Commune de Bormes-les-Mimosas (83)



Projet de requalification du site du Cap Blanc

Cahiers des Clauses Techniques et Particulières

Lot 2 – Métalleries extérieures

Maitre d'Ouvrage et maîtrise d'œuvre : Conservatoire du Littoral

Assistant à maitrise d'ouvrage :

ALEP paysagistes
La Glaneuse, Avenue Philippe de Girard, 84160 Cadenet
Tél : 04 90 68 88 84 - contact@alep-paysage.com

Gestionnaire : Association Amicale des Propriétaires du Cap Bénat

1. PRESENTATION DU SITE

Le Conservatoire du littoral a bénéficié du transfert de propriété de près de 7 hectares d'anciens terrains militaires situés au Cap Blanc. Ce site, localisé en limite de zone résidentielle, abrite plusieurs ensembles bâtis témoignant de différentes périodes d'occupation militaire : un fortin du XIXe siècle ainsi qu'un ensemble de constructions plus hétérogènes datant du début du XXe siècle jusqu'à la Seconde Guerre mondiale.

Le site est accessible depuis la Route du Phare, située au cœur du lotissement privé du Cap Bénat.

Le site présente une forte sensibilité environnementale et paysagère, attestée par de nombreuses mesures de protection et d'inventaire, notamment au titre des ZNIEFF, du réseau Natura 2000 et du site inscrit. La zone marine adjacente est par ailleurs comprise dans l'aire d'adhésion du Parc national de Port-Cros.

Préalablement à toute intervention, le site a fait l'objet d'opérations de dépollution ainsi que d'une recherche de charges explosives sur une profondeur comprise entre 30 et 40 cm aux abords des bâtiments et des principaux cheminements.

Le Cap Blanc se compose de deux secteurs distincts :

- Le fortin, également désigné dans les sources historiques sous les appellations de « tour crénelée » ou de « tour-réduit », constitue l'élément patrimonial emblématique de la partie basse du site,
- La partie haute est desservie par un réseau de sentiers permettant d'accéder aux vestiges du complexe militaire édifié au cours de la première moitié du XXe siècle.

Une première phase d'intervention a été engagée en 2025 afin de traiter les enjeux les plus urgents du site. Ces travaux ont notamment porté sur :

- La préservation du patrimoine naturel floristique,
- Le nettoyage du site et certaines démolitions,
- La mise en sécurité du bunker et de la partie nord du site,
- Les premières opérations de valorisation du fortin.



2. Présentation de la cuve radar

Les ouvrages situés à l'extrémité sud du Cap Blanc, la tour crénelée de 1846, le blockhaus et la cuve radar sont aujourd'hui fermés au public mais demeurent visibles depuis le sentier littoral.

La cuve radar constitue l'un des principaux vestiges militaires conservés sur la partie sud du site. Construite durant la Seconde Guerre mondiale, probablement en 1941, elle accueillait un radar allemand de type Seetakt FuMO 2 destiné à la surveillance des approches maritimes et aériennes.

Implantée sur un promontoire rocheux dominant la mer, à proximité immédiate du fortin, elle bénéficie d'une situation exceptionnelle offrant des vues panoramiques sur le littoral, les falaises du Cap Blanc et les îles d'Hyères. L'ouvrage constitue aujourd'hui l'un des témoins les plus significatifs de l'occupation militaire du site durant la Seconde Guerre mondiale.

Description de l'ouvrage

L'édifice présente un plan polygonal irrégulier de forme globalement octogonale. Il est construit en maçonnerie de pierres locales liées au mortier. Le recours à des matériaux extraits à proximité immédiate du site répondait à la fois à des considérations pratiques de construction et à une volonté probable de limiter l'impact visuel de l'ouvrage dans son environnement naturel.

Les murs périphériques, d'une épaisseur proche d'un mètre, présentent un léger fruit et sont percés de plusieurs ouvertures correspondant aux anciennes baies de tir et accès techniques.

L'ouvrage est globalement conservé dans son intégralité. Le sol intérieur est constitué d'une dalle en béton brut occupant l'ensemble de l'emprise de la cuve.

