

# TRAVAUX RELATIFS A LA RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE DES SEUILS AVAL DU FESTON DU RHIN A RHINAU

## DOSSIER DE CONSULTATION DES ENTREPRISES (DCE)

### A3.4 CCTP - FASCICULE 02 ETUDES D'EXECUTION



**INGEROP Conseil et Ingénierie**  
Région Nord-Est – Agence de STRASBOURG  
45 Bld La Fontaine/BP 13051 – 67033 STRASBOURG Cedex 2  
Tél. : +33 3 88 13 60 60 – Fax : +33 3 88 13 60 61  
ingerop.strasbourg@ingerop.com – www.ingerop.fr

0	25/08/2025	Première émission
<i>Indice</i>	<i>Date</i>	<i>Modifications</i>

Etabli par : ME

Vérifié par : NL

Validé par : MV

## SOMMAIRE

<b>CHAPITRE 1. DISPOSITIONS GENERALES</b>	<b>3</b>
ARTICLE 1.01. OBJET DU PRESENT FASCICULE -----	3
ARTICLE 1.02. PROGRAMME DES ETUDES D'EXECUTION -----	3
ARTICLE 1.03. ETUDES D'EXECUTION-----	4
<b>CHAPITRE 2. HYPOTHESES DE CALCUL</b>	<b>13</b>
ARTICLE 2.01. DOCUMENTS DE REFERENCE -----	13
ARTICLE 2.02. ACTIONS ET SOLLICITATIONS-----	15
ARTICLE 2.03. COMBINAISONS D'ACTIONS-----	18
<b>CHAPITRE 3. DIRECTIVES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL</b>	<b>21</b>
ARTICLE 3.01. JUSTIFICATIONS DES OUVRAGES EN BETON ARME -----	21
ARTICLE 3.02. JUSTIFICATION DES EQUIPEMENTS -----	21
ARTICLE 3.03. JUSTIFICATION DES OUVRAGES PROVISOIRES -----	21
ARTICLE 3.04. JUSTIFICATION DES FONDATIONS -----	21
ARTICLE 3.05. JUSTIFICATION ELEMENTS EN BETON ARME -----	23
ARTICLE 3.06. JUSTIFICATION DES BLINDAGES DES FOUILLES -----	24
ARTICLE 3.07. JUSTIFICATION DES BATARDEAUX -----	24
ARTICLE 3.08. JUSTIFICATION DES RIDEAUX DE PALPLANCHES -----	25
ARTICLE 3.09. JUSTIFICATIONS RELATIVES AUX CONSTRUCTIONS AVOISINANTES -----	26
ARTICLE 3.10. REGLES DE JUSTIFICATION DES OUVRAGES EN BETON ARME -----	26
ARTICLE 3.11. REGLES DE JUSTIFICATION PARTICULIERES DES FONDATIONS -----	26

## CHAPITRE 1. DISPOSITIONS GENERALES

### ARTICLE 1.01. OBJET DU PRESENT FASCICULE

Le présent fascicule a pour objet la définition des dispositions s'appliquant aux études d'exécution des ouvrages définitifs ainsi qu'à celles des méthodes et des ouvrages provisoires nécessaires aux travaux du présent marché.

### ARTICLE 1.02. PROGRAMME DES ETUDES D'EXECUTION

Le programme des études d'exécution comprend la liste des documents d'exécution à fournir et le calendrier prévisionnel des études d'exécution (avec date de 1ère diffusion). Ce dernier est présenté de telle sorte qu'apparaissent clairement les tâches critiques et leur enchaînement.

#### 1.02.1. Réunion de démarrage

Il sera prévu une réunion préliminaire de coordination, dite de « démarrage des études » qui permettra au(x) Bureau(x) d'Etudes d'Exécution de commencer l'élaboration des notes d'hypothèses, des notes de calculs et des plans d'exécution.

Cette réunion permettra également au chargé des études d'exécution d'ajuster son programme selon les orientations fixées par le Maître d'Œuvre. Le circuit de transmission des documents sera précisé lors de cette réunion.

#### 1.02.2. Modifications des dispositions contractuelles

Le Titulaire ne pourra apporter de lui-même aucun changement aux dispositions contractuelles sans l'accord écrit du Maître d'Œuvre. Toute demande de modification sera transmise au Maître d'Œuvre par écrit, accompagnée d'une partie économique précisant l'incidence sur le coût de l'ouvrage concerné. D'une façon générale, un ouvrage modifié pour des convenances d'exécution ne pourra coûter plus cher que l'ouvrage initialement projeté.

Au cas où le Titulaire décèlerait des erreurs, omissions ou contradictions, il a l'obligation d'en faire part au Maître d'Œuvre par écrit.

Il est par ailleurs rappelé au Titulaire que toutes les côtes non fonctionnelles fournies sur les plans du marché sont données à titre purement indicatif : elles devront toutes être justifiées, optimisées, rectifiées et validées par le Titulaire dans le cadre de ses études d'exécution.

En cas de modification acceptée, tous les documents existants visés ou non, de même que les notes de calculs correspondantes, devront être immédiatement modifiées et visées pour mise en conformité, et ceci avant exécution des modifications.

#### 1.02.3. Chargé des études d'exécution

Le chargé des études d'exécution nommé par le Titulaire aura la responsabilité directe de l'élaboration et de la mise à jour du programme des études d'exécution (pour toutes les prestations y compris le génie civil, la charpente métallique, les équipements).

Il aura également à sa charge la gestion des interfaces d'études d'exécution et la coordination globale entre les différents domaines (charpente métallique, génie civil, couverture / vitrage, équipements...).

La répartition des études d'exécution et des études des méthodes et des ouvrages provisoires entre le Titulaire (et les cotraitants) est du ressort interne du groupement.

## ARTICLE 1.03. ETUDES D'EXECUTION

### 1.03.1. Généralités

(art. 29.1 du CCAG-T, art. 4.2.1.2.1 du fasc. 65 du CCTG, art. 4.2.1 du fasc. 66 du CCTG)

Le Titulaire aura à fournir un document définissant les bases des études d'exécution relatives à l'ensemble des ouvrages à réaliser.

Ce document rappelle l'ensemble des prescriptions de calcul fournies dans le présent marché et les complète au besoin suivant les propositions techniques du Titulaire. Il précise également les méthodes et moyens de calcul et les bases numériques des calculs. Toutefois, ces propositions ne doivent pas remettre en cause les clauses du marché et seront conformes aux directives de conception et de calcul en vigueur.

L'ensemble du projet est dans le repère « Normal Null » (abrévié mNN). Les différentes pièces listées ci-dessous doivent donc respecter ce système altimétrique et toutes les cotes indiquées dans les plans doivent être dans ce repère altimétrique. Pour rappel, la conversion dans la zone du projet est la suivante :

$$\text{mNN} = \text{NGF IGN69} - 52\text{cm}$$

### 1.03.2. Etudes à réaliser par le Titulaire

#### 1.03.2.1. Préambule

- Remise à jour des plans généraux selon les évolutions ou modifications éventuelles du projet.
- Liste prévisionnelle des notes de calculs et plans.
- PAQ du bureau d'études d'exécution.

#### 1.03.2.2. Note d'hypothèses générales des ouvrages

Note d'hypothèses générales, dont le contenu est le suivant :

- Description générale des ouvrages :
  - Rappel succinct du projet : descriptif, objectif, cadre de l'étude etc...,
  - Géométrie des ouvrages,
  - Extrait de plans des ouvrages projetés.
  - Synthèses des documents de références (notes de calculs et plans d'archives),
- Textes réglementaires et références techniques
  - Normes utilisées,
  - Textes réglementaires et références techniques,
- Caractéristiques des matériaux
  - Principales caractéristiques des matériaux (béton, armatures passives, armatures de précontrainte, aciers pour charpente métallique, coefficient d'équivalence acier/béton, assemblage vis-à-vis de la fatigue, etc).
  - Hypothèses nécessaires à la détermination des caractéristiques,
  - Références aux normes ou guides employés,
- Caractéristiques des sols
  - Caractéristiques mécaniques des sols,
  - Couches de sols de calculs,
  - Références au rapport géotechnique,
- Actions
  - Charges permanentes (poids propre, poids des superstructures)
  - Charges de chantier,
  - Charges d'exploitation,
  - Actions climatiques (vent, variation uniforme de température, gradient thermique, neige, etc),
  - Poussée des remblais,
  - Tassements,
  - Mise en place.

- Sollicitations et combinaisons d'actions
- Justifications et méthodologie des études
  - Présentation de la méthodologie pour les justifications,
  - Justification des ouvrages provisoires,
  - Justification des fondations,
  - Justification des palplanches,
  - Justification des soutènements,
  - Justification des macrorugosités et de leurs fondations,
  - Justification des batardeaux des différentes phases,
  - Justification des équipements,
  - Justification relative aux constructions avoisinantes (seuil),

#### **1.03.2.3. Documents généraux**

- Plan de situation.
- Plan d'implantation de l'ouvrage projeté avec coordonnées d'implantation planimétriques sur les points particuliers (au niveau du tablier et à 10 m de part et d'autre de l'ouvrage).
- Plan d'ensemble définissant les caractéristiques géométriques générales du projet (implantation, coupe transversale, coupe longitudinale, élévations) représenté en intégration avec les éléments environnants :
  - Terrain naturel.
  - Talus, remblais,
  - Obstacle franchi : seuil (avec sens d'écoulement du Vieux Rhin), etc.
- Plans de principe des ouvrages provisoires, matériels spéciaux et matériels de montage.
- Plan de détails (fond de fouille, palplanches, soutènements, radier, macrorugosités et leurs fondations, escalier d'accès, etc.)
- Descente de charge.
- Note de calculs des fondations de type semelles superficielles pour l'accès à la passe à poissons.
- Note de calcul du butonnage provisoire,

#### **1.03.2.4. Terrassements – Chaussées**

- Vue en plan, indiquant l'emprise des terrassements, la pente des talus, les niveaux de fond de fouille, l'emprise des plateformes de réalisation des parois moulées,
- Vue en plan, indiquant l'emprise des terrassements, la pente des talus, les niveaux de fond de fouille, l'emprise des plateformes de réalisation des fondations profondes,
- Profils en travers.
- Profil en long.
- Plans des fouilles au droit de chaque appui.
- Plan de fouille des tranchées d'accès et de la tranchée couverte,
- Note de calculs des ouvrages de soutènement provisoires etc...).

Il est à noter que les plans de terrassements devront indiquer de manière précise les volumes de déblais et de remblais obtenus.

- Note de calculs des blindages nécessaires (paroi Berlinoise, ouvrages de soutènement provisoires etc...).
  - Plans des blindages (vue en plan, coupe transversale, détails techniques etc...).
  - Plans des réseaux
- Pour ce dernier point, les prescriptions indiquées au Fascicule 01 « Dispositions Générales » seront appliquées.

#### **1.03.2.5. Génie Civil – Béton armé**

- Descente de charge de l'ouvrage,
- Note de calcul des longrines,

- Note justificative des armatures et des scellements des fondations et des macrorugosités,
- Plans de coffrage et de ferrailage de fondations et macrorugosités,
- Plan de coffrage et de ferrailage de l'accès à la passe à poissons en berge.

#### **1.03.2.6. Équipements**

- Dessins d'ensemble et de détails des superstructures,
- Notes de calculs de résistance de tous les éléments de garde-corps, y compris des assemblages et fixations,
- Dessins d'ensemble et de détail des éléments de garde-corps, y compris assemblages et fixations.
- Profils en travers des terrassements, couche de forme et chaussées en tous les points remarquables du tracé,
- Note des épreuves réalisés (béton, portance chemin).

#### **1.03.2.7. Ouvrages provisoires**

- Plans d'exécution et notes de calculs justificatives des ouvrages provisoires et matériels de montage :
  - Echafaudages, passerelles provisoires,
  - Soutènements,
  - Batardeaux,
  - Moyen de mise à sec de la zone de travaux en lien avec les ouvrages provisoires mis en place par le Titulaire.

#### **1.03.2.8. Charpente Métallique (Soutènements)**

##### **□ Notes de calculs**

- Notes de calculs des différents éléments : flexion générale et locale, vérification des contraintes (ELS / ELU), vérification de la flèche des différents éléments, vérification des éléments vis-à-vis des problèmes d'instabilité : flambement, voilement etc...
- Calculs justificatifs de la charpente métallique :
  - Note de flexion longitudinale (ELS / ELU),
  - Note de flexion transversale (ELS / ELU),
  - Vérification à la fatigue,
  - Calculs des déformations,
  - Etude des contre flèches.

##### **□ Plans**

- Plans d'ossature métallique du local de stockage et de l'extension du Rack, comprenant notamment : plans de repérage, plans de détails des nœuds d'assemblages, plans de nivellement de la charpente métallique,
- Coupes transversales, élévations, détails spécifiques (notamment assemblages pieds de poteaux, assemblages poutres poteaux etc...),
- Plans d'ossature métallique comprenant notamment :
  - Plan de repérage,
  - Plan de détails au niveau des assemblages provisoires et définitifs, avec repérage fixé au cahier de soudage,
  - Plan de répartition matière,
  - Plan de phasage de construction et de montage de la charpente métallique,
  - Plans de contrôle des soudures (avec justification des contraintes dans les cordons),
  - Plans de nivellement de la charpente en phase provisoire et définitive. **Présentation des documents.**

Le Titulaire établira une « liste de documents » qui sera régulièrement tenue à jour et sur laquelle seront indiqués :

- le nom du bureau d'études (bureau d'études du Titulaire - bureau d'études sous-traitant),
- le nom de la personne de ce bureau d'études, responsable de l'étude,

- le numéro du document,
- le titre complet du document,
- la date d'établissement du document,
- le ou les indices des modifications avec les dates correspondantes,
- la date du visa définitif (bon pour exécution).

Ces mêmes indications devront être reproduites sur chaque document avec en complément l'indication succincte de la nature des modifications apportées à chaque indice.

Les études d'exécution doivent prendre en compte le phasage des travaux.

#### **1.03.3.1. Numérotation des documents**

Le principe de numérotation des documents sera proposé par le Titulaire au plus tard lors de la réunion de démarrage des études évoquée au paragraphe 1.02.1. du présent fascicule.

Une fois le principe validé par le Maître d'Œuvre, le Titulaire transmettra une procédure de codification des documents d'exécution.

#### **1.03.3.2. Formats des documents**

Les documents seront exécutés sur format A4 pour les notes de calculs, A3 pour les cahiers de détails, A1 ou A0 pour les plans.

#### **1.03.3.3. Cartouches**

Le cartouche est soumis à l'approbation du Maître d'Œuvre, sur la base des éléments fournis et discutés lors de la réunion de démarrage des études. Il doit permettre le visa du contrôle intérieur à chaque indice.

Le cartouche devra cependant être proche du cartouche figurant sur les documents du marché.

#### **1.03.3.4. Modifications**

Toute transformation d'un document (plans, notes de calculs, ...) quelle qu'elle soit, sera repérée par un indice, cet indice étant à la fois indiqué sur la page de garde de ce document et inscrit dans un triangle accolé à chaque élément modifié à l'intérieur du document pour faciliter la compréhension et le repérage de ces modifications. Seuls les triangles de la dernière modification doivent apparaître sur le document, ceux correspondants aux modifications antérieures étant enlevés pour faciliter la lisibilité du document.

Pour les modifications relatives à des notes d'observations, l'annotation « modifié selon la note d'observations n°... » sera obligatoirement inscrite pour faciliter le suivi de production et de modification des différents indices de documents d'exécution.

### **1.03.4. Gestion des documents**

#### **1.03.4.1. Préambule**

Les plans d'exécution des ouvrages et les spécifications techniques détaillées sont établis par le Titulaire et soumis au visa du Maître d'Œuvre ; les notes de calculs correspondantes sont transmises pour observations au Maître d'Œuvre.

Les documents transmis au Maître d'Œuvre porteront obligatoirement le visa du contrôle interne sans quoi les documents seront retournés au Titulaire sans être examinés.

Les documents relatifs aux ouvrages provisoires, comporteront de plus le visa du contrôle externe.

#### **1.03.4.2. Circulation et diffusion des documents d'exécution**

Le schéma de circulation des documents d'exécution sera mis au point conjointement entre le Maître d'Œuvre et le Titulaire pendant la période de préparation, au plus tard lors de la réunion de démarrage évoquée au paragraphe 1.02.1. du présent fascicule.

Le nombre de documents à fournir par le Titulaire est indiqué dans les tableaux ci-dessous (en plus des documents nécessaires au Titulaire). Il est à noter que tout document doit être transmis par courrier pour validation au MOE et pour information au MOA et AMOA.



Type de document	Nature envoi	Statut du document	MOE	CSPS	MOA	EDF
Notes de calculs	Numérique	Tous	x		x	x
	Papier	Pour avis NDC VSO	1 ex 1 ex		1 ex	
Plans d'exécution	Numérique	Tous	x	x	x	x
	Papier	Pour avis Plans BPE	1 ex 4 ex			
Documents qualité (PAQ, fiches d'agrément...)	Numérique	Tous	x		x	x
	Papier	Pour avis Doc validé	1 ex 1 ex		1 ex	
PPSPS (1)	Numérique	Tous	x	x	x	x
	Papier	Pour avis Doc validé	1 ex 1 ex	1 ex		1 ex
Plannings	Numérique	Tous	x	x	x	x
	Papier	Pour avis Doc validé	1 ex 1 ex		1 ex	1 ex
Plan d'installation de chantier	Numérique	Tous	x	x	x	x
	Papier	Pour avis Doc validé	1 ex 1 ex	1 ex	1 ex	1 ex
Plans des ouvrages provisoires (2)	Numérique	Tous	x	x	x	x
	Papier	Pour avis	1 ex			(1 ex)
Documents méthode : procédure de réalisation (3)	Numérique	Tous	x		x	
	Papier	Pour avis	1 ex			(1 ex)

(1) : Documents non soumis au visa du Maître d'Œuvre, ces documents concernent en effet des aspects relatifs à l'hygiène, à la sécurité et à la protection de la santé, ils sont donc soumis au visa du CSPS.

(2) : Documents non soumis au visa du Maître d'Œuvre conformément à l'article 5.1.4.1 du fascicule 65 du CCTG, et par dérogation aux articles 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4 et 5.3.5 du fascicule 65 du CCTG. Pour ces documents, c'est le COP (chargé des ouvrages provisoires) qui a pour mission de vérifier la conformité de ces ouvrages. Par dérogation à l'article 5.3.4 du fascicule 65 du CCTG, la validation des documents d'études pour les échafaudages de service et les plates-formes de travail est effectuée par le COP et non par le Maître d'Œuvre. Un exemplaire doit cependant être transmis au Maître d'Œuvre à titre d'information.

(3) : Documents non soumis au visa du Maître d'Œuvre. Un exemplaire doit cependant être transmis au Maître d'Œuvre à titre d'information.

Tout plan transmis sans la note de calcul justificative sera réputé non transmis, ce qui pourra entraîner le non-paiement ou une réfaction sur les prix d'études.

Sauf dérogation particulière du Maître d'Œuvre, il ne pourra être admis de commencer des travaux dont les plans ne seraient pas visés.

Les nombres précisés ci-dessus ne sont qu'indicatifs et seront confirmés lors de la réunion de démarrage.

#### 1.03.4.3. Délais de production et de vérification

Tous les documents devront être soumis à l'avis du Maître d'Œuvre au minimum 20 jours avant démarrage des travaux correspondants.



Le Maître d'Œuvre transmettra ses observations dans un délai de 15 jours calendaires.

La date de réception faisant foi pour un document est la réception par courrier au bureau du Maître d'œuvre.

#### **1.03.4.4. Gestion des indices**

Tout document transmis au Maître d'Œuvre doit obligatoirement être à l'indice A, et non à l'indice 0.

Une fois le document visé par le Maître d'Œuvre (envoi d'une note d'observations au statut « VSO »), le Titulaire incrémente l'indice du document et applique un indice chiffré. Ainsi, un plan d'exécution au statut « BPE » sera obligatoirement à l'indice 1.

A la fin du chantier, lorsque le plan d'exécution passe en plan de récolement, une nouvelle incrémentation de l'indice devra être effectuée, le plan passera alors en indice 2.

En cas de modification spécifique et importante du plan d'exécution en cours de travaux (dépassant le cadre d'une fiche d'adaptation ou fiche de modification par la nature même du changement), le plan au statut « BPE » (donc à l'indice 1) sera incrémenté de manière exceptionnelle à l'indice 2.

#### **1.03.4.5. Statut des documents d'exécution**

##### **☐ Types de documents**

Trois types de documents sont à différencier :

- Les documents soumis au visa du Maître d'Œuvre,
- Les documents soumis simplement à l'observation du Maître d'Œuvre,
- Les documents transmis pour information au Maître d'Œuvre.

Dans les deux premiers cas, une fiche d'observation est retournée par le Maître d'Œuvre ; cependant, dans le premier cas, le document est ensuite diffusé en BPE (ou validé) tandis que dans le second cas le document est simplement classé.

Le troisième cas intéresse les documents de la responsabilité du Titulaire (documents méthodes, ...), diffusés au Maître d'Œuvre pour information et pour lesquels les éventuelles observations émises par la maîtrise d'œuvre le sont par mail.

Les documents soumis au visa du Maître d'œuvre sont :

- Les plans d'exécution,
- Plans d'Assurance Qualité,
- Fiches d'agrément.

Les documents soumis simplement à l'observation du Maître d'œuvre :

- Notes de calculs,
- Plannings de réalisation,
- Documents méthode (procédures de réalisation).

Les documents transmis pour information au Maître d'œuvre sont :

- Les PPSPS,
- Le plan d'installation de chantier,
- Les plans des ouvrages provisoires.

##### **☐ Notes d'observations**

Les documents d'exécution examinés par le Maître d'Œuvre font l'objet de notes d'observations transmises au Titulaire, jusqu'à la délivrance du "bon pour visa" ou d'une mention « sans observations » :

- les plans d'exécution des ouvrages ou parties d'ouvrages définitifs feront l'objet de l'apposition d'un visa lorsque ceux-ci n'appelleront plus d'observation,
- les notes de calculs des ouvrages définitifs seront examinées feront l'objet de l'apposition d'un visa lorsque ceux-ci n'appelleront plus d'observation.
- les notes de calculs et les plans d'exécution des ouvrages provