

CHAPITRE XII : **ASPECT ARCHITECTURAL DU PONT**

Pour répondre aux exigences de l'architecture, notre pont doit concorder avec les six règles suivantes :

Première règle : rapport des dimensions

Deuxième règle : un ouvrage ne doit pas fermer l'espace

Troisième règle : bonne ordonnance de la structure

Quatrième règle : mise en valeur de l'intention structurale

Cinquième règle : intégration de la structure dans son environnement

Dernière règle : aspect final des parements

I. 1. Première règle : rapport des dimensions

Le choix des proportions n'est pas simple et dépend du caractère. Il est fondamental de donner à l'ouvrage de bonnes proportions. En effet, une caractéristique importante de la beauté d'un monument est donnée par l'harmonie de ses proportions dans l'espace : le prédimensionnement général de notre ouvrage a été faite en considérant cette condition. L'épaisseur du tablier de 1,5 m par rapport à celui de l'arc de 3,5 m donne un aspect porteur à l'arc et diffuse une impression de stabilité et de sécurité.

Le tablier de notre pont est de grande portée, ce qui est toujours sujet de problème du fait que la dalle doit donc être relativement épais et reflète une idée de terrain naturel sans relief. La solution est donc la dalle orthotrope, un platelage légère et mince, portée par des câbles, éloignant un aspect de lourdeur au pont.

La question des ouvertures sous un ouvrage, est plus importante. D'une manière générale, les ouvertures de forme voisine du carré sont maladroites, qu'il s'agisse de petits ou de grands ponts. Bien que notre ouvrage s'agit d'un pont en arc sans pile, la partie arrondie sur les deux bords donne à l'ouverture sous pont un air plus équilibrée d'aspect satisfaisant.

I. 2. Deuxième règle : un ouvrage ne doit pas fermer l'espace

La construction en acier rend la structure beaucoup plus transparente et dégage une meilleure visibilité pour l'automobiliste. La présence de l'arc nous dispense des piles et dégage bien

l'espace, elle donne aussi un aspect particulier et rompt la monotonie d'un pont. L'ouvrage ne masque pas le site.

I. 3. Troisième règle : bonne ordonnance de la structure

L'ouvrage est en harmonie avec le site dans lequel il est implanté, et le met en valeur : l'acier donne une apparence bien aérée de l'ensemble et une impression de légèreté.

I. 4. Quatrième règle : mise en valeur de l'intention structurale

Le fonctionnement statique apparent de l'ouvrage est intelligible, l'arc procure une bonne impression de stabilité et tend vers une grande simplicité.

On sent intuitivement la fonction d'utilité de l'ouvrage et la forme qui en découle : en fait, plus on se rapproche du milieu du pont, plus l'arc croît en hauteur, cela illustre une idée simple et claire sur les efforts qui paraissent aussi augmenter dans ce sens, « la forme suit la fonction » pourrait-on dire par cette constatation.

I. 5. Cinquième règle : intégration de la structure dans son environnement

En prenant en considération les grandes dimensions du pont, sa forme va s'imposer dans le milieu, il faut alors une forme qui épousera le site. Le choix de pont coïncide bien avec cette requête. L'arc avec sa forme et sa couleur, en fusion avec la végétation, couronné du reflet éclatant du soleil et de l'ouvrage dans l'eau de la rivière, donnent l'impression d'un arc-en-ciel en pleine nature, formant un ensemble stupéfiant et bouleversant.

I. 6. Dernière règle : aspect final des parements

Un bel ouvrage est avant tout un ouvrage dont l'exécution est soignée. L'intégration du pont dans son environnement dépend largement du choix des matériaux de construction et de la texture des surfaces.

En plus de la texture, la couleur du parement est un élément essentiel de l'effet esthétique global que présentera l'ouvrage lorsqu'il sera réalisé ; les différents types de matériaux ou des composants permettront de jouer sur cet effet.