État sanitaire

Les maçonneries présentent un état sanitaire satisfaisant malgré plusieurs désordres localisés liés à leur ancienneté et à leur exposition aux conditions maritimes.

Les principaux désordres observés concernent :

- Des fissurations ponctuelles des maçonneries,
- La dégradation localisée de certains joints,
- L'altération superficielle de certains parements,
- Le développement de végétation spontanée sur les ouvrages,
- La présence de dépôts de terre et de végétation rudérale à l'intérieur de la cuve,
- Plusieurs fissurations de la dalle béton intérieure.

Les études géotechniques réalisées en 2026 ont mis en évidence l'implantation de l'ouvrage sur un substratum rocheux sain constitué de formations gréso-schisteuses du massif des Maures.

Aucun désordre structurel majeur susceptible de compromettre la stabilité générale de l'ouvrage n'a été identifié à ce stade. L'état général de conservation de la cuve est considéré comme satisfaisant au regard de son ancienneté et de son exposition aux conditions climatiques et maritimes.

Le relevé topographique réalisé en mars 2026 met en évidence une plateforme relativement plane autour de l'ouvrage, située entre les cotes NGF 47,00 m et 48,50 m environ, en limite immédiate des falaises du Cap Blanc.

Intérêt patrimonial et paysager

La cuve radar constitue l'un des derniers témoignages conservés du dispositif militaire mis en place sur le Cap Blanc durant la Seconde Guerre mondiale.

Son implantation sur un point haut dominant le littoral lui confère également un intérêt paysager remarquable. Depuis ses abords, les vues s'ouvrent largement sur les falaises du Cap Blanc, la mer Méditerranée et les îles d'Hyères.

L'environnement immédiat est caractérisé par une végétation basse méditerranéenne ponctuée de secteurs plus densément boisés. Les opérations récentes de suppression des espèces invasives et de démolition des constructions annexes ont permis de dégager les abords de l'ouvrage et de renforcer la perception du paysage.

La plateforme sur laquelle est implantée la cuve constitue aujourd'hui un point haut topographique bénéficiant d'un potentiel de valorisation exceptionnel.

Enjeux du projet

Compte tenu de son intérêt patrimonial, historique et paysager, la cuve radar est conservée dans le cadre du projet.

Les travaux projetés visent à permettre son appropriation par le public à travers la création d'un belvédère intégré à la structure existante, tout en préservant les caractéristiques architecturales et la lisibilité historique de l'ouvrage.

L'intervention repose sur trois principes fondamentaux :

- La conservation maximale de l'ouvrage historique,
- La réalisation de travaux ponctuels de cristallisation et de confortement des maçonneries (hors lot),
- La création d'un belvédère permettant la découverte du patrimoine militaire et des paysages littoraux du cap blanc.

Les interventions rechercheront le maintien maximal de la matière historique existante et l'intégration la plus discrète possible des aménagements contemporains.

3. Description et consistance des travaux

3.1. Consistance des travaux

Les travaux du présent lot comprennent : La fabrication et la pose de l'ouvrage

- Les plans de fabrication avec tous les détails nécessaires à l'exécution des ouvrages ainsi que les notes de calculs ayant servi à leur établissement.
- La fourniture d'échantillons des matériaux et des finitions proposées.
- La fourniture de matériaux nécessaires à leur exécution.
- La fourniture et la pose de quincailleries portant le label S.N.F.Q.
- Les traitements et protections des matériaux imposés par les DTU ou le présent CCTP.
- La pose des divers ouvrages, leur calage d'aplomb et de niveau.
- Les trous, percements et scellements nécessaires à la fixation des ouvrages.
- La fabrication en atelier, le transport à pied d'œuvre, le stockage des ouvrages.
- Les scellements, rebouchages, raccordements, calfeutrements nécessaires à une parfaite exécution.
- La protection de tous les ouvrages jusqu'à la réception.
- Le nettoyage de tous ces ouvrages jusqu'à la fin du chantier.

