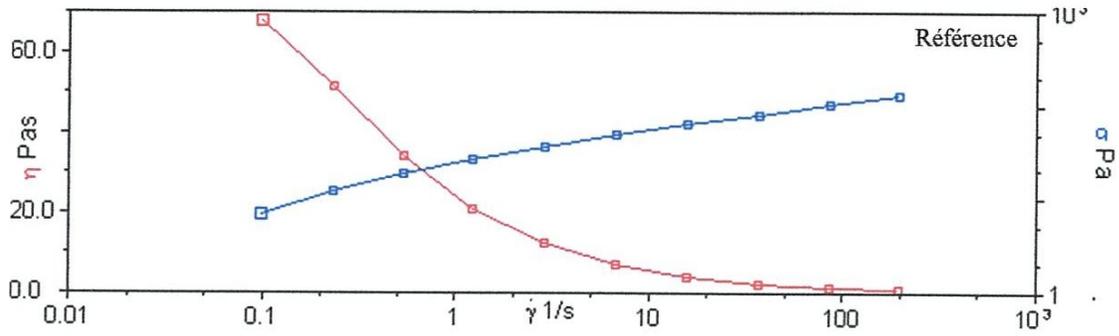
Par rapport aux variantes V1, V2, V3 on remarque une instabilité des dernières formulations V4, V5, V6 (pH entre 7 et 8), une densité un peu plus élevée, une viscosité plus faible et une augmentation de la matière solide (extrait sec).

Pour élargir notre étude sur la viscosité nous avons réalisé des tests rhéologiques concernant la variation de la viscosité en fonction de la vitesse de déformation sur les différentes formulations proposées pour l'obtention d'une peinture d'accrochage.

### IV-8 Analyse rhéologique des différentes formulations

Ces tests ont été réalisés au sein du laboratoire d'analyse industrielle et génie des matériaux (LAIGM) de l'université de Guelma.

Les résultats obtenus sont les suivants :



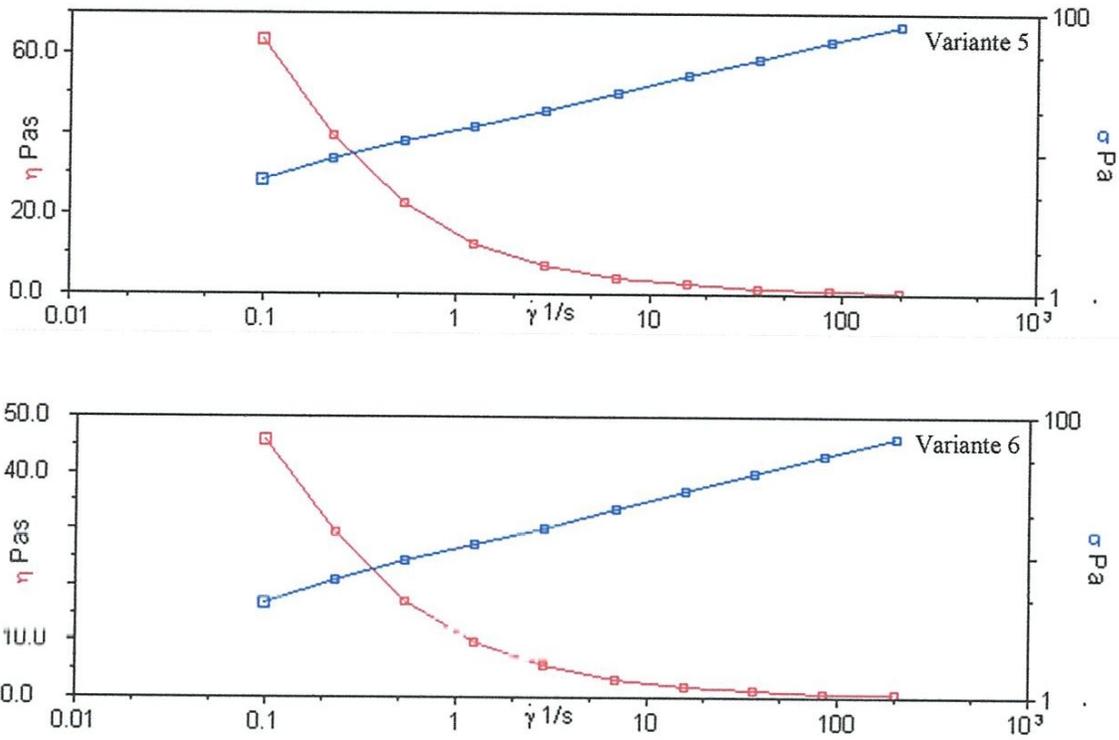


Figure IV-2 : Variation de la viscosité en fonction du gradient de vitesse ou de déformation pour les différentes formulations et pour la référence.

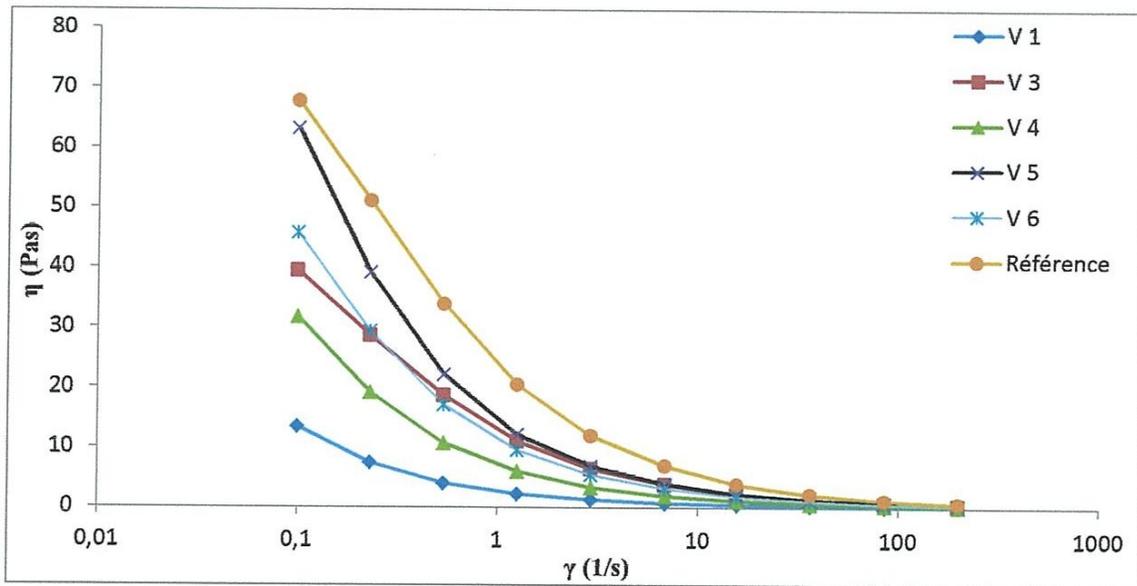


Figure IV-3 : Comparaison des variations de la viscosité en fonction du gradient de vitesse ou de déformation pour les différentes formulations et pour la référence.

### IV-8-1 Résultats et discussion

On remarque que les courbes ont la même allure, on constate une diminution de la viscosité et une augmentation du gradient de vitesse ce qui correspond à une région rhéofluidifiants.

Si on considère un point fixe du gradient de vitesse sur la courbe (figure IV-3), à titre d'exemple  $0,1 \text{ s}^{-1}$  on constate que la viscosité varie de 51,07 Pa pour la référence à 7,43 Pa pour variante 1.

La variante 3 a une viscosité intermédiaire.

Pour confirmer l'efficacité des formulations que nous avons proposées nous avons fait les tests suivants :

- Stabilité thermique ;
- Test de lavabilité ;
- Test d'adhérence ;

### IV-9 Teste de stabilité thermique en fonction du temps

#### IV-9-1 Mode opératoire

Ce test est réalisé sur toutes les variantes pour déterminer leur stabilité thermique et voir s'il y a variation de la viscosité ou non.

Ce test consiste à :

- Prendre une quantité de l'échantillon, la mettre dans une fiole jaugée bien fermé,
- Mettre la fiole dans une étuve thermostatique pendant 10 jours à  $50^{\circ}\text{C}$ .
- Contrôler les échantillons pendant le 5<sup>ème</sup>, le 8<sup>ème</sup>, et 10<sup>ème</sup> jours.

#### IV-9-2 Résultats de stabilité thermique

Les résultats obtenus pour le test de stabilité sont regroupé dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IV-10 : Résultats de stabilité pour toute les variant et le référence**

Stabilité	Référence	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Viscosité <i>initiale*</i>	584	128	410	460	170	265	385
Après 5 jours	608	150	465	500	201	323	403
Après 8 jours	617	174	473	520	239	368	412
Après 10 jours	619	180	500	523	240	377	420

\* viscosité avant augmentation de la température (poise).

### IV-9-3 Résultats et discussion

En comparant la durée de stabilité thermique de toutes les variantes avec la référence, on constate que cette dernière est la plus stable et que parmi les formulations proposées on peut dire que la variante 3 est la plus proche en termes de stabilité thermique.

### IV-10 Test de la lavabilité

Appliquer manuellement un film de peinture sur des bandes d'essai en ciment; soit trois ou deux couches de peinture, en respectant le temps de séchage à (20-25C°) pendant 24 h pour chaque application.

- Laisser sécher à (20-25C°) le film de peinture pendant 15 jours.

#### IV-10-1 Résultats de la lavabilité

**Tableau IV-11 : Résultats de lavabilité pour toutes les variantes et le référence**

	Référence	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Nombre de cycles	260	85	189	200	97	123	155



**Figure IV-4:** Bandes d'essai avant lavage



**Figure IV-5:** Test de lavabilité



**Figure IV-6:** Bandes d'essai après lavage.

#### **IV-10-2 Résultats et discussion**

Là aussi on remarque que le nombre de cycles qui représente la résistance au lavage dans des conditions sévères est plus important pour la référence et la variante 3.

Pour la variante 1 et 2 la résistance au lavage est nettement plus faible, cela peut se justifier par la très faible viscosité qui peut influencer l'épaisseur du film.

#### **VI-11 Test d'adhérence**

- Appliquer une première couche de peinture super lace.
- Laisser sécher cette couche pendant une journée.
- Appliquer une deuxième couche de peinture d'accrochage et laisser sécher pendant deux heures.
- Enfin appliquer la dernière couche de peinture de vinyle ou de mural et laisser sécher pendant deux jours et faire le test.

### IV-11-1 Résultats de test d'adhérence

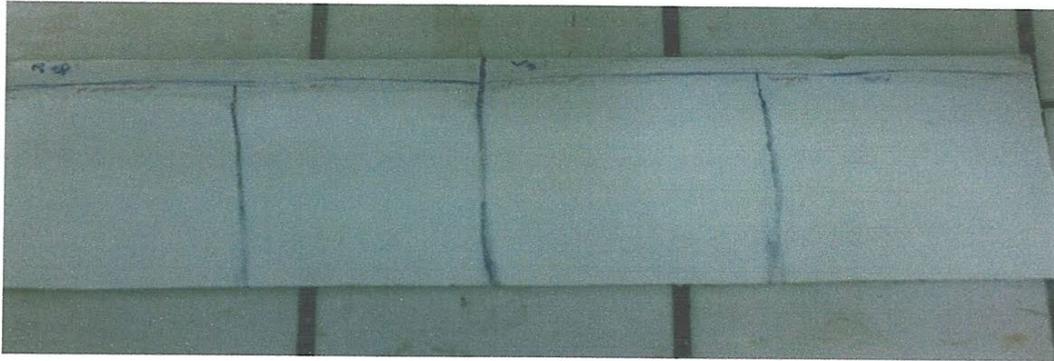


Figure IV-7: Test d'adhérence



Figure IV-8: Test d'adhérence pour la référence

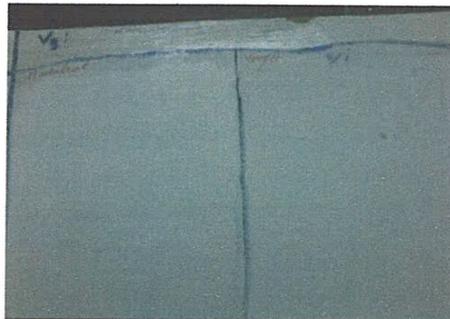


Figure IV-9: Test d'adhérence pour V3

### IV-11-2 Résultats et discussion

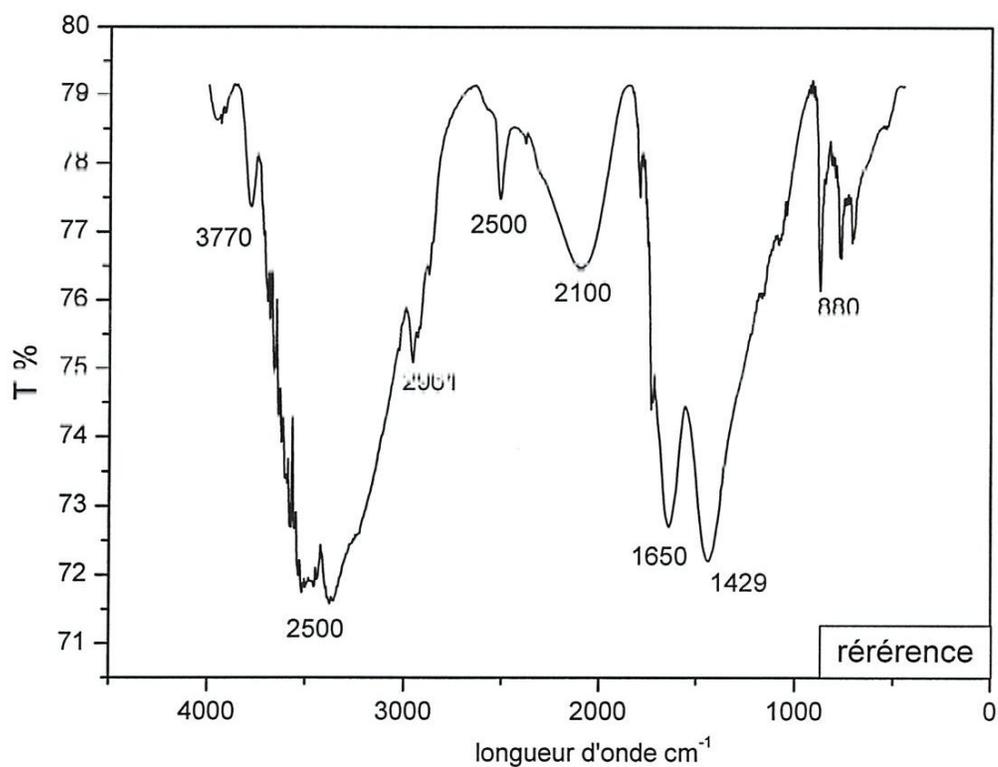
L'examen des résultats de tests réalisé sur les différents échantillons a révélé pour la Variante 1 et 2 des soucis *par rapport* à l'adhérence.

La formulation de la peinture (V3) présente de bonnes caractéristiques proches à celles de la référence.

Après les examens de stabilité thermique, de lavabilité et d'adhérence, il en résulte que la variante V3 peut être proposée à l'ENAP comme étant la peinture d'accrochage la plus proche de la référence.

Pour comparer la composition chimique de la référence et de la variante V3, on a complété notre étude avec une analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier FTIR.

#### IV-12 Caractérisation par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier FTIR



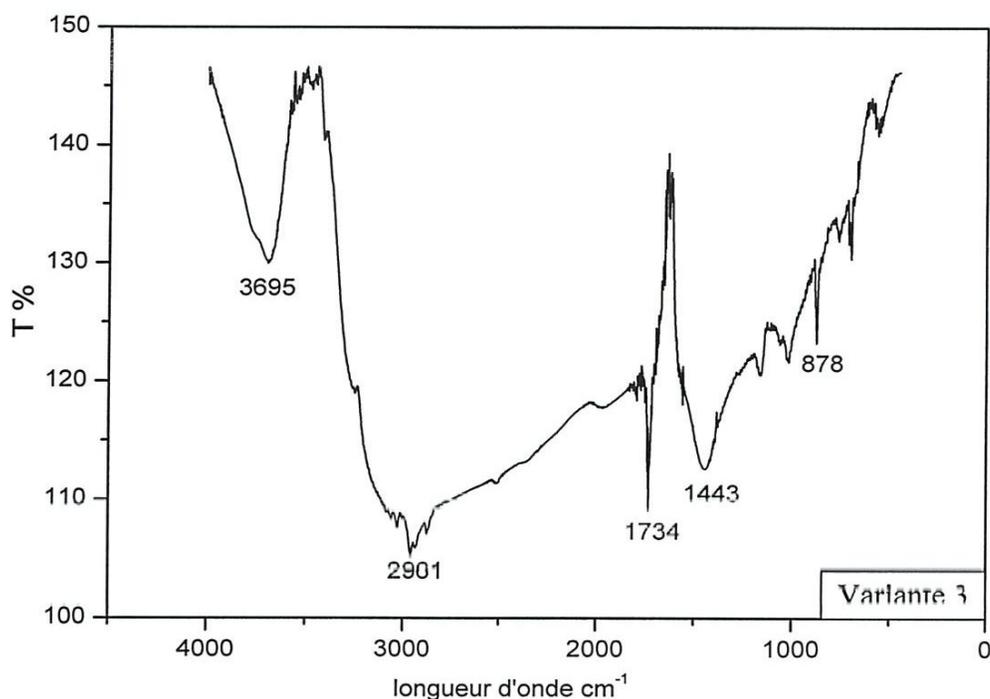


Figure IV-10 : Spectres infrarouge IR de la référence et de la formulation 3

#### IV-12-1 Résultats et discussion

On retrouve sur les spectres pour la référence et la variante V3 les mêmes pics avec un petit décalage vers les plus basses longueurs d'onde pour la variante 3 ceci peut être justifié par le changement de l'environnement.

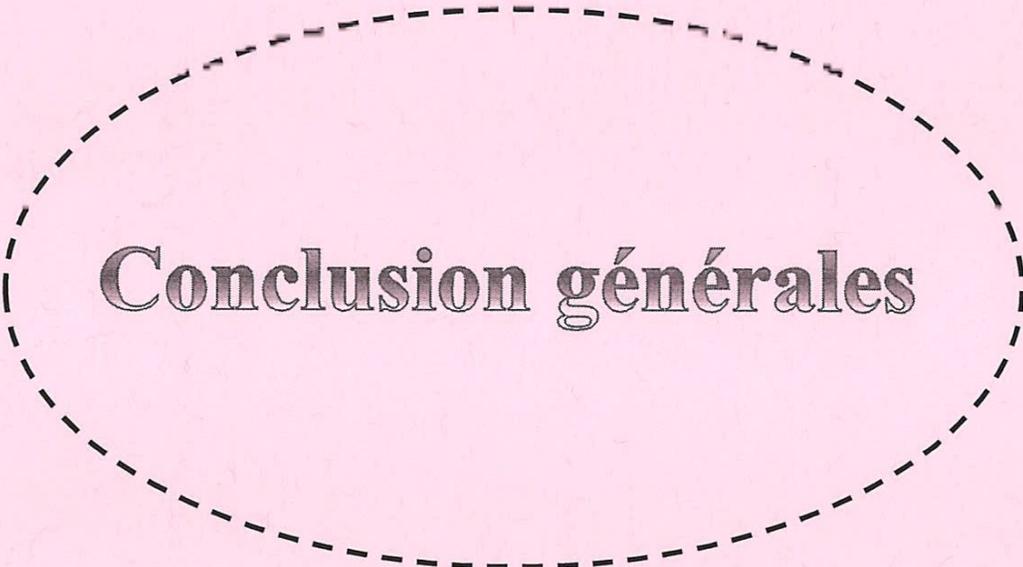
Les deux spectres utilisés au cours de cette étude présentent des bandes de vibrations propres aux groupements alkyles vers 2961, 2500 et 2100  $\text{cm}^{-1}$  de valence des  $\text{CH}_2$  et  $\text{CH}_3$  et vers 1378 et 1464  $\text{cm}^{-1}$  (vibrations de déformation des  $\text{CH}_2$  et  $\text{CH}_3$ ).

Entre 4000  $\text{cm}^{-1}$  et 3000  $\text{cm}^{-1}$  les bandes sont principalement dues aux liaisons ou aux combinaisons des vibrations de  $\text{H}_2\text{O}$  [24-26].

La bande vers 1430  $\text{cm}^{-1}$  correspond aux vibrations de déformation des groupements méthyle des résines acrylique.

#### IV-13 Conclusion

Ce travail nous a permis de mettre en avant l'objectif principal que nous nous sommes fixé, celui d'élaborer une formulation de peinture d'accrochage dont les caractéristiques sont proches à ceux de la peinture de la référence (CECAM fixateur à l'eau), la peinture élaboré est à base de résine acrylique.



# Conclusion générales

## Conclusion générale

Ce travail nous a permis de mettre en avant l'objectif principal que nous nous sommes fixé, celui d'élaborer une formulation de peinture d'accrochage dont les caractéristiques sont proches à ceux de la peinture de référence (CECAM fixateur à l'eau), la peinture élaborée est à base de résine acrylique.

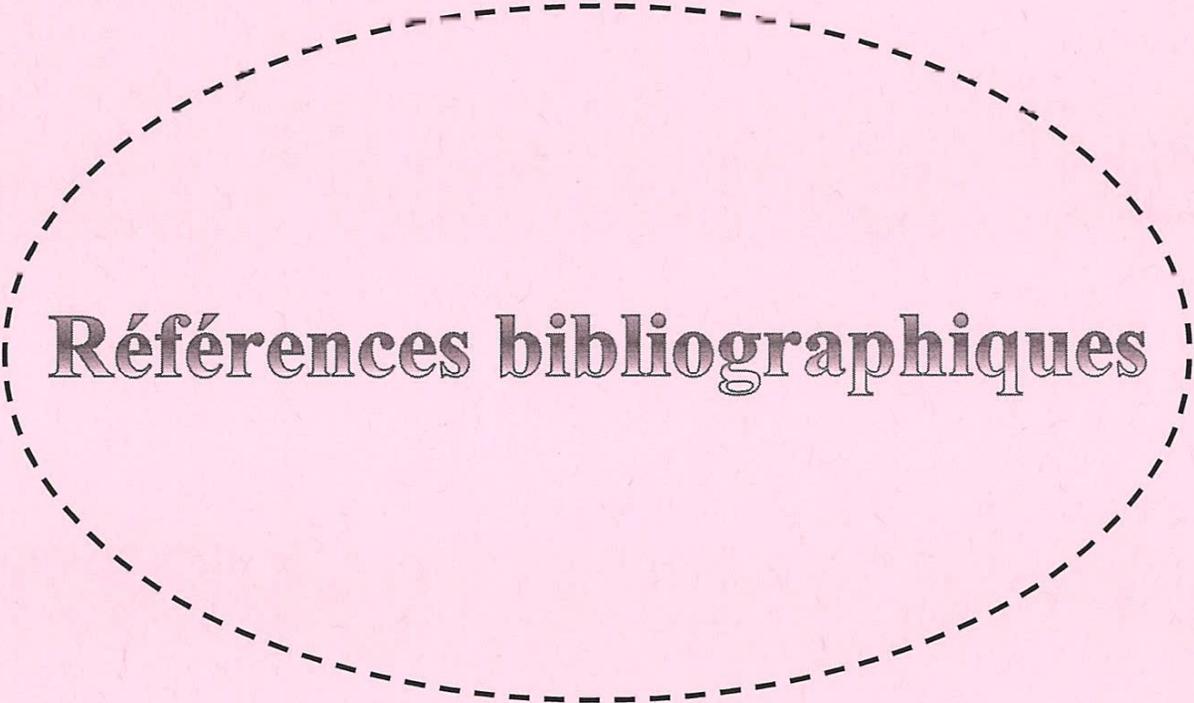
Nous avons dans la première partie de ce travail, rappelé des notions importantes sur les peintures ; entre autres leur composition, classification, et les étapes à suivre pour réussir une formulation. Nous avons par la suite présenté les différents types de peintures. Une attention particulière a été portée à la peinture d'accroche leurs composition et leurs applications.

La deuxième partie consistera en une étude d'optimisation de six formulations de peintures à base de résine acrylique que nous avons élaborée, précédée de la présentation du matériel et des produits utilisés.

L'examen des résultats des tests réalisés sur la peinture à base de résine acrylique a révélé pour les variantes V1 V2, V4 V5 V6, des soucis par rapport à l'adhérence, la viscosité, le temps de stabilité, le pourcentage des extraits secs et le pH. En raison de l'augmentation du pourcentage d'épaississant et surtout celui de la phase eau dans la nouvelle formule on a remarqué une amélioration de la viscosité, ainsi que du temps de séchage. Bref, la variante V3 présente de bonnes caractéristiques proches de celles de la référence.

La durée très limitée du stage pratique, ne nous a pas permis d'aller plus loin dans les investigations des formulations élaborées.

Notre travail confirme l'intérêt des peintures d'accroche. Il ouvre de grandes perspectives sur les plans économique et écologique pour l'entreprise nationale des peintures ENAP de Souk Ahras.



# Références bibliographiques

**Références bibliographiques**

- [1] [http://fr.wikiversity.org/wiki/Introduction\\_%C3%A0\\_la\\_peinture](http://fr.wikiversity.org/wiki/Introduction_%C3%A0_la_peinture). Consulté le 25/02/2015
- [2] J.C. Laout. Formulation des peintures Physico-chimie et matières pulvérulentes, Techniques de l'Ingénieur, 10/09/2005.
- [3] H.Fardanach. Etude de la micro encapsulation et caractérisation d'une peinture », thèse, université 08 mai 1945 Guelma, 2010.
- [4] A.C.Boukra. Nouvelle formulation d'une peinture Hydrodiluable , thèse, université 08 mai 1945 Guclma, 2013.
- [5] [http://fr.wikipedia.org/wiki/peinture\\_\(revêtement\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/peinture_(revêtement)). Consulté le 26/02/2015
- [6] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Liant>. Consulté le 26/02/2015
- [7] F.Djelaili. Analyses physico-chimique d'une peinture glycar blanc, mémoire, 2012-2013
- [8] E.N.A.P. Chimie générale des résines et émulsion, Manuel industriel, 2003
- [9] E.N.A.P. Généralités sur les peintures, Document, 2003
- [10] <http://jcfressaix.free.fr/Chezjc/page6.htm>. Consulté le 23/03/2015.
- [11] L.Cleuet. Peinture industrielles au pistolet technique et vulgarisation, document, 1978
- [12] A.Belili. Elaboration et caractérisation de peinture écologiques. Guelma ,2014
- [13] H. Benhamza, Nouvelles formulations pour peinture, résine et adjuvants à base de tensioactifs biodégradables, Projet de recherche, Université 08 mai 1945 Guelma.
- [14] S.Plastel, R.Gillard, technologie de la peinture, Document, Paris, 1983
- [15] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Vernis\\_%28bois%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vernis_%28bois%29). Consulté le 15/04/2015.
- [16] <http://www.lachimique.com>. Consulté le 28/05/2015
- [17] <http://www.brancher.com/-Vernis-acryliques-.html>. Consulté le 15/04/2015
- [18] <http://www.larousse.fr/archives/grande-encyclopedie/page/14366>. Consulté le 15/04/2015
- [19] <http://www.peinture-recad-industrie.fr/peinture-batiment-interieure-mate/24-peinture-fixateur-fond-transparent-bois.html>. 15/04/2015.
- [20] <http://www.solutions-comus.com/verniss-peintures-enduits/ancorprim-o.html>. Consulté le 10/03/2015.
- [21] <http://www.ideesmaison.com/Bricolage/Fiches-bricos/Bois/Techniques-et methodes/Utilite-d-une-sous-couche/L-utilite-d-une-sous-couche.html>. Consulté le 13/03/2015.
- [22] <http://www.peinture-recad-industrie.fr/peinture-batiment-interieure-mate/24-peinture-fixateur-fond-transparent-bois.html>. Consulté le 13/03/2015.
- [23] Document de l'entreprise : journée technique sur les peintures ; Décembre 2007

[24] G.Orcel, J.Phalippou, L.L.Hench, J. Non-Crystalline Solids, 1986, v. 88, p.114.

[25] R.M .Almeida, C.G.Pantano, J. Applied Physics, 1990, v. 68, p.4225.

[26] R.F.Bartholomeu, B.L.Butler, H.L.Hoover, Journal of the American Ceramic Society, 1980, v. 63, p. 481.

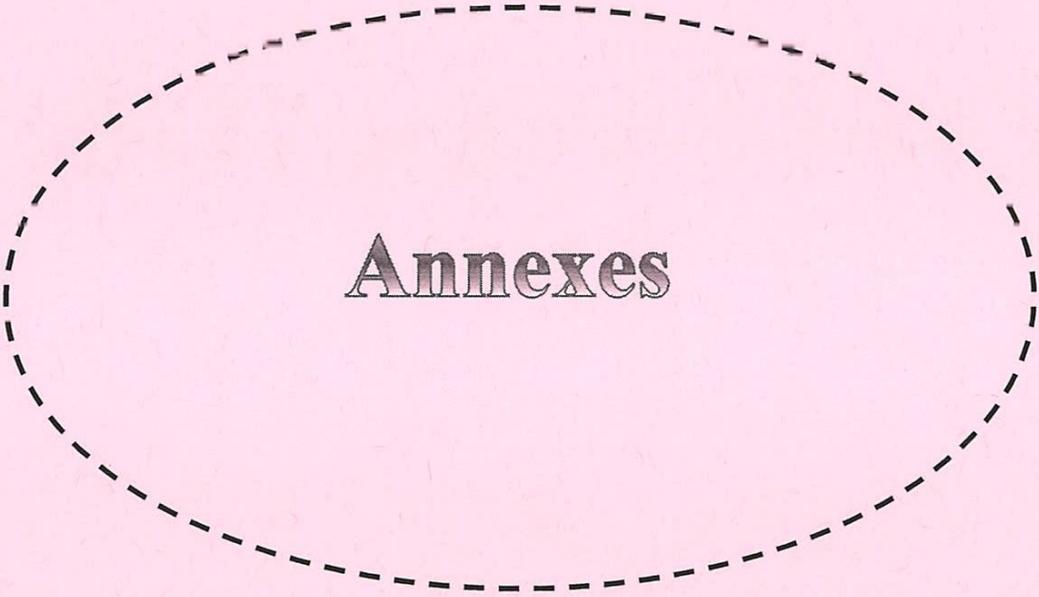
\_\_\_\_\_

22

↓ ↓

hit3

2



# Annexes

---

---

## Annexe A

### Fiche technique des produits

#### ➤ A7126 FOAMASTER NDW (agent antimousse)

##### a/ Emploi

Anti mousse pour peintures et colles en émulsion.

##### b/ Composition chimique

Formulation sur base hydrocarbures et agents de surface non ioniques.

##### c/ Caractéristiques

- Teneur en eau : 0 – 0,5%.
- Viscosité Brookfield à 25°C : 100 – 1000 mPa.
- Masse volumique à 25°C : 0,85 – 0,90 g/ml.
- Aspect de la dilution à 25°C : 0 – 10%.
- Aspect état : Liquide ambré, homogène opaque.

##### d/ Description

Le FOAMASTER NDW, est un anti mousse liquide présentant l'avantage d'une large polyvalence d'action. Il convient notamment à tous les systèmes de peintures ou colles sur base latex, que ceux-ci soient du type styrène-butadiène, acrylique, acétate de polyvinyle ou alkyde hydrosoluble.

Il est non seulement efficace sur les liants eux-mêmes, mais encore sur la plupart de leurs mélanges.

C'est un anti mousse très persistant, son activité se manifeste non seulement pendant la fabrication, mais également lors de l'application, même après un long stockage.

##### e/ Dosage

Le dosage recommandé pour les peintures en émulsion est compris généralement entre 0,2 et 0,5 % calculé par rapport à la formulation totale. Dans le cas des adhésifs, on utilise 1 à 2% sur le sec.

---

---

➤ **A6350 CELLOSIZÉ QP 30000H hydroxyéthyle cellulose**  
(EPAISSISSANT PHASE EAU)

**a/ Emploi**

Agent épaississant pour les peintures, et produits d'entretien ménager.

**b/ Caractéristiques**

- Solubilité dans l'eau : 1% maximum.
- Viscosité Brookfield : 1500 – 2400 Cp.
- volatilité : 5% maximum.
- pH : 6 à 7.

**c/ Description**

Polymère cellulosique à masse moléculaire moyenne, utilisé comme épaississant pour les systèmes à base d'eau, incluant les peintures latex.

Les niveaux d'utilisation typique pour le QP cellulosique 30000H sont de 2 à 4 Kg pour 380 litre. Utilisé également comme produits d'entretien ménager avec un pourcentage compris entre 0,5 et 1%.

➤ **P2132 Dioxyde de titane (pigment)**

**a/ Emploi**

Pigment pour peintures.

**b/ Caractéristiques**

- Perte à 105°C : 0,5%.
- Prise d'huile : 22g/100g H<sub>2</sub>O.
- Masse volumique : 4g/cm<sup>3</sup>.
- pH : 8.

**c/ Description**

Le dioxyde de titane est destiné à une large gamme d'applications, avec une dispersion rapide dans de nombreux systèmes liants, une très bonne opacité, une grande blancheur et une bonne

durabilité. Il est recommandé dans toutes les peintures décoratives, dans les systèmes industriels en phase solvant ou aqueuse, dans les primaires et sous-couches et le couchage du papier.

### ➤ **A6347 Epaisissant acrylique**

#### **a/Ventilation**

Assurer une bonne ventilation du poste de travail

#### **b/Caractéristique**

- Nature : dispersion anionique à 37% dans l'eau et copolymère acrylique
- Aspecte (20%) : dispersion vitesse de faible viscosité
- Extrait sec (%) : 32
- PH (20°) : 4
- Densité (20°) : 1,06
- Compatible : compatible avec la plupart des charge, pigment méreaus et dispersion synthétique
- Couleur: blanc
- Odeur: odeur acrylique
- Viscosité: 5000 mpa\*. s Maximum
- Pression de vapeur : 2266,4808 Pa à 20°C/68°F eau
- Point de fusion : 0°C /32°F eau
- Point d'ébullition : 100°C/212°F eau
- Taux d'évaporation (HAC=1) : <1 eau

#### **c/Stabilité et réactivité :**

**Stabilité :** Ce produit est considéré stable cependant: éviter des températures supérieures à 77C début de la décomposition du polymère.

**Danger de polymérisation :** Le produit ne se polymérise pas.

#### **e/Application**

La viscoatex 46 est un épaisissant en milieu neutre ou alcalin lorsqu'on procède à sa neutralisation par addition d'une base, le polymère qui est insoluble à l'origine devient hydrosoluble et gonfle fortement.

Le viscoatex 46 peut être employé sous forme de gel dans les peintures, enduits et colles peut être manipulables les solutions neutralisées ne devant pas dépasser 5% de matières actives il

peut être également incorporé sous sa forme acide dans le milieu à épaissir : il faut alors veiller à sa parfaite répartition. On peut dans ce cas diluer le produit une ou deux fois pour obtenir une meilleure homogénéisation.

➤ **C2829 Carbonate de  $Ca^{++}$**

Fournisseur	Normes_contretypes				
	Densité (D)	Prise d'huile (PII)	%Humidité (II)	Finesse (F)	Blancheur (B)
Elfaltas	2,700±0,05	19±4	0,5 max	6±0,5	L* >93 ; -0,5<a*<0,2, b*<4

➤ **C2846 Talc bâtiment (charge)**

Le talc est une espèce minérale composée de silicate de magnésium doublement hydroxylé de formule  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ , pouvant contenir des traces de nickel, de fer, d'aluminium, de calcium, de sodium et d'autres silicates magnésiens comme l'amiante.

Normes				
Densité (D)	Prise d'huile (PH)	%Humidité (H)	Finesse (F)	Blancheur (B)
2,700±0,05	33±6	0,5 max	4±1	L* >93,-0,7<a*<0,55, b<4,4
2,700±0,05	33±6	0,5 max	4±1	L* >93,-0,7<a*<0,55, b<4,4

### Composition chimique du Talc

Analyse chimique	Valeurs typiques
SiO <sub>2</sub>	54%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30%
K <sub>2</sub> O	5.5%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4%
Na <sub>2</sub> O	0.3%
MgO	0.8%
TiO <sub>2</sub>	0.6%
Perte à la feu humidité	7.0%

#### ➤ L6480 Emulsion acrylique

Normes contretypes			
Densité (D)	Viscosité Po/Sec. à 20-25°C	Extrait sec % (Es)	Finesse (F)
1,029±0,05	120±40	0,5 max	
0,03±0,05		0,5 max	50±1

## Annexe B

### Fiche technique des produits

#### ➤ Analyse rhéologique des différentes formulations

##### a/Pour échantillon référence

Temps s	Température °C	Contrainte Pa	Gradient de vitesse 1/s	Viscosité		
Pas	Gradient de Vitesse Cible 1/s	Remarque				
1, 1	25.02	20	6.745	0.09956	67.75	0.1
1, 2	47.23	20	11.83	0.2317	51.07	0.2327
1, 3	68.22	20	18.24	0.539	33.84	0.5415
1, 4	88.68	20	25.7	1.254	20.49	1.26
1, 5	108.9	20	35.08	2.919	12.02	2.932
1, 6	129.1	20	47.02	6.791	6.924	6.822
1, 7	149.1	20	61.4	15.8	3.885	15.87
1, 8	169.2	20	78.84	36.77	2.144	36.94
1, 9	189.3	20	99.8	85.57	1.166	85.95
1, 10	209.4	20	125.1	199.1	0.6281	200

**b/Pour V1**

	Temps s	Température °C	Contrainte Pa		Gradient de vitesse 1/s		Viscosité
Pas	Gradient de Vitesse	Cible 1/s	Remarque				
1, 1	25.02	20	1.341	0.09956	13.47	0.1	
1, 2	47.23	20	1.721	0.2316	7.431	0.2327	
1, 3	68.22	20	2.188	0.539	4.06	0.5415	
1, 4	88.68	20	2.848	1.254	2.271	1.26	
1, 5	108.9	20	3.8	2.919	1.302	2.932	
1, 6	129.1	20	5.238	6.791	0.7712	6.822	
1, 7	149.2	20	7.49	15.8	0.4739	15.87	
1, 8	169.3	20	10.97	36.77	0.2983	36.94	
1, 9	189.4	20	16.75	85.57	0.1957	85.95	
1, 10	209.5	20	24.62	199.1	0.1236	200	

**c/Pour V3**

	Temps s	Température °C	Contrainte Pa		Gradient de vitesse 1/s		Viscosité
Pas	Gradient de Vitesse	Cible 1/s	Remarque				
1, 1	25.02	20	3.934	0.09955	39.51	0.1	
1, 2	47.28	20	6.64	0.2316	28.66	0.2327	
1, 3	68.28	20	10.07	0.539	18.69	0.5415	
1, 4	88.74	20	13.84	1.254	11.03	1.26	
1, 5	109	20	18.79	2.919	6.439	2.932	
1, 6	129.1	20	25.93	6.791	3.818	6.822	
1, 7	149.2	20	35.52	15.8	2.247	15.87	
1, 8	169.3	20	47.63	36.77	1.295	36.94	
1, 9	189.4	20	62.94	85.57	0.7355	85.95	
1, 10	209.4	20	82.92	199.1	0.4165	200	

**d/Pour V4**

Temps s	Température °C	Contrainte Pa	Gradient de vitesse 1/s	Viscosité
Pas	Gradient de Vitesse Cible 1/s	Remarque		
1, 1	25.02	19.9	3.161 0.09955	31.75 0.1
1, 2	47.23	20	4.441 0.2316	19.17 0.2327
1, 3	68.22	20	5.773 0.539	10.71 0.5415
1, 4	88.68	20	7.526 1.254	6 1.26
1, 5	108.9	20	9.869 2.919	3.381 2.932
1, 6	129.1	20	13.23 6.791	1.948 6.822
1, 7	149.2	20	18.1 15.8	1.146 15.87
1, 8	169.2	20	24.92 36.77	0.6778 36.94
1, 9	189.3	20	34.42 85.57	0.4022 85.95
1, 10	209.4	20	47.73 199.1	0.2397 200

**e/Pour V5**

Temps s	Température °C	Contrainte Pa	Gradient de vitesse 1/s	Viscosité
Pas	Gradient de Vitesse Cible 1/s	Remarque		
1, 1	25.03	20	6.296 0.09955	63.24 0.1
1, 2	47.24	20	9.071 0.2317	39.16 0.2327
1, 3	68.24	20	11.95 0.539	22.17 0.5415
1, 4	88.69	20	15.29 1.254	12.19 1.26
1, 5	108.9	20	19.94 2.919	6.833 2.932
1, 6	129.1	20	26.46 6.791	3.896 6.822
1, 7	149.2	20	35.18 15.8	2.226 15.87
1, 8	169.2	20	46.66 36.77	1.269 36.94
1, 9	189.3	20	61.58 85.57	0.7197 85.95
1, 10	209.4	20	81.33 199.1	0.4085 200

**f/Pour V6**

Temps s	Température °C	Contrainte Pa	Gradient de vitesse 1/s	Viscosité
Pas	Gradient de Vitesse Cible 1/s	Remarque		
1, 1	25.02	20	4.556 0.09955	45.77 0.1
1, 2	47.23	20	6.809 0.2316	29.39 0.2327
1, 3	68.22	20	9.208 0.539	17.08 0.5415
1, 4	88.68	20	11.99 1.254	9.557 1.26
1, 5	108.9	20	15.84 2.919	5.429 2.932
1, 6	129.1	20	21.47 6.791	3.161 6.822
1, 7	149.1	20	29.11 15.8	1.842 15.87
1, 8	169.2	20	39.21 36.77	1.066 36.94
1, 9	189.3	20	52.41 85.57	0.6125 85.95
1, 10	209.4	20	69.75 199.1	0.3503 200