En outre, on peut faire un jeu de couleur entre l'ouvrage et son environnement : puisqu'il est implanté dans la nature, la couleur rouge doré de l'acier constituant le pont, concrétise l'aspect artistique du pont. L'ensemble de couleur formé par celle qui est rouge du pont, le vert des végétations et le bleu du fleuve forme une complicité méritant de se figurer dans un tableau d'un peintre talentueux.

La beauté du pont n'ayant besoin d'aucun ornement et se suffise à elle-même, sa sobriété lui fait marquer un point. Sa simplicité lui donne une apparence noble et généreuse.

CHAPITRE XIII : PROTECTION ANTI-CORROSION

Comme notre ouvrage est en acier et il est implanté dans une zone corrosive, la corrosion doit faire l'objet d'une étude particulier. En fait, c'est un des problèmes majeurs des ponts métalliques, mais en tenant compte de l'évolution du domaine d'aciérie et en appliquant les recommandations des normes constructives, le problème peut être écarté.

I. Définition

La corrosion est une dégradation des matériaux. En effet, le métal en présence de de dioxygène, d'eau, de dioxyde de carbone ou de gaz polluant, réagit avec (réaction d'oxydation), et donc consommé et donne un produit moins résistant (la rouille). Cette substance, constituée de couche poreuse, laisse passer l'eau et l'air qui peuvent réagir avec le fer en profondeur, jusqu'à ce qu'il soit complètement transformé en rouille.

II. Causes

Elle peut avoir des causes mécaniques comme des frottements ou des causes chimiques. Sa principale cause est le contact du métal avec un environnement corrosif, c'est-à-dire, un milieu saline (zone marine) ou humide.

Certaines circonstances peuvent favoriser une oxydation plus importante. Des conditions de concentration d'oxygène différentes entraînent des réactions mais également de facteurs climatiques locaux tels que :

- L'humidité relative ;
- La température ;
- Le régime des vents et des précipitations ;
- L'alternance des périodes de pluie et de sécheresse ;
- La période initiale d'exposition ;
- Les agents polluants présents dans l'atmosphère ;
- La rosée ;
- Etc.

Dès qu'une structure en fer ou un de ses alliages est à l'air libre et soumise à une forte humidité, les risques d'oxydation et de dégradation sont importants. Ces risques sont majorés par la présence d'eau salée qui accélère le processus d'oxydation.

III. Mesures prises contre la corrosion

III. 1. La galvanisation

Une méthode fréquemment utilisée pour protéger une structure en fer de petite taille, est de la recouvrir d'une couche d'un métal capable de fournir une isolation avec l'extérieur : Soit une fois qu'il est oxydé (Zinc), Soit parce qu'il est plus difficile à oxyder (Chrome). Dans les deux cas, la couche superficielle isole la structure intérieure des contacts avec l'air et l'eau, empêchant la mise en place de la réaction d'oxydoréduction avec le fer.

Cette opération se fait par électrolyse afin d'obtenir une couche homogène. L'acier ainsi recouvert d'une couche de zinc est dit galvanisé. Il est fréquemment utilisé pour les vis, clous et autres objets destinés à être placés à l'extérieur.

III. 2. La peinture

La peinture apporte une protection passive aux surfaces sur lesquelles elle est appliquée. Elle isole le support de l'air extérieur et de l'eau. Il faut toutefois veiller à l'intégrité de la couche de peinture car le moindre interstice permettra à l'oxygène et à l'eau d'être au contact du support et de démarrer la réaction d'oxydoréduction. Le point de rouille initial soulèvera légèrement la peinture autour de lui, permettant à l'oxydation de s'étendre.

III. 3. Mise en place de dispositif anticorrosion (protection active)

Pour des constructions dont le coût est important (ponts, pipeline, plate-forme pétrolière, etc) ou difficile à maintenir (canalisations enterrées, coques de bateau...), des solutions de protection actives sont utilisées. La méthode la plus simple est de relier la structure en fer à une anode d'un métal plus sensible (Aluminium, Zinc, Magnésium, ...) pour que le fer ne serve plus à la fois d'anode et de cathode, mais seulement de cathode. Il ne subira alors plus de transformation et gardera son intégrité structurelle.

Les blocs de métal ainsi ajoutés à la structure sont appelés anodes sacrificielles car elles vont être détruites petit à petit afin de sauvegarder la structure en fer. Il est aussi possible d'attacher les plaques de fer entre elles avec des boulons en cuivre. Le cuivre étant attaqué en premier, il se sacrifiera pour que le fer conserve son intégrité.

III. 4. Utilisation d'acier en résistance améliorée à la corrosion atmosphérique : « l'acier Corten »

C'est cette solution que nous allons recommander à notre construction du fait qu'il est beaucoup plus pratique que les autres citées précédemment.

III. 4.1. Fabrication

Ce type d'acier est défini selon la norme AFNOR (EN 10025-5 :2005), et font également l'objet de la norme NF EN 10025-5 de mars 2005.

L'acier Corten est un acier dit auto-patiné à corrosion superficielle forcée dont la teinte évolue dans le temps.



Figure 115: Phase de vieillissement de l'acier Corten

Depuis longtemps, on s'était aperçu que l'addition de cuivre à de l'acier doux améliorerait sa résistance à la corrosion. Les aciers Corten ont été fabriqué en ajoutant à l'acier un certain nombre d'alliage, tels que P, Cu, Cr, Ni, afin d'en accroître la résistance à la corrosion atmosphérique par la formation d'une couche auto-protectrice d'oxyde sur le métal de base sous l'influence des conditions atmosphériques. Pour ces aciers, les produits de corrosion sont insolubles, compacts et adhérents et peuvent retarder ou même arrêter la progression de la corrosion.

III. 4. 2. Propriétés

Les aciers Corten contiennent essentiellement du cuivre, du phosphore, du nickel et du chrome. L'enrichissement en cuivre de la couche d'oxyde qui se forme en surface au cours du processus de corrosion contribue à former une patine adhérente et compacte. Le phosphore renforce l'action du cuivre et provoque une oxydation régulière sans piqûre ; de plus il favoriserait la « cicatrisation » de blessures de la couche d'oxydes. En présence de soufre, le chrome et le nickel favorisent la formation de sulfates basiques insolubles qui colmatent les porosités de la couche d'oxydes, améliorant ainsi leur étanchéité à l'eau.

III. 4. 3. Résistance à la corrosion

L'enrichissement en cuivre de la couche d'oxyde contribue à la formation de patine adhérente, élastique et compacte qui se forme à la surface de l'acier corten au cours du processus de

corrosion. Le chrome et le nickel provoquent la formation de sulfates basiques insolubles qui colmatent les porosités de la couche d'oxyde et assurent une protection de la surface du métal contre les effets de l'eau et de l'oxygène.

Le silicium a une action favorable sur la résistance à la corrosion de même que, dans une moindre mesure, le phosphore.



Figure 116 :Acier corten en phase primaire de maturation

III. 4. 4. Précaution

A la réception sur chantier du matériau, dans les cas où il n'est pas possible de procéder à la mise en place et/ou l'installation des produits dans les jours suivant leur réception, les produits doivent, sans exception, être retirés de leur emballage, pour permettre leur ventilation et éviter la condensation qui peut perturber le processus de maturation des produits particulièrement dans le cas où ils sont revêtus du traitement anti salissure. On prendra soin lors du déballage de ne pas rayer les produits avec les lames de couteau servant à ouvrir les emballages. Les emballages devront être récupérés et évacués.

III. 4. 5. Entretien et réparation sur l'acier Corten

L'acier corten ne nécessite aucun entretien, car il est capable de restaurer par lui-même une couche oxydée (qui le stabilise et le protège par la suite) au cas où celle-ci serait enlevée (suite à des rayures ou similaire). Durant cette phase, il est possible que la libération d'oxyde de fer induise des coulures rouges aux alentours proches du produit, par conséquent, il est recommandé de ne pas installer ce type de produit sur des revêtements de sol de couleur claire. Dans le cas des produits fournis avec un traitement anti-délavement, il peut être nécessaire de reprendre la couche de protection. Pour les produits dans les zones côtières, il convient d'appliquer une nouvelle couche de protection anti-délavement au moins une fois par an.

CHAPITRE XIV : **EVALUATION FINANCIERE**

Prendre conscience de la situation économique est certes essentiel voire indispensable pour celui qui veut réaliser un projet. Etudier et évaluer les dépenses nécessaires en est une étape incontournable. Ce chapitre consiste à cette étape, une étape qui donne au final le coût total du projet, de l'installation du chantier jusqu'à la mise en service, et aussi le montant nécessaire pour les entretiens. On l'évaluera de façon à ce que les modalités de mise en œuvre correspondent aux règles de l'art et suivent les prescriptions techniques.

I. Modalité d'exécution des travaux

I. 1. Phasage et description

Pour avoir une bonne harmonie dans un travail, il faut bien planifier les tâches. Nous proposerons alors cinq phases pour la réalisation des travaux.

Avant la première phase, nous allons mettre en procédure, une phase préliminaire. Elle peut se dérouler beaucoup de temps avant ou en parallèle avec la première phase. Elle comporte les travaux préparatoires comme la commande des matériaux, les fabrications en atelier et la fabrication des ouvrages auxiliaires.

Phase I : Installation du chantier

Elle consiste à préparer la plateforme pour l'installation des matériels et des travaux provisoires. Une fois la plateforme prête, les matériels sont mis en places.

Phase II : Réalisation des appuis

Pendant cette phase se déroule les travaux de terrassement, le forage par boue bentonitique et exécution des pieux, des semelles. Qui s'en suivent de la réalisation des culées, le compactage du remblai d'accès, la mise en œuvre de la dalle de transition et l'enrochement des semelles des appuis contre l'affouillement.

Phase III : Réalisation de la superstructure

Cette phase commence par l'aménagement du lieu de préparation et de stockage des matériaux. Il y a ensuite la mise en place de la grue. C'est après qu'on procède au montage de l'arc et de la superstructure qui se réalisera le long de la chaussée. Ces travaux ainsi faits, on procédera à la vérification des assemblages et la peinture des éléments sensibles à la corrosion.

La mise en place des appareils d'appuis, de la dalle orthotrope et le revêtement de la chaussée termine la troisième phase.

Phase IV : Finition

La finition comprend la mise en place des équipements : garde-corps, parapets, gargouille, balise et peinture ; le balayage et nettoyage de la zone ; la réception provisoire et le repli de chantier.

Phase V : Entretien

Cette phase ne se passe pas exactement après la quatrième. Elle se déroule de façon régulière dès la mise en service de l'ouvrage jusqu'à la fin de sa durée de vie. En fait, elle concerne la vérification périodique des constituants du pont (appareils d'appuis, câbles, boulons, revêtements, ...) et à remplacer les éléments défectueux au cas où il y en a.

I. 2. Contrôle qualité

I. 2. 1. Béton armé et armature

Tous les matériaux ainsi que la formulation du béton doivent répondre aux exigences du cahier de charge, donc approuvés par le laboratoire de contrôle.

Le montage des aciers doit être conforme aux dessins de ferrailage et le coulage du béton contrôlé pour qu'il soit bien homogène, avec vibration si possible. Les coffrages doivent permettre d'obtenir les formes et les dimensions dans les plans.

I. 2. 2. Les barres en acier

Comme notre ouvrage est une construction métallique, les barres en acier sont les éléments fondamentaux, donc elles doivent être contrôlés strictement. Leurs qualités doivent être confirmées par le laboratoire de contrôle après avoir effectué les essais correspondants.

I. 2. 2. 1. Les assemblages

Les matériaux et les modes d'exécution des assemblages doivent suivre les exigences.

Pour les assemblages par boulonnage, la préparation des surfaces de frottement doit permettre d'atteindre le coefficient de frottement voulu. Les boulons utilisés sont des boulons précontraints, leur serrage doit atteindre la résistance optimale, ni trop fort ni trop faible. Il est préférable d'utiliser une clé dynamométrique étalonnée.

Les assemblages par soudure doit être faits avec les matériaux requis et suivant les épaisseurs exigées.

I. 2. 2. 2. La corrosion

Tout risque de corrosion doit être évité. Vu l'évolution des entreprises en aciérie, la corrosion n'est plus qu'un problème mineur dans la construction métallique.

Les aciers noyés dans le béton ne nécessitent pas de considération particulière.

I. 3. Sécurité et analyse des risques

I. 3. 1. Les risques sur chantier

Un chantier se trouve être le lieu de superposition de nombreux risques. La prévention des risques professionnels concerne le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre mais aussi les personnels du chantier.

Toute phase de construction du pont est sujet de risque, on peut en citer,

- Terrassement, voirie et réseaux : risques d'ensevelissement, de circulation ;
- Fondations et gros œuvre : risques de manutention, de chutes de hauteur ;
- corps d'état techniques : risques mécaniques, électriques, incendies ;
- corps d'état de finitions : risques divers liés au type d'activité.
- Etc. ...

I. 3. 2. Préventions générales

Le chef d'entreprise est le premier acteur de la prévention dans l'entreprise. Ayant le pouvoir de direction, c'est lui, et lui seul, qui peut définir une politique de prévention et mettre en place une organisation de la prévention dans l'entreprise.

Toutefois rien ne garantissent l'absence de risque et un recours ultime peut être :

- Le droit pour un salarié, ou un groupe de salariés, de se retirer d'une situation de travail présentant un danger grave et imminent ;
- L'injonction, à l'employeur, du service prévention de la Caisse régionale d'assurance maladie, de prendre certaines mesures de prévention dans un délai donné ;
- L'arrêt temporaire des travaux par l'inspecteur du travail si une situation dangereuse concerne des risques de chute de hauteur, des risques d'ensevelissement ou des risques à l'occasion d'opérations de retrait ou de confinement de l'amianté.

I. 3. 3. Coordination des opérations

Une opération est constituée par un ensemble de travaux réalisés par plusieurs entreprises en vue de concourir à un même objet. Elle suppose une suite ordonnée d'actes préparatoires antérieurs à la réalisation de l'ouvrage et rassemblés sous l'appellation « conception ».

La réduction des aléas de chantier est, par conséquent, une meilleure efficacité dans le travail qui se traduit par la maîtrise des risques professionnels sur le chantier, mais aussi par l'optimisation des délais et la qualité des ouvrages, passe par une amélioration de la coordination des opérations tant dans la phase de conception que dans la phase réalisation de l'ouvrage.

Pendant l'exécution des travaux, il faut assurer :

- L'utilisation commune des échafaudages, des locaux sanitaires destinés au personnel, etc. ;
- Le maintien en place des protections collectives à haut niveau, d'une manière générale, la coordination des protections collectives pour faciliter le travail de chaque corps d'état ;
- L'utilisation des moyens de levage du gros œuvre ou du lot principal par les entreprises des corps d'état secondaires ;
- Le décalage des interventions d'entreprises différentes pour éviter les travaux superposés.

I. 4. Entretien et surveillance

En général, la surveillance des ponts a pour but de détecter les défauts qui affectent leurs éléments de façon à pouvoir prendre les mesures appropriées pour assurer la sécurité et le confort des usagers et pour conserver le capital investi dans la construction.

La surveillance consiste à effectuer, selon une fréquence établie, une inspection rigoureuse des différents éléments d'un pont : l'inspection générale. Cette dernière est complétée par une inspection de routine plus fréquente : l'inspection sommaire. Ces deux inspections constituent le cœur du programme d'inspection, car elles permettent de faire le suivi des ponts en :

- Signalant leurs déficiences et en prenant les mesures de sécurité qui s'imposent ;
- Recueillant toutes les informations nécessaires pour planifier l'entretien et la remise en état des ponts endommagés.