Il est formellement entendu que l'entrepreneur ayant pris connaissance des plans, coupes, élévations et du présent CCTP, exécutera tous les travaux décrits ou non, nécessaires à la construction dans ses détails et à la bonne réalisation entière et totale des ouvrages sans restriction, ni réserve.

Avant tous travaux l'entrepreneur devra fournir, à sa charge, au Maître d'œuvre les plans d'études et d'exécution de tous les travaux.

3.2. Principe du projet et niveau de définition des études

Le projet retenu prévoit la création d'un belvédère intégré à la cuve radar permettant la découverte du patrimoine militaire du Cap Blanc ainsi que des panoramas littoraux environnants.

Le principe général de l'aménagement, son implantation, son organisation spatiale et les matériaux envisagés sont définis dans les pièces du présent dossier.

Toutefois, les études de projet (PRO) et les études structure définitives sont en cours de finalisation. Les plans d'exécution, notes de calcul, détails constructifs et dimensionnements définitifs seront transmis au titulaire du marché avant le démarrage des travaux.

Les documents graphiques joints au présent dossier présentent le principe d'aménagement retenu et permettent aux candidats d'apprécier la nature, l'importance et la consistance des travaux à réaliser. Les dimensions, sections et détails constructifs définitifs pourront faire l'objet d'ajustements dans le cadre des études de projet, sans remettre en cause l'économie générale de l'opération ni le principe architectural retenu.

Les candidats sont réputés avoir pris connaissance de ces éléments lors de l'établissement de leur offre et intégreront dans leur prix l'ensemble des prestations nécessaires à la réalisation complète de l'ouvrage tel que défini par les études en cours de finalisation.

3.3. Travaux préparatoires

Les travaux comprennent l'ensemble des installations nécessaires à la réalisation du chantier :

- Installation et repli de chantier,
- Amenée et évacuation du matériel,
- Protection des maçonneries existantes,
- Repérage et implantation des ouvrages,

Compte tenu de la sensibilité patrimoniale et environnementale du site, les emprises de chantier devront être limitées au strict nécessaire.

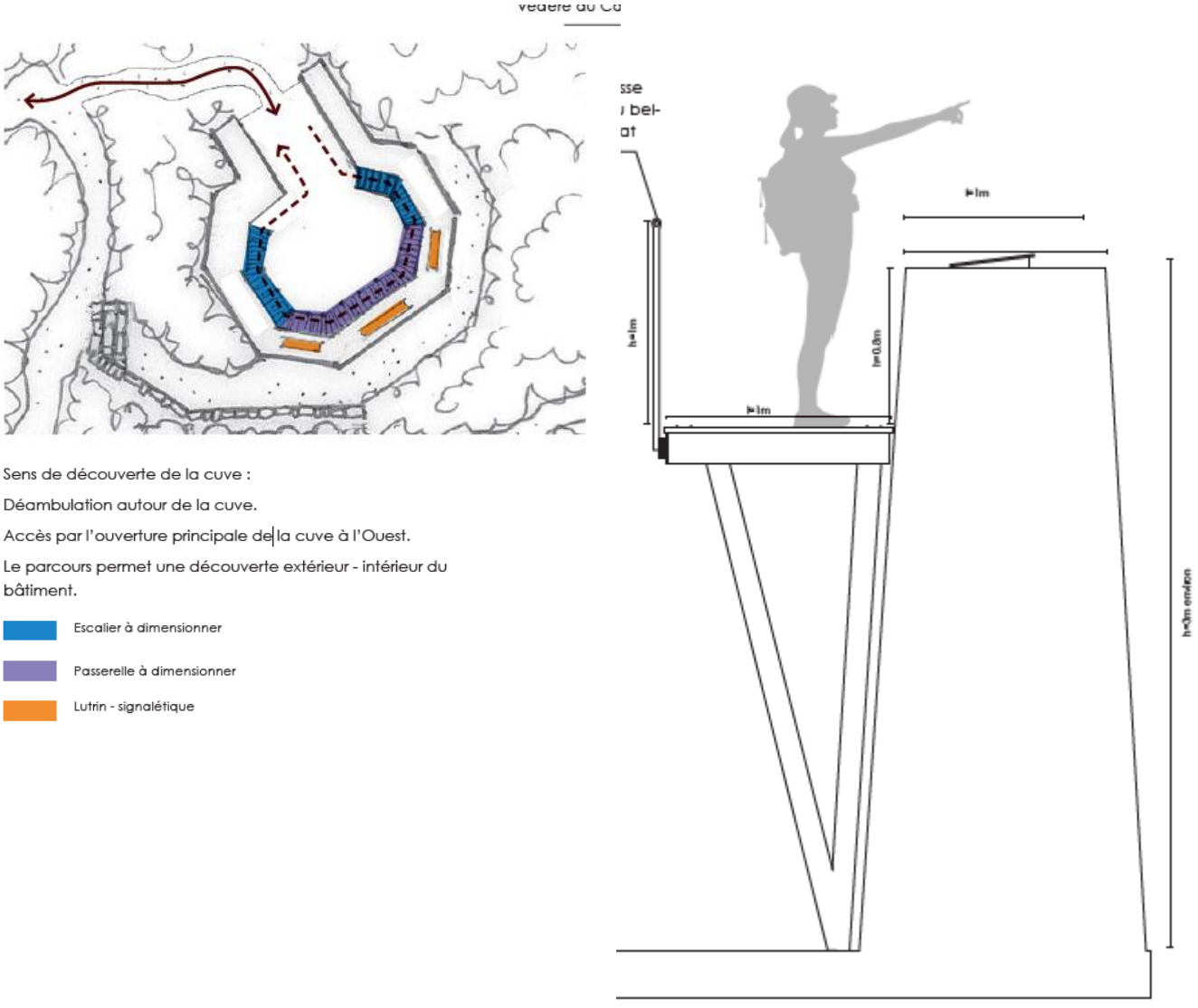
3.4. Réalisation du belvédère

Le projet comprend la création d'un belvédère autoportant intégré à l'intérieur de la cuve radar.

L'aménagement est conçu sous la forme d'une passerelle périphérique permettant une découverte progressive de l'ouvrage et des panoramas environnants.

Le parcours est organisé en sens unique et comprend :

- Un escalier d'accès,
- Une passerelle périphérique,
- Un escalier de sortie,
- Plusieurs espaces d'arrêt permettant la lecture du paysage et du patrimoine (hors lot).



3.4.1. Caractéristiques géométriques de principe

Les caractéristiques actuellement retenues sont les suivantes :

- Largeur utile de la passerelle : environ 1,00 m ;
- Hauteur des marches : environ 18 cm ;
- Giron des marches : entre 25 et 29 cm ;
- Hauteur minimale conservée des parapets existants : 80 cm.

Ces dimensions sont données à titre indicatif et pourront être ajustées dans le cadre des études de projet et des études d'exécution, sans remise en cause du principe général de l'aménagement.

3.4.2. Structure métallique

Le belvédère sera constitué d'une structure porteuse métallique autoportante permettant de ne pas avoir d'interventions sur l'ouvrage historique et de préserver la lisibilité architecturale de la cuve radar.

La structure comprendra notamment :

- Les poteaux métalliques implantés prioritairement dans les angles de la cuve,
- Les poutres porteuses,
- Les limons d'escaliers,
- Les éléments de contreventement,
- Les dispositifs d'ancrage dans la dalle en béton,
- Les assemblages et pièces de liaison nécessaire à la stabilité de l'ouvrage,
- Les supports du platelage.

La conception de l'ouvrage recherchera la plus grande légèreté visuelle possible afin de préserver la perception de la cuve radar et des panoramas environnants. Les dispositifs porteurs seront implantés de manière à limiter leur impact visuel depuis l'intérieur de l'ouvrage et depuis les abords du site.

La structure sera conçue de manière à être totalement indépendante des maçonneries historiques. Aucun élément porteur ne prendra appui sur les murs de la cuve radar.

Les dispositifs de fixation de la structure seront définis dans le cadre des études de projet et des études d'exécution, sur la base des calculs du bureau d'études structure et des données géotechniques disponibles.

Le principe retenu repose sur une structure autoportante dont les appuis seront réalisés exclusivement au niveau de la dalle de fond de la cuve radar. Aucun ancrage, scellement ou fixation ne sera autorisé dans les maçonneries historiques, les parements, les couronnements ou les élévations de l'ouvrage existant.

Les interventions sur la dalle existante seront limitées au strict nécessaire et devront rechercher le maintien maximal des matériaux en place.

L'ensemble des éléments métalliques constituant le belvédère (structure porteuse, escaliers, garde-corps, platelage, pièces de liaison et accessoires) sera réalisé en acier galvanisé à chaud conformément à la norme NF EN ISO 1461.

Après galvanisation, l'ensemble des éléments métalliques fera l'objet d'un thermolaquage de finition.

La teinte retenue devra se rapprocher au maximum de l'aspect d'un acier brut patiné et assurer une intégration discrète dans l'environnement naturel et patrimonial du site. À titre indicatif, la teinte de référence est le Mars 2525 de la collection Futura Interpon (Akzo Nobel) ou tout produit équivalent validé par le maître d'ouvrage.

Les fixations apparentes seront obligatoirement traitées, peintes ou thermolaquées dans une teinte identique ou proche de celle de l'ouvrage. Aucun élément de fixation apparent en inox brut, galvanisé gris ou présentant un contraste visuel marqué avec la finition marronne de l'ouvrage ne sera accepté.

3.4.3. Platelage

Le platelage du belvédère sera constitué de lames métalliques fixées sur la structure porteuse. Les lames devront présenter :

- Une excellente résistance à la corrosion en environnement marin,
- Des caractéristiques antidérapantes compatibles avec un usage public,
- Une résistance adaptée aux sollicitations du public,
- Une bonne évacuation des eaux pluviales,
- Une faible sensibilité aux opérations d'entretien.

Le dessin, les dimensions, l'espacement et les systèmes de fixation seront définis dans le cadre des études de projet et des études d'exécution. Une attention particulière sera portée à la finesse des éléments afin de préserver la légèreté visuelle de l'ouvrage et son intégration au sein de la cuve radar.

La distance entre le platelage et les maçonneries existantes devra être adaptée aux irrégularités de l'ouvrage historique et définie après relevés précis du site.

3.4.4. Escaliers

Le projet comprend la réalisation d'un escalier d'accès et d'un escalier de sortie permettant la circulation du public au sein du belvédère.

Les escaliers seront réalisés en structure métallique et intégrés à l'architecture générale de l'ouvrage.

Les caractéristiques géométriques de principe actuellement retenues sont les suivantes :

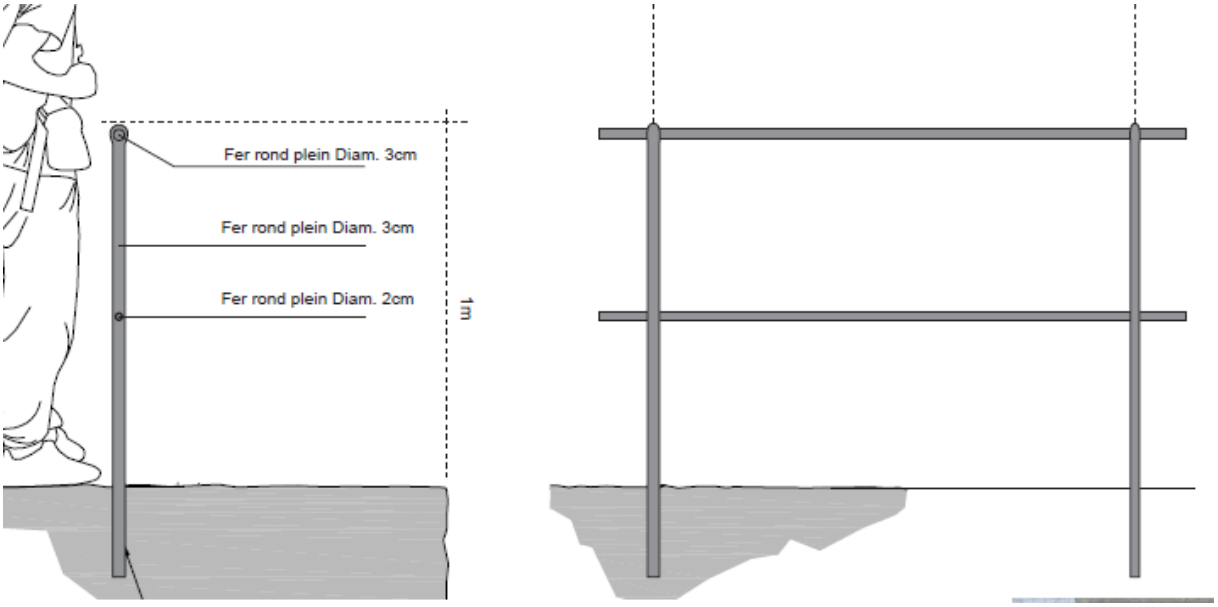
- Hauteur de marche : environ 18 cm ;
- Giron : entre 25 et 29 cm.

Le dimensionnement définitif sera précisé dans le cadre des études de projet et des études d'exécution.

Les marches seront constituées de lames métalliques similaires à celles mises en œuvre sur le platelage afin d'assurer une cohérence architecturale de l'ensemble. Le dessin des escaliers recherchera la plus grande légèreté possible tout en garantissant la stabilité de l'ouvrage et le confort d'usage des visiteurs. Les dispositifs de fixation devront être conçus de manière à limiter les impacts sur l'ouvrage existant et à préserver au maximum les matériaux historiques.

3.4.5. Garde-corps

Les garde-corps accompagneront l'ensemble du parcours du belvédère et participeront à l'identité architecturale de l'aménagement. Leur dessin reprendra le vocabulaire développé sur les autres aménagements réalisés au Cap Blanc et notamment celui des lisses hautes mises en œuvre autour du fortin et des autres dispositifs de mise en valeur du site.



Les garde-corps seront constitués :

- De poteaux métalliques fixés à la structure porteuse ;
- D'une main courante métallique ;
- D'un remplissage réalisé au moyen de barreaux verticaux en acier rond de diamètre 10 mm ou équivalent.

L'espacement des barreaux, la hauteur des garde-corps et l'ensemble des caractéristiques mécaniques devront être conformes à la réglementation en vigueur applicable aux ouvrages ouverts au public.

Le dessin recherché devra privilégier la finesse des éléments, la transparence des vues et une intégration discrète dans le site.

Le dimensionnement définitif des garde-corps sera établi dans le cadre des études d'exécution et soumis à validation de la maîtrise d'œuvre.

3.5. Contraintes et normes

3.5.1. Contraintes environnementales

Les travaux se déroulent dans un environnement naturel sensible. L'entreprise limitera strictement ses emprises aux zones de travaux. Toute intervention en dehors des chemins existants, bâtiments et abords devra faire l'objet de validations préalables.

Une attention particulière sera portée :

- à la préservation des arbres existants,
- à la protection des systèmes racinaires,
- à la limitation du tassement des sols

Les travaux auront lieu à partir de l'automne pour limiter l'impact sur la faune.

3.5.2. Accès chantier et évacuation

Compte tenu du caractère escarpé du site, l'entreprise intégrera dans son offre l'ensemble des moyens nécessaires à l'acheminement du matériel et à l'évacuation des matériaux.

Les accès chantier devront privilégier les cheminements existants.

L'entreprise vérifiera préalablement la faisabilité de ses méthodes d'intervention et ne pourra invoquer ultérieurement les difficultés d'accès pour justifier une demande de rémunération complémentaire.

3.5.3. Normes et règlements

Règlements et normes

Les travaux sont à exécuter conformément à tous les décrets, arrêtés, normes et règlements en vigueur à la date de la remise de l'offre, et en particulier aux documents désignés ci-après (liste non limitative) :

- Les cahiers des charges et les règles de calcul du groupe DTU,
- Les normes françaises AFNOR,
- Les normes UTE dont : C 13.200, C 15.100,
- Les cahiers des clauses techniques générales (C.C.TG.) applicables aux marchés publics des travaux tels que définis par la législation en vigueur et en particulier les fascicules 34.35 et 63,
- La norme NF EN 100-25-5 de mars 2005, pour l'acier Corten,
- Les recommandations sur la sécurité des travailleurs.

Les matériaux et produits utilisés répondent aux prescriptions des normes françaises homologuées et enregistrées les concernant.

L'emploi de matériaux non définis par la normalisation est soumis à leur acceptation par le maître d'œuvre qui est en droit de demander tous les justificatifs techniques, et notamment les procès-verbaux d'essais, nécessaires pour formuler un avis.

Pour les ouvrages pouvant servir de garde-corps et les garde-corps à créer dès que les passages sont à plus de
1.0 m de haut, les normes NF. P 01.012 – NF.P 01.013 et P 06.001 sont applicables.

A. QUINCAILLERIE

La quincaillerie sera de 1ère qualité et conforme aux normes d'essais NF P 20.302 - NF P 20.501 et à la norme de protection contre la corrosion NF P 24.351.

Tous les objets de quincaillerie sont estampillés NF SNQF 1 ou doivent avoir satisfait aux essais imposés au matériel similaire ayant obtenu un label de qualité. L'entrepreneur pourra proposer en variante des matériels de qualité identique. Dans ce cas, des échantillons seront soumis à l'approbation du maître de l'ouvrage et du maître d'œuvre.

Tous les articles de quincaillerie sont mis en place avec le plus grand soin.

Les rivets, vis ou boulons sont bien ajustés et ne dépassent jamais le niveau des fers, de dimensions et de forces en rapport avec l'importance des objets qu'ils sont destinés à fixer.

Les pièces de quincaillerie, ferrures et entailles en métaux ferreux sont imprimées sur toutes les faces, avant d'être posées.

Les ouvrages qui ne sont pas jugés recevables, soit comme fourniture, soit comme pose, sont immédiatement déposés et remplacés.

B. BOULONS

Tous les boulons courants seront zingués. Les boulons sur les parties galvanisées seront eux aussi galvanisés à chaud.

Tous les boulons devront correspondre à la norme NF E 27.005.
Les éclissages courants seront réalisés avec des boulons QUALITE 6-8 au minimum.
Les encastrements seront réalisés avec des boulons HR 8-8 et 10-9 conformes aux normes 27.201 et 27.211, avec des rondelles spéciales et précontraintes suivant les efforts à reprendre.

Les précautions nécessaires à la mise en œuvre de ces boulons (préparation des surfaces à assembler, serrage par clé dynamométrique) devront être prises.

L'entreprise devra obligatoirement produire un certificat de provenance et de conformité des boulons à haute résistance. Les boulons douteux seront refusés, l'entreprise devra justifier de la bonne utilisation des clés dynamométriques employées.
En aucun cas, dans les assemblages boulonnés, la partie filetée ne devra régner au droit d'une section cisaillée. Dans les assemblages normaux, le jeu des trous devra permettre un serrage efficace de l'écrou du boulon (partie plane en contact avec la pièce), faute de quoi, il sera prévu une rondelle de répartition.

C. MISE EN ŒUVRE EN ATELIER

Coupes

Les coupes seront nettes, ébarbées, celles au chalumeau seront dressées et meulées.
Les coupes des cornières, P.C.C. et petits profilés seront faites exclusivement à la meule ou à la tronçonneuse, les bavures seront éliminées par meulage.
Les grugeages devront être rectilignes, le jeu minimum nécessaire au montage des pièces devra être respecté sans toutefois dépasser une tolérance trop importante (aspect des assemblages).

Poinçonnages - Perçages

Les poinçonnages seront francs et ne devront présenter aucun tassement ou déchirure.
Les déformations anormales dues au poinçonnage (voilement des âmes de profilés notamment seront reprises et dressées).
Les trous d'éclissages à haute rigidité (emploi de boulons 8-8 ou 10-9) seront percés et non poinçonnés, les jeux seront ceux préconisés pour ce genre d'assemblage, les bavures de perçage seront éliminées.

Soudures

Les soudures seront conformes aux normes en vigueur, elles seront exécutées par des spécialistes, elles ne devront présenter aucune soufflure ou crique, elles seront débarrassées du laitier par piquage et brossage à la brosse métallique.
Le soudage sera conduit de telle manière qu'il ne provoque aucun décollement lamellaire des pièces soudées et aucune déformation dus au retrait de soudures.
Les soudures bout à bout seront réalisées avec pénétration totale.
Les soudures d'angle seront soit à double cordon extérieur, soit avec pénétration totale (cette dernière disposition devra être limitée aux seuls cas la justifiant).
Toute soudure jugée dangereuse ou défectueuse entraînera le refus de la pièce.

D. ~~D~~FINITIONS

Les pièces devront être livrées parfaitement planes et rectilignes, il sera procédé éventuellement à des opérations de dressage et planage. De même, les profils vrillés ou voilés seront repris dans les mêmes conditions.
Les semelles et patins soudés seront dressés afin de plaquer au montage au moment du serrage des boulons, tous les assemblages à plaquer seront sans jeu sur les bords et notamment dans le cas d'assemblage par boulons à haute résistance dont la finition devra assurer le bon rendement de l'assemblage.

Préparation des supports
Tout support en acier destiné à recevoir un revêtement par peinture ou assimilé sera préparé selon le degré P2, conformément à la norme ISO 8501.

Description	**réparation de surface requise**
Projections de soudure	La surface doit être dépourvue de toutes projections non adhérentes ou faiblement adhérentes
Vague et profil de soudure	La surface doit être meulée pour éliminer les profils irréguliers et les aspérités
Scories	Absence de scories exigée
Caniveaux	Pas de caniveaux étroits et profonds
Arêtes réalisées par usinage	Ebavurage complet avec absence d'arêtes vives
Arêtes et surfaces obtenues par coupage thermique	Les arêtes et surfaces seront traitées de manière à supprimer tous profils irrégulier

Protection des aciers
Protections des aciers par galvanisation:

- Pour les aciers destinés à la galvanisation, les teneurs en silicium et phosphore devront être conformes à la classe 2 de la norme NF A 35-503.

Un certificat de réception 3.1 A ou 3.1 B selon la norme NF EN 10204, lors de la livraison des aciers, confirmera le respect de la présente exigence particulière.

- Protection :

Les ouvrages en acier devront être protégés, contre la corrosion, par galvanisation à chaud de produits finis conformément à la norme NF EN ISO 1461.
Une attestation de conformité aux prescriptions de cette norme devra être fournie.

- Conception des pièces :

La conception et la réalisation des pièces métalliques devront être en conformité avec la norme NF EN ISO 14713 qui précise les précautions nécessaires pour satisfaire une bonne qualité de galvanisation.

- Mise en peinture des aciers galvanisés :

Les aciers galvanisés destinés à la mise en peinture seront préparés par dérochage ou balayage mécanique.
Les peintures utilisées seront spécialement formulées pour ce type de support.

Thermolaquage
La plupart des ouvrages seront thermolaqués après galvanisation (peinture texturée en 3 couches). Teinte à définir avec le maître d'œuvre (teinte Mars collection Futura Interpon D de chez Akzo Nobel ou similaire).

L'ensemble des ouvrages vus devra offrir une homogénéité de teinte.

Pièces déformées
Toute pièce faussée ou déformée pendant le transport ou le montage sera remis en état et redressée.
Dans le cas de ruine d'un élément (pièce tordue ou voilée, ayant dépassé la limite élastique de l'acier), ce dernier sera remplacé.