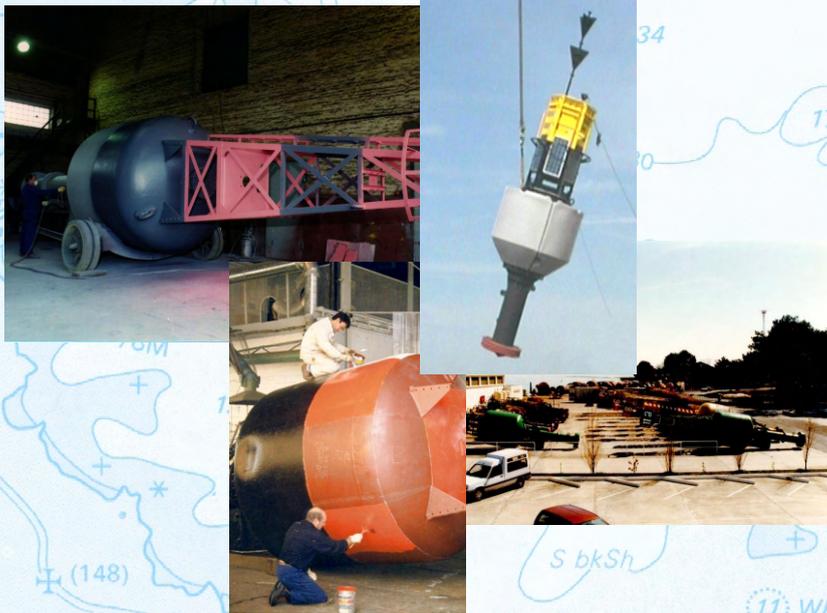


Signalisation maritime Documentation technique Exploitation du balisage



Peinture des bouées à terre

SEPTEMBRE 2002



SOMMAIRE

1. PREAMBULE

2. RENOVATION COMPLETE D'UNE BOUEE

A. LA PREPARATION DE SURFACE

A .1. Dégraissage

A.2. Décapage par projection d'abrasifs

A.2.1. L'état géométrique ou rugosité de surface (Rt)

A.2.2. La propreté ou degré de soin (DS)

A.2.3. Le décapage en atelier

A.2.4. Le décapage sur parc

A.2.5. Le décapage sur site (à terre)

B. LA METALLISATION

B.1. Nature du métal ou de l'alliage d'apport

B.2. Mise en œuvre

B.2.1. La projection

B.2.2. Le colmatage

B.2.3. Les épaisseurs préconisées

B.2.4. Le contrôle des épaisseurs

C. LA MISE EN PEINTURE

C.1. Composants d'une peinture

C.1.1. Les liants

C.1.2. Les pigments

C.1.3. Les solvants

C.1.4. Les additifs (ou adjuvants)

C.2. Choix d'un système : principes de protection et épaisseurs

C.2.1. La protection chimique

C.2.2. La protection cathodique (ou protection électrochimique)

C.3. Mise en œuvre de la peinture

C.3.1. Les différents modes d'application

C.3.2. Les contrôles d'épaisseurs

D. LES CONDITIONS CLIMATIQUES

D.1. Notion de point de rosée

D.2. Degré hygrométrique ou humidité relative (HR)

D.3. Calcul du point de rosée

D.3.1. La prise en compte des paramètres

D.3.2. Un exemple de calcul

E. LES COULEURS NORMALISEES

3. RENOVATION PARTIELLE D'UNE BOUEE

4. TRAITEMENT D'UNE BOUEE NEUVE

5. CONDITIONS D'HYGIENE ET DE SECURITE

6. DOCUMENTS DE REFERENCE

1. PREAMBULE

Les présentes prescriptions se rapportent à la fourniture et à la mise en oeuvre de revêtements par peintures et par métallisation de subjectiles en acier, afin de:

- maintenir au mieux dans le temps les caractères de couleur fixés par les règles de signalisation maritime,
- réaliser une protection contre la corrosion des bouées neuves ou ayant séjourné en mer.

La qualité du revêtement anticorrosion doit permettre de conserver, sans réfection sur parc, un niveau de service suffisant sur une période moyenne de six années consécutives.

⇒ Le cas particulier que constitue le traitement de l'aluminium fait l'objet de mentions spécifiques reproduites en caractères italiques.

2. RENOVATION COMPLETE D'UNE BOUEE

A. LA PREPARATION DE SURFACE

L'efficacité d'un revêtement dépend pour beaucoup de l'état du support avant et pendant son application. Les paramètres suivants jouent un rôle déterminant sur cette efficacité :

- la présence de rouille et de calamine (*ou d'alumine*),
- l'état géométrique de la surface (la rugosité),
- la présence d'agents contaminants (sels, poussières, graisses).

Il faudra donc s'efforcer :

- d'éliminer toutes les impuretés superficielles de nature à corroder le support ou à accélérer la dégradation du système de peintures,
- de donner à la surface un profil de rugosité adapté.

A .1. Dégraissage

Le dégraissage peut être nécessaire dans le cas de reprise sur chantier, ou à la réception d'une bouée neuve, lorsque le film à surcoucher a été souillé. Il pourra être effectué selon le degré et la nature des salissures :

- soit à l'aide d'une solution détergente, aussi peu moussante que possible et de pH neutre,
- soit à l'aide d'un ou de plusieurs solvants à froid, tels que du perchloréthylène, ou des dégraissants suractivés.

Le dégraissage pourra être réalisé à l'aide d'un nettoyeur haute pression et sera immédiatement suivi d'un rinçage à l'aide d'un solvant, à l'eau chaude ordinaire ou déminéralisée, afin que la graisse solubilisée ne puisse se déposer

A.2. Décapage par projection d'abrasifs

Compte tenu du niveau de la préparation désirée, le décapage par projection d'abrasifs, doit être le procédé retenu pour l'acier à l'exclusion de toute autre méthode de décapage mécanique (brossage, brûlage, piquage notamment), ou chimique (phosphatation, conversion de rouille ou passivation).

Pour ce qui concerne l'aluminium, plusieurs procédés de préparation peuvent être retenus. Cependant, les principaux fournisseurs d'aluminium préconisent un décapage mécanique par projection d'abrasifs. Un mode de préparation chimique couramment rencontré consiste en : un dérochage par une solution acide suivi d'un primaire réactif (appelé aussi Wash-primer) contenant de l'acide phosphorique.

L'abrasif employé pour le décapage de l'acier ne doit pas être réutilisé pour décapier l'aluminium en raison du risque de corrosion par piqûres.

La qualité d'un décapage se caractérise de la façon suivante:

A.2.1. L'état géométrique ou rugosité de surface (Rt) :

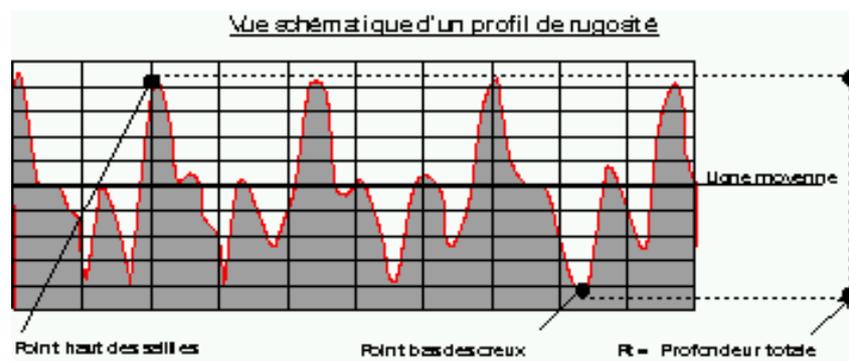
Un contact parfait entre le support décapé et la peinture doit être assuré. Un profil de rugosité trop fin entraîne une mauvaise adhérence du film de peinture; un profil trop profond peut, recouvert d'un film de peinture relativement mince, aboutir à des sommets de pics peu protégés.

Sur un plan pratique, il est d'usage que la profondeur totale d'un décapage (Rt) ne dépasse pas le tiers de l'épaisseur totale du système de peintures. Des échantillons de comparaison viso-tactile peuvent être utilisés pour donner des indications concernant l'aspect et le profil de rugosité de la surface décapée (norme NF E 05051 - Echelle du rugotest n°3). Un rugosimètre digital peut également être employé ; ce dernier réalisera l'évaluation numérique du profil.

Exemples :

Pour un système de 340 μm d'épaisseur sèche, le profil de référence sera selon la norme NF E 05051, un N10 (Rt=111 μm) sur l'échelle de rugotest n°3.

Pour un système de 150 μm d'épaisseur sèche, le profil de référence sera selon la norme NF E 05051, un N9 (Rt=54 μm) sur l'échelle de rugotest n°3.



A.2.2. La propreté ou degré de soin (DS)

Le degré de soin recherché (appelé parfois degré de dérouillage) correspond à un grenailage "proche du blanc" (DS 2,5) en référence à la norme ISO 8501.1.

Le traitement est poussé pour qu'en fin d'opération le subjectile présente un aspect rugueux, mat, libéré de calamine et de rouille. Après traitement, seules quelques ombres devront persister sur le support.

Il n'existe pas de norme équivalente pour les subjectiles en aluminium.

Le matériel utilisé pour le traitement de la surface diffère suivant les infrastructures disponibles:

A.2.3. Le décapage en atelier :

Généralement cette opération s'effectue à l'intérieur de cabines de grenailage équipées d'un dispositif de projection de l'abrasifs à recyclage automatique (criblage, épuration, stockage); dans ce cas les abrasifs utilisés (aussi appelés médias) sont des abrasifs métalliques de différentes formes, granulométries et duretés (grenailles de fonte, d'acier inoxydable, d'acier coulé, *grenaille d'aluminium*).

On trouve souvent deux types de forme de grenaille, la sphérique et l'angulaire (appelées également grain nodulaire ou grain irrégulier). La sphérique martèle le support et élimine les couches cassantes comme la calamine; l'angulaire arrache les structures spongieuses et la rouille.

Pour une meilleure efficacité, il est intéressant de travailler avec un mélange de grenaille ronde et angulaire.

La taille des particules de grenaille conditionne le profil. Plus le grain sera gros et plus le grenailage aura l'aspect rugueux.

Le grenailage à la bille d'acier doit être exclu pour le traitement de l'aluminium.

A.2.4. Le décapage sur parc :

Ce type de décapage, dit à abrasifs perdus, peut se faire à l'aide d'un appareil (improprement appelé dans le langage courant "sableuse"), composé d'un réservoir à trémies, d'une tuyère à réglage du débit de l'abrasif, d'un tuyau d'alimentation abrasif/air et d'une buse de projection. Ce dispositif est souvent mobile.

Les abrasifs utilisés sont en général d'origine minérale. L'abrasif fréquemment rencontré est du verre de silicate d'aluminium (appellation commerciale: RUGOS) utilisable sur l'acier ou l'aluminium.

A.2.5. Le décapage sur site (à terre)

Dans certains cas, pour des problèmes techniques ou de sécurité, il est impossible de décapier les surfaces à l'abrasif perdu. L'opération de décapage peut être alors effectuée à l'aide de grenailleuses portatives.

Ce procédé peu répandu, valable uniquement pour des surfaces réduites (éléments de charpente métallique, coffrets, reprises de soudures), comprend un dispositif de recyclage de l'abrasif.

Que le décapage soit réalisé sur parc, sur site ou en atelier, les précautions suivantes devront être observées:

- Lorsque la préparation de surface se fait par projection pneumatique, l'air comprimé doit être exempt d'humidité et d'huile,
- L'abrasif utilisé doit être parfaitement sec,
- La projection de l'abrasif ne doit être effectuée que sur surface sèche,
- Le degré hygrométrique de l'air ambiant ne doit pas excéder quatre vingt pour cent (voir 2-4.2),
- La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5°C.
- Afin d'éviter la formation de "pointes" susceptibles de déchirer le feuil de peinture, ou le cas échéant la couche de métallisation, l'opération de mise en état des surfaces doit être arrêtée dès que la préparation correspondant au degré de soin requis est atteinte.

- Qu'il s'agisse d'une métallisation ou de la première couche du système de peintures, l'application du revêtement doit s'effectuer le plus tôt possible après la mise en état du subjectile. Le délai de recouvrement ne devra pas excéder deux heures en atmosphère humide ou saline et pourra être au maximum doublé par beau temps, en atmosphère peu humide.
- Après traitement, il y a lieu d'éliminer toute trace d'abrasif par un dépoussiérage au jet d'air exempt d'eau et d'huile.
- Pour un avivage, on choisira une granulométrie d'abrasifs plus fine que pour un décapage classique (éviter les perforations et la fragilisation des fonds encore sains).

B. LA METALLISATION

La métallisation vise à protéger l'acier contre la corrosion par apport en surface, d'aluminium, de zinc ou d'un alliage des deux. Pour des raisons de coût de la matière première, de faiblesse de rendement du procédé le plus couramment employé, cette technique n'est à envisager que pour des supports de peu de surface (charpente de pylône, coffret, accessoires divers).

RAPPEL :

Quel que soit le volume traité, l'activité de métallisation est soumise à autorisation, ce qui concrètement signifie que pour exercer cette activité, même de façon limitée et ponctuelle, les ateliers seront contraints de respecter un ensemble de règles, et un dossier de demande d'autorisation doit être déposé en préfecture pour cette activité :

Numéro	Désignation de la rubrique	CLASSEMENT
2567	Galvanisation, étamage de métaux ou revêtement métallique d'un matériau quelconque par immersion ou par pulvérisation de métal fondu	Autorisation

B.1. Nature du métal ou de l'alliage d'apport

La nature des métaux et alliages devra répondre aux caractéristiques suivantes:

- Zinc de composition du type Z9 en référence à la norme NF A 55-101,
- Aluminium de qualité au moins équivalente à celle du type 1050 A (A5) de la norme NF A 50-411,
- Alliage Zinc-Aluminium 85-15 comprenant :
 - 85% \pm 1% (en masse) de Zinc, conforme au type Z9 de la norme NF A 55.101,
 - 15% \pm 1% (en masse) d'aluminium, de qualité au moins équivalente à celle du type 1050 A (A5) de la norme NFA 50-411.

B.2. Mise en œuvre

B.2.1. La projection :

Après une préparation de surface où l'on aura vérifié l'état géométrique du support (Rt=N8 à N10-norme NF E 05051) ainsi que sa propreté (DS=2.5 minimum - norme Suédoise S.I.S

055900 remplacée par la norme ISO 8501.1), la métallisation s'obtient par projection au chalumeau métalliseur du métal fondu. Il convient d'opérer sous abri.

B.2.2. Le colmatage :

L'opération de colmatage ne doit pas être réalisée si un revêtement ultérieur par peinture est prévu. L'adhérence du système de peintures s'en trouverait en effet contrariée.

Le colmatage qui suit la métallisation diffère suivant la nature du métal ou de l'alliage projeté. Ce traitement vise à limiter au maximum la porosité de la métallisation.

Pour le revêtement de Zinc ou d'alliage Zinc/Aluminium 85-15 :

La surface traitée est aspergée d'une solution contenant 30 grammes de chlorure de sodium par litre. Des marbrures blanchâtres doivent apparaître au terme du traitement.

Pour le revêtement d'Aluminium :

La surface traitée est aspergée d'une solution contenant, par litre, 50 grammes de carbonate de sodium anhydre et 20 grammes de borate. La solution est obtenue par dissolution du carbonate et du borate dans l'eau tiède. Après aspersion on laisse sécher à l'air libre.

B.2.3. Les épaisseurs préconisées :

Le tableau ci-après donne les épaisseurs minimums préconisées pour un support exposé à une ambiance maritime.

Zinc		Aluminium		Zinc/Aluminium 85-15	
Avec peinture	sans peinture	Avec peinture	sans peinture	Avec peinture	sans peinture
120 µm	160 µm	160 µm	200 µm	80 à 120 µm	120 µm

B.2.4. Le contrôle des épaisseurs :

L'appareillage et le mode opératoire sont identiques à ceux employés pour le contrôle de l'épaisseur sur feuillets de peintures (voir 2-3.3 "Mise en oeuvre de la peinture"). On notera cependant que l'épaisseur locale du dépôt ne doit jamais être inférieure aux valeurs du tableau ou excéder celles-ci de plus de 20%.

C. LA MISE EN PEINTURE

C.1. Composants d'une peinture

Une peinture anticorrosion se compose d'un liant (résine en solution), de pigments (inhibiteurs de corrosion, colorants, ou charge), de solvants et d'additifs aussi appelés adjuvants.

C.1.1. Les liants :

Le liant ou la résine, doit enrober parfaitement les pigments pour donner à l'ensemble une répartition homogène tant dans la peinture que dans le film sec. Il assure l'adhérence sur le support.

C'est l'élément le plus caractéristique de la peinture qui donne d'ailleurs son nom à celle-ci (époxydiques, polyuréthanes, etc.).

C.1.2. Les pigments :

Un pigment peut avoir un rôle de coloration, d'inhibiteur de corrosion ou donner de la structure à la peinture.

La structure, proportion entre pigments et liant, influe sur la porosité, la souplesse et le brillant.

- Les pigments colorants :

Sans colorant la peinture serait en fait un vernis. Les pigments colorants sont d'origine minérale ou organique. A titre d'exemple:

Pigments minéraux : Oxyde de fer (rouge, jaune, noir), Oxyde de chrome (vert)

Pigments organiques : Phatlocyanine (bleu, vert)

- Les Inhibiteurs de corrosion :

La fonction des pigments inhibiteurs de corrosion vise à conforter l'étanchéité du feuil (protection chimique), voire à pallier les défauts d'étanchéité à venir (protection électrochimique).

Les peintures faisant appel à la protection électrochimique (ou cathodique), doivent contenir un pourcentage minimum de poussière de zinc dans le feuil sec (Norme NF T 36-001):

- 88 % pour les peintures à base de liants organiques (résines époxydiques ou polyuréthanes par exemple)
- 80 % pour les peintures à base de silicates

C.1.3. Les solvants :

Les solvants sont généralement des composés organiques volatils (C.O.V.) employés pour obtenir certaines caractéristiques d'application et de fini du film (fluidité, temps de séchage et de reprise, tendu et brillant du film).

Trois des quatre familles de solvants sont les suivantes:

- Les hydrocarbures du type aliphatique utilisés pour les glycérophtaliques et les bitumes (White spirit),
- Les hydrocarbures du type aromatiques utilisés pour les époxydiques, les caoutchouc chlorés, les brais, les polyuréthanes mais aussi les bitumes (Xylène, Toluène, Naphtas),
- Les solvants oxygénés de type Cétone, Ethers, Ester et Alcools utilisés principalement pour les époxydiques, les silicates et les polyuréthanes,
- Les solvants chlorés tels que le trichloréthylène et le perchloréthylène utilisés dans les bitumes notamment.

L'eau utilisée dans les émulsions constitue la quatrième famille.

C.1.4. Les additifs (ou adjuvants) :

Les adjuvants sont des produits chimiques employés à faibles doses pour corriger ou optimiser telle ou telle particularité d'une peinture, d'un liant ou d'un vernis.

Ces additifs peuvent influencer sur les conditions de conservation, de mise en oeuvre, d'aspect ou de résistance au vieillissement des produits.

On peut citer, parmi la multitude des additifs employés, les agents antipeaux, épaississants, anti-U.V., algicides.

C.2. Choix d'un système : principes de protection et épaisseurs

Quelle que soit l'option retenue, le choix d'un système de peintures doit être fait en fonction des infrastructures, de l'outillage et du personnel disponibles. Ceux-ci doivent en effet être adaptés, en nombre et en technicité, aux types de produits envisagés.

Les fournisseurs des nuances d'aluminium employées en milieu marin (séries 5000 et 6000) ne considèrent pas que la protection anticorrosion du support soit indispensable. En annexes figure néanmoins une variante proposant une préconisation adaptée à ce type de bouée.

A l'heure du choix d'un système de peintures, les deux principes de protection chimique et électrochimique doivent être bien présents à l'esprit.

C.2.1. La protection chimique :

On pourra choisir un système de peintures d'environ 300 à 350 µm d'épaisseur sèche en partie immergée, 250 µm étant une épaisseur suffisante pour les parties émergées.

Les peintures employées en primaire et en couche de renforcement (souvent 2 couches en partie immergée et 1 à 2 couches en partie émergée), seront des produits à base de résines polyuréthanes ou époxydiques modifiées.

L'objectif étant d'isoler physiquement le sujet du milieu marin, l'étanchéité de la protection et donc son efficacité, augmente avec le nombre de couches appliquées (ne pas succomber à la tentation de "charger" à l'application pour "gagner" une couche).

La finition sera assurée par une à deux couches de peintures polyuréthane bicomposantes (de l'ordre de 60 µm).

C.2.2. La protection cathodique (ou protection électrochimique) :

Le principe de la protection cathodique s'appuie sur la différence de potentiel existant entre le zinc et l'acier en présence d'un milieu conducteur. Sur une zone mise à nue (chocs, rayures), l'acier, du fait de son potentiel électrochimique moins élevé, se trouve dans l'impossibilité de se corroder tant que le zinc est présent.

Cette action tend à s'atténuer dans le temps, mais le développement de la rouille sous-jacente sera considérablement freiné.

Il faudra se dispenser de recourir à une protection cathodique si le degré de soin obtenu par décapage mécanique n'atteint pas au moins le degré DS 2.5.

Sur un système faisant appel à la protection cathodique, des épaisseurs de l'ordre de 280 µm en partie immergée et de 220 µm en partie émergée doivent être suffisantes.

Par ailleurs, il faut noter que pour présenter une bonne adhérence, les peintures aux silicates parfois utilisées en protection cathodique, demandent une rugosité importante et en tous cas compatible avec l'épaisseur du feuillet sec envisagé (voir "L'état géométrique ou rugosité (Rt)").

De même, faute d'installations bien adaptées (cabines de peinture normalisées), il faudra se garder de porter son choix sur des peintures riches en zinc à liant de type Ethyl-silicate. Ces peintures demandent un degré de préparation plus élevé (DS3), une rugosité précise, des conditions d'hygrométrie contrôlées et doivent être suivies d'un bouche-pores.

Comme dans le cas d'une protection chimique, la finition sera assurée par une à deux couches de peintures à base de résines polyuréthanes bicomposantes (de l'ordre de 60 µm).

Précisions concernant les peintures à base de résines époxydiques et époxydiques modifiées

Les formulations couramment employées font appel à deux composants. Dans ce cas de figure les résines ne réagissent pas sur elles-mêmes pour polymériser ; il leur faut un produit chimique (conditionné dans un emballage séparé) appelé durcisseur.

Les résines époxydiques présentent une très bonne résistance aux agressions chimiques qui s'accompagne malheureusement de quelques inconvénients:

1/ Difficulté de surcouchage

Du fait de leur grande résistance à l'agression chimique, si le surcouchage est trop tardif, les solvants amenés par la deuxième couche n'agiront plus à la surface de la sous-couche et il n'y aura pas adhérence.

Par contre si le surcouchage est trop rapide, la première couche n'aura pas atteint un degré de réticulation suffisant pour résister à l'attaque des solvants de la deuxième couche et il y aura risque de décollement de la sous-couche.

Il est donc impératif d'appliquer les couches en respectant les délais de recouvrement conseillés dans les fiches techniques des produits.

2/ Le farinage (sur peintures de finition)

Les rayonnements Ultra Violets (U.V.), agressent en surface le revêtement. La libération des pigments et des particules de liant désagrégées provoque une formation mate et blanchâtre de nature à contrarier la protection de la bouée et en particulier la stabilité de sa coloration.

3/ La température d'application

La polymérisation ou plus simplement la réaction entre la base et son durcisseur voit sa vitesse ralentir à mesure que la température baisse. A partir d'environ 5°C (variable suivant les fabrications), la polymérisation s'arrête empêchant le durcissement effectif du film de peinture.

Pour tenter de pallier ces différents inconvénients, certains fabricants proposent des résines époxydiques modifiées dont voici quelques exemples:

- Les époxydiques vinyliques (facilitent le surcouchage et réduisent le phénomène de farinage),
- Les époxydiques phénoliques (accroissent la tenue chimique de l'ensemble et diminuent également le farinage),

- Les époxydiques brai (le brai contribue à limiter le prix du revêtement tout en gardant une bonne imperméabilité au film).

Précisions concernant les peintures à base de résines polyuréthannes (formulations à deux composants)

En bicomposant (base/durcisseur), ces peintures polyuréthannes présentent comme inconvénients une vie en pot limitée et des délais de recouvrement à respecter soigneusement.

Par contre, si leur sensibilité à l'humidité est contraignante à l'application, la baisse de la température ralentit mais ne bloque pas la polymérisation.

L'avantage déterminant pour l'application qui nous concerne réside dans l'excellente résistance de ces résines au phénomène de farinage. Ce type de peinture constitue une excellente finition pour oeuvres mortes.

Cas particulier des peintures dites "tolérantes" :

Plusieurs fournisseurs proposent des peintures dites "tolérantes". Ce qualificatif porte sur le niveau de la préparation de surface préconisé ainsi que sur les conditions d'application des produits.

Le degré de préparation peut varier du DS2 au décapage léger par projection d'abrasifs (encore appelé balayage ou avivage). Toutefois, le support devra être impérativement débarrassé des anciens fonds non adhérents et de la rouille foisonnante. La qualification des anciens fonds peut être effectuée au moyen de tests de quadrillage selon la norme NF T 30-038 et/ou d'arrachement par traction selon la norme NF EN 24624 ; en outre, le LCPC édite un guide technique qui propose une échelle d'avivage basée sur des clichés-types.

Lorsqu'elles sont employées en couche de finition des oeuvres mortes, ces peintures n'atteignent pas le niveau de résistance aux ultraviolets rencontré en versions bicomposantes.

Cas particulier des peintures hydrodiluable :

Les peintures hydrosolubles (ou hydrodiluable) ont fait l'objet de développements récents motivés par l'adoption prochaine de contraintes réglementaires en matière de limitation des rejets de composés organiques volatils dans l'atmosphère (C.O.V.). Des formulations aqueuses sont désormais réalisables avec pratiquement toutes les classes chimiques de liants (y compris les résines polyuréthannes bicomposantes).

Ces peintures sont toutefois exigeantes quant à leur mise en oeuvre et nécessitent de bien respecter leurs particularités si l'on souhaite atteindre un résultat satisfaisant (la maîtrise de l'hygrométrie est indispensable - éviter la cohabitation d'acier et d'aluminium revêtus de peintures hydrosolubles).

C.3. Mise en œuvre de la peinture

Chaque produit possède des caractéristiques précises susceptibles d'influer sur son mode de mise en oeuvre:

- bicomposant ou monocomposant (proportion de mélange base/durcisseur dans le premier cas),
- durée de mûrissement,
- durée de vie du mélange (pour bicomposants uniquement),
- point éclair,

- viscosité,
- durée de conservation en pot,
- conditionnement,
- extrait sec en volume et en poids,
- épaisseurs minimum et maximum,
- pouvoir couvrant,
- temps de séchage (hors poussière, sec au touché, dur),
- temps de recouvrement (minimum mais aussi maximum),
- températures minimum et maximum de mise en oeuvre,
- conditions d'hygrométrie requises.

Avant toute commande ou mise en oeuvre d'un nouveau produit, il sera donc indispensable de se référer à la fiche technique du fabricant. Si l'on n'est pas en mesure de suivre scrupuleusement les instructions de la fiche technique, le choix du système de peintures devra se porter sur d'autres produits.

C.3.1. Les différents modes d'application :

Pour des raisons d'efficacité, de qualité mais aussi compte tenu des exigences techniques des produits préconisés ci-avant, les applications au rouleau ou au guipon sont à écarter progressivement. De même, la brosse devra être réservée à la réalisation de prétouches sur des points singuliers du sujet (cornières, zones difficilement accessibles, etc.).

Suivant les caractéristiques de viscosité du produit, l'utilisateur devra se référer à sa fiche technique pour déterminer les pressions et les types de projecteurs à utiliser (ensemble tête/buse/pointeau).

Pour obtenir un travail de qualité et ce quel que soit le mode de pulvérisation retenu, des réglages préalables à l'application devront être effectués en dehors de la pièce à peindre.

Sont ici présentés de façon succincte, les principaux modes d'application disponibles:

1/ Pneumatique conventionnel :

L'alimentation en peinture peut être réalisée, par mise sous pression du godet (ou du pot), par gravité ou par aspiration.

La pulvérisation en sortie de buse est assurée par l'air comprimé diffusée grâce à la tête de pulvérisation.

C'est le procédé le plus classique; il permet d'obtenir une qualité de finition excellente et sa facilité d'emploi est reconnue. Cependant, même équipé d'une buse de relativement gros diamètre, il n'est guère possible de déposer de fortes épaisseurs de peinture à chaque passe.

Le taux de transfert de ce mode d'application varie de 40 à 50 % (brouillard de peinture important).

Nota :

Il est fortement déconseillé de surdiluer un produit pour abaisser sa viscosité. En effet, l'extrait sec du produit chute à mesure que le taux de dilution s'élève. A nombre de couches identique, une surdilution diminue considérablement les épaisseurs de peintures déposées (voir exemple de calcul ci-après) et porte atteinte aux qualités intrinsèques des produits.

2/ Pneumatique basse pression :

Le principe de fonctionnement est identique au pneumatique conventionnel. Les écoulements d'air dans le pistolet sont cependant plus laminaires et la faiblesse relative de pression en sortie de buse (0,7 au lieu de 3 à 6 bars) est compensée par un volume d'air supérieur.

Avec une forte réduction des brouillards, ce dispositif atteint des taux de transfert d'environ 65%. La vitesse des particules étant moins élevée, les problèmes de rebonds observés sur le pneumatique conventionnel s'en trouvent sensiblement réduits. Il s'avère en contre partie gourmand en air comprimé (30 à 40 m³/h) et ne tolère que des produits de faible viscosité.

3/ Pulvérisation haute pression sans air (ou "airless") :

Comme son nom l'indique, la pulvérisation est obtenue sans apport d'air comprimé au niveau du pistolet. L'éclatement est obtenu par simple détente de la peinture. Ces dispositifs sont équipés d'une pompe d'alimentation en peinture qui peut délivrer une pression variant d'environ 100 à 400 bars suivant les modèles.

Contrairement au pneumatique, cet outil autorise la mise en oeuvre, à fort rendement, de produits peu dilués, semi-épais et épais. Toutefois, la qualité de pulvérisation est moindre et les réglages sont quasiment inexistantes.

Les quantités de peintures à appliquer doivent être relativement importantes.

Le taux de transfert de ce mode d'application approche les 60%.

4/ Pulvérisation mixte :

Ce système combine les principes du pneumatique et de "l'airless". L'alimentation en peinture est assurée par une pompe de type "airless" à une pression insuffisante pour provoquer la pulvérisation de la peinture en sortie de buse. La tête de pulvérisation est alimentée par l'air comprimé qui enveloppe le jet de peinture et provoque son éclatement en fines particules. Son domaine d'application est large avec comme avantage une diminution sensible du brouillard de pulvérisation et du phénomène de rebond observé sur le pneumatique (confort d'application et économie de peinture).

Le taux de transfert de ce mode d'application peut dépasser 75%.

5/ L'électrostatique

Le jet de peinture est chargé électriquement et la pièce à peindre est reliée à la masse. Le champ électrostatique crée modifie la trajectoire des particules qui sont attirées par la pièce. Il y a "effet de contournement".

Ce principe peut s'appliquer à chacun des modes de pulvérisation présentés plus haut mais nécessite un investissement sur le plan financier et technique relativement important.

En association avec une pulvérisation mixte, le taux de transfert de ce mode d'application peut dépasser 90%.

6/ Les pompes bicomposants

Les installations équipées de la sorte ne nécessite plus de dosage et de mélange manuel de la base et du catalyseur (ou durcisseur). Le dosage volumétrique préconisé par le fabricant et le

mélange parfait des deux composants sont assurés par la pompe. Cette technique qui peut s'adapter à tous types de pistolets ne se justifie que pour des quantités importantes de produits (effet de série).

C.3.2. Les contrôles d'épaisseurs

Intérêt des contrôles - Exemples de calculs :

Compte tenu de la technicité des produits et de leur coût, les contrôles d'épaisseurs doivent être présents aux différents stades du processus de mise en oeuvre. Les épaisseurs préconisées s'entendent systématiquement en épaisseurs sèches. Au moment de la mise en oeuvre, l'applicateur doit donc savoir avec précision quelles sont les épaisseurs humides à déposer pour atteindre les épaisseurs préconisées.

1/ premier cas ⇒ pas de dilution du produit

Epaisseur sèche préconisée : 110 µm,

Extrait sec en volume : 60 % (l'extrait sec en volume est spécifié sur la fiche technique),

L'épaisseur du film humide à déposer sera de 183 microns [(110µm / 60) X 100].

2/ deuxième cas ⇒ dilution du produit

Epaisseur sèche préconisée: 110µm,

Extrait sec en volume: 60 %,

Dilution à hauteur de: 10 % du poids¹,

(si l'on prend la densité du produit base+durcisseur égale à 2, la dilution représente 20 % en volume)

La dilution fait chuter l'extrait sec en volume à 50 % (60 / 120).

L'épaisseur du film humide à déposer sera de 220 microns [(110µm / 50) X 100].

⇒ L'impact de la dilution sur l'épaisseur sèche résiduelle conduit à appliquer 37 µm d'épaisseur humide en plus pour atteindre un niveau de protection équivalent.

Quand et comment contrôler ?

Avant de présenter les modes de contrôle les plus couramment utilisés, il convient de préciser la notion d'épaisseurs préconisées.

¹(l'exemple représente volontairement le cas de figure le moins pratique, les fiches techniques indiquent généralement une dilution en volume plus commode à mesurer sur le chantier : pas besoin de balance une simple règle suffit).

Désignation de la couche	Nominale	Minimale	Maximale
Couche n°1 :Primaire	40 µm	30 µm	60 µm
Couche n°2 :Renforcement	140 µm	100 µm	150 µm
Couche n°3 :Finition	40 µm	30 µm	70 µm
Epaisseur minimale du système	220 µm		

Dans une préconisation, on parlera systématiquement d'épaisseurs nominales par couche et d'épaisseur minimale du système, exemple:

Nota : les valeurs minimales et maximales qui encadrent la valeur nominale, sont propres à chaque peinture.

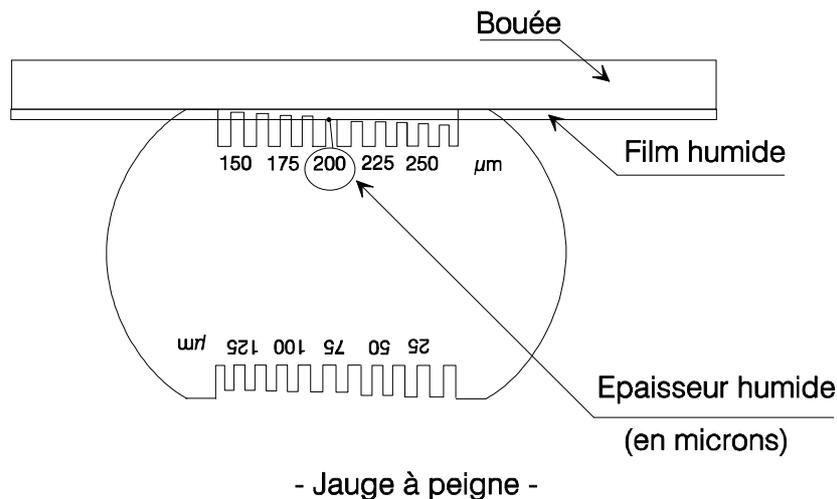
⇒ **L'épaisseur minimale du système ne sera pas la somme des épaisseurs minimales des couches, mais la somme des épaisseurs nominales.**

Les contrôles diffèrent suivant l'objectif recherché.

1/ Le contrôle du feuil frais (épaisseur humide)

Dans ce cas de figure, les contrôles serviront en premier lieu au réglage de l'outillage de pulvérisation puis à vérifier, en cours d'application, que les épaisseurs déposées restent conformes à celles préconisées. Le nombre de contrôles en cours d'application est variable suivant la complexité de forme du sujet, mais aussi suivant l'habileté de l'opérateur. On les multipliera jusqu'à l'obtention de résultats significatifs.

L'outillage le plus pratique à utiliser est une jauge à peigne :



Le mode opératoire est le suivant :

Immédiatement après l'application de la couche de peinture, placer la jauge fermement sur la bouée de telle sorte que les dents soient perpendiculaires au support. Retirer la jauge et examiner les dents pour déterminer quelle est la plus petite qui a touché le film humide. Penser à nettoyer la jauge entre chaque mesure.

Nota: Il existe différentes échelles de lecture suivant les épaisseurs couramment appliquées.

2/ Le contrôle du feuil sec (épaisseur sèche)

Dans ce cas l'on tentera de déterminer si l'épaisseur nominale sèche est conforme à la préconisation.

Si les contrôles sont effectués avant l'application d'une couche de renforcement (surcouchage par un produit identique), ils devront permettre de "rectifier" localement les écarts mis en évidence par les contrôles.

Tout comme pour la mesure du film humide, on devra multiplier les contrôles jusqu'à obtention de résultats significatifs.

L'outil le plus pratique pour ce type de contrôle est le microtest digital:



-Microtest à lecture digitale -

Le principe de ce type d'appareil repose sur l'induction magnétique (supports ferreux) ou sur la mesure du courant de Foucault (support non ferreux).

D'une précision de l'ordre de 0.1 micron dans la gamme de 0 à 200 microns, il mesure la variation du flux magnétique ou l'intensité du courant induit en fonction de la distance qui sépare la sonde du substrat (épaisseur de peinture). Une pile de 9 V assure l'alimentation de l'appareil.

Nota: Il est souhaitable de sélectionner un modèle doté d'une sonde reliée par un fil extensible.

Certains appareils permettent la mesure sur support ferreux et non ferreux.

Le mode opératoire est le suivant:

Compte tenu de la rugosité du support, il faudra, avant d'utiliser le microtest, régler le zéro sur la bouée décapée (prendre la moyenne d'au moins trois points ou plus si l'état de surface le justifie), et non pas sur la cale d'étalonnage fournie par le fabricant. Il suffit ensuite de mesurer, point par point, en se gardant de faire glisser la sonde sur la surface à tester (la sonde est relativement fragile).

D. LES CONDITIONS CLIMATIQUES

Qu'il s'agisse du décapage, de la métallisation ou de l'application des différentes couches du système de peintures, les conditions de température et d'hygrométrie rencontrées pendant ces travaux (y compris les phases de séchage), jouent un rôle déterminant sur le plan de la qualité.

D.1. Notion de point de rosée

Le point de rosée correspond à la température à laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air en un lieu donné et à une pression donnée, devient saturée (HR=100%, condensation).

D.2. Degré hygrométrique ou humidité relative (HR)

Cette grandeur exprime en pourcentage, la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air humide par rapport au maximum contenu à saturation à la même température.

Exemple:

A 20 °C, une masse de 0.5 kg d'air peut contenir à saturation 7.4 g de vapeur d'eau. La même masse d'air qui ne contiendrait que 6 g de vapeur d'eau aurait une humidité relative de :
 $HR=(6/7.4)\times 100 \cong 81\%$

Les paramètres d'hygrométrie et de température sont nécessaires au calcul du point de rosée, valeur qui, augmentée de 3 °C, détermine la température minimale de l'acier pour éliminer le risque de condensation.

D.3. Calcul du point de rosée

D.3.1. La prise en compte des paramètres :

Pour calculer le point théorique d'apparition de la condensation à la surface du subjectile, il faut:

- connaître la température ambiante \Rightarrow Thermomètre à mercure ou thermomètre digital (précision requise $\pm 0.5^\circ\text{C}$),
- connaître la température de surface de l'acier \Rightarrow Thermomètre fixé par aimantation ou thermomètre digital (ce dernier permet une lecture directe d'une précision de $\pm 0.5^\circ\text{C}$),
- l'humidité relative \Rightarrow psychromètre à aspiration, ou hygromètre à lecture digitale (le psychromètre à aspiration étant l'instrument de référence de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale - O.I.M.L.),

D.3.2. Un exemple de calcul :

Pour les paramètres suivants :

- Hygrométrie : 80 %
- Température ambiante : 14 °C

T° de l'air	Humidité relative de l'air								
	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %
5	-4,1	-2,9	-1,8	-0,9	0,0	-0,9	1,8	2,7	3,6
6	- 3,2	- 2,1	- 1,0	- 0,1	0,9	1,8	2,8	3,7	4,5
7	- 2,4	- 1,3	- 0,2	0,8	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5
8	- 1,6	- 0,4	0,8	1,8	2,8	3,8	4,7	5,6	6,5
9	- 0,5	0,4	1,7	2,7	3,8	4,7	5,7	6,6	7,5
10	0,1	1,3	2,6	3,7	4,7	5,7	6,7	7,6	8,4
11	1,0	2,3	3,5	4,6	5,6	6,7	7,6	8,6	9,4
12	1,9	3,2	4,5	5,6	6,6	7,7	8,6	9,6	10,4
13	2,8	4,2	5,4	6,6	7,6	8,6	9,6	10,6	11,4
14	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4
15	4,7	6,1	7,3	8,5	9,5	10,6	11,5	12,5	13,4
16	5,6	7,0	8,3	9,5	10,5	11,6	12,5	13,5	14,4
17	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3

18	7,4	8,8	10,2	11,4	12,4	13,5	14,5	15,4	16,3
19	8,3	9,7	11,1	13,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3
20	9,3	10,7	12,0	13,3	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3
21	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3
22	11,1	12,5	13,8	15,2	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3
23	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,4	19,4	20,3	21,3
24	12,9	14,4	15,7	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3
25	13,8	15,3	16,7	17,9	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2
26	14,8	16,2	17,6	18,8	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2
27	15,7	17,2	18,6	19,8	21,1	22,2	23,2	24,3	25,2
28	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2
29	17,5	19,1	20,5	21,7	22,9	24,1	25,2	26,2	27,2
30	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2

La lecture de l'abaque simplifié nous donne une température de 10.6 °C, température théorique de point de rosée. Pour se mettre à l'abri du risque d'apparition de la condensation en surface, la bouée devra avoir une température minimum de 13.6 °C (10.6°C+3°C).

E. LES COULEURS NORMALISEES

Les teintes recommandées pour le balisage sont référencées en couleurs AFNOR. Le tableau suivant précise les références de chacune des teintes retenues ainsi que leurs caractéristiques colorimétriques. Les teintes normalisées par le Service Technique ne s'accompagnent pas de tolérances colorimétriques.

Famille	Teinte	Référence AFNOR (4)	Composantes trichromatiques (1)		
			X	Y	Z
Orangés	Orangé - rouge vif	1160	31.39	18.45	2.75
Verts	Vert vif	2455	9.08	17.09	9.69
Jaunes	Jaune lumineux (2)	1330	61.27	61.66	4.87
	Jaune orangé vif (3)	3310	55.43	50.59	7.56
Noirs	Noir	2603	3.02	3.07	3.67

(1) paramètres obtenus dans les conditions opératoires suivantes:

- géométrie de mesure: normale/diffuse (O/d), composante spéculaire exclue,
- illuminant C

- Observateur de référence colorimétrique: Commission Internationale de l'Eclairage C.I.E. 1931 (2°)

(2) à utiliser pour les marques cardinales.

(3) à utiliser pour les marques spéciales.

(4) le chiffre des milliers signifie: 1 brillant, 2 satiné, 3 mat.

Certains fabricants et la quasi totalité des revendeurs de peintures, font en priorité référence à une norme allemande (nuancier RAL). Il n'existe pas de correspondance exacte entre la norme allemande et la norme française.

Teintes	Couleurs normalisées AFNOR X-08-002	Couleurs RAL <u>les moins éloignées</u>
---------	--	---

Noir mat	2603	9005
Orangé-rouge vif	1160	2002
Jaune lumineux	1330	1021
Jaune-orangé vif	3310	1003
Vert vif	2455	6024

Nota: les références AFNOR et RAL de l'orangé-rouge vif ne sont pas conformes aux recommandations de l'AIMS.

Lors de toute commande, on devra préciser les références AFNOR des peintures souhaitées, éventuellement accompagnées des composantes trichromatiques. Des formulations spécifiques pourront bien souvent être disponibles sous 48 heures, sans majoration de prix.

Il s'agit là bien évidemment des peintures de finition de la partie émergée, les teintes de finition de la partie immergée n'étant pas normalisées. Il convient toutefois de ne pas laisser la place à une ambiguïté d'interprétation de la marque (gîte de la bouée).

Aussi, si le noir ou le gris foncé peuvent convenir parfaitement, il faudra éviter en particulier le rouge couramment employé dans les peintures anticorrosion (les pigments d'oxyde de fer, inhibiteurs de corrosion, sont de teinte rouge).

Par ailleurs, lors du choix des différentes composantes du système de peintures, on veillera à sélectionner des teintes facilement recouvrables pour la ou les couches intermédiaires (Exemple: le pouvoir opacifiant du jaune étant relativement faible, il sera judicieux de sélectionner une teinte claire en sous-couche).

3. RENOVATION PARTIELLE D'UNE BOUEE

Suivant le degré de dégradation du système de peintures, une rénovation partielle de la bouée peut être suffisante.

Les travaux de rénovation peuvent varier suivant le type de défaut (corrosion déclarée ou simple défaut d'aspect) et la nature des traitements antérieurs.

1^{er} cas de figure : simple défaut d'aspect :

Un nettoyage à l'eau à haute pression (100 bars), sur le baliseur, peut suffire lorsque les défauts d'aspect proviennent de déjections animales ou d'une colonisation par les algues.

Par contre si la peinture de finition est en cause (problème de teinte, d'adhérence ...), le retour sur parc s'impose. Dans ce cas on pourra procéder au décapage sélectif de la bouée.

Par décapage sélectif on entend une projection d'abrasifs (sur la couche de finition), sans détérioration des sous-couches. L'opération sera suivie d'un dépoussiérage et de l'application d'une ou deux couches de peinture de finition.

2^{ème} cas de figure : corrosion déclarée

Le retour sur parc est indispensable. Le décapage sélectif évoqué précédemment devra être plus poussé. En présence de sous-couches jugées insuffisamment adhérentes et/ou cohérentes (cf. "Choix d'un système - cas particulier des peintures dites tolérantes"), l'opérateur devra opter pour une rénovation complète. Dans la négative, le traitement pourra être le suivant:

- décapage sélectif par projection d'abrasifs (granulométrie - cf 2-1 2 "Décapage par projection d'abrasifs") suivi d'un dépoussiérage,
- renforcement ponctuelle ou reconstruction ponctuelle à l'aide d'une peinture anticorrosion des zones de faiblesse mises en évidence lors du décapage sélectif,
- application d'une couche de renforcement anticorrosion sur l'ensemble du support (cette couche favorisera également l'adhérence de la couche de finition),
- application de la peinture de finition.

Toutefois, considérant que les résultats obtenus avec un décapage sélectif sont aléatoires, **il ne faudra pas escompter après ce type de traitement une durée de service en mer supérieure à quatre années.**

COMPATIBILITE DES PEINTURES :

Les peintures utilisées en matière de protection anticorrosion évoluent. Lors de la reprise d'un système de peintures sur des anciens fonds, il est intéressant de connaître la compatibilité des différentes résines entre elles.

Le tableau représenté ci-après n'est pas exhaustif, mais reprend les principales résines employées, ou l'ayant été, par les services du littoral. En cas de doute, il convient d'obtenir du fournisseur l'assurance de la compatibilité des produits utilisés.

(note pour mise en page par GS : insertion du tableau de novembre 95 en veillant à le présenter à l'endroit).

Pour faciliter les choix et optimiser les investissements, la connaissance de la bouée à traiter est indispensable. Il est donc vivement recommandé de tenir un journal de chantier sur lequel devront figurer au minimum, avant retraitement, les informations suivantes:

- Le numéro d'identification de la bouée,
- Le numéro du dernier E.S.M. d'affectation,
- La présence ou non d'une métallisation (nature et épaisseur de l'alliage ou du métal d'apport),
- Les composants du système de peintures (types de résines, désignation des produits, épaisseurs sèches, localisation des couches dans le système),
- La nature des principaux défauts observés (type de corrosion, type de salissures, localisation des défauts...),
- La date du dernier traitement,
- Les noms des opérateurs (éventuellement).

4. TRAITEMENT D'UNE BOUEE NEUVE

Si un système complet n'a pas été commandé, les bouées neuves reçoivent en usine, un primaire dit "primaire d'atelier ou d'attente". Ce traitement a pour but essentiel de prévenir la venue de la corrosion le temps nécessaire à la vente puis à l'expédition chez le client.

Il sera donc essentiel de se procurer dès réception de la bouée, la fiche technique de la peinture appliquée en usine. Suivant les caractéristiques de cette dernière, on pourra soit:

1. compléter le système par un système que l'on sait compatible,
2. recouvrir le primaire d'une couche écran et compléter le système de peintures,
3. décaper la bouée pour repartir sur des bases connues (profil de rugosité correct, compatibilité certaine des produits).

Dans les deux premiers cas, l'on aura pris soin, avant d'appliquer de nouveaux produits, de dégraisser puis de rincer le support.

5. CONDITIONS D'HYGIENE ET DE SECURITE

Les conditions d'hygiène et de sécurité font l'objet d'une réglementation adaptée aux différentes techniques modernes de mise en oeuvre des produits qui ont pour caractéristique commune leur nocivité plus ou moins grande (abrasifs et peintures).

Compte tenu de la diversité des produits présents sur le marché et des évolutions constantes dont ils font l'objet, on consultera de façon systematique le médecin de prévention et l'animateur "hygiène et sécurité" avant toute commande ou mise en oeuvre de nouveaux produits.

Ils devront également être associés, dans la phase d'étude, à tout projet de modification des infrastructures de mise en oeuvre des produits.

6. DOCUMENTS DE REFERENCE

Normes ISO:

- ISO 8501 : Evaluation visuelle de la propreté d'un sujetile.

Normes AFNOR:

- NF E 05-015 : Etats de surface des produits - Terminologie, définitions.
- NF E 05-051 : Etat de surface des produits - Moyens de mesure - Echantillons de comparaison viso-tactiles.
- NF T 30-004 : Peintures - Vocables ou expressions impropres.
- NF T 30-124 : Détermination de l'épaisseur du feuil sec - Méthode non destructive à flux magnétique.
- NF T 30-125 : Détermination de l'épaisseur du feuil frais - Méthode de la jauge à peigne.
- NF T 35-502-4 : Evaluation de la propreté d'une surface à peindre - Probabilité de condensation.
- NF T 36-001 : Dictionnaire technique des peintures et des travaux d'application.
- NF T 36-005 : Classification des peintures et des produits connexes.
- NF A 50-411 : Aluminium et alliage d'aluminium - Produits filés et filés étirés d'usage général.
- NF A 55-101 : Zinc en lingots.
- NF A 91-201 : Revêtements métalliques - Métallisation au pistolet (zinc, Aluminium et alliage des deux).

Ministère:

- Circulaire n° 95-2 du 3 mars 1995 : Homologation pour la protection des ouvrages métalliques contre la corrosion.
- Fascicule spécial n° 86-6 bis : Cahier des Clauses Techniques Générales - Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion (Mise à janvier 1992).
- Guide technique ISSN 1151-1516 : Remise en peintures des ouvrages métalliques anciens - échelle d'avivage (Novembre 1993).

Autres supports bibliographiques:

- Projet de directive européenne sur la limitation de l'émission de composés organiques volatils : exposé de la Fédération des Industries de Peintures Encres et Colorants (FIPEC) - "les entretiens du SITS 1997".
- "L'aluminium et la mer ": PECHYNEY-RHENALU (1993).
- "Le traitement de surface par impact" : Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM - 1995).

Documentations techniques diverses : sociétés BITUMASTIC, KREMLIN, NABER-MEYER, FREITAG-LA SEIGNEURIE, NORDSON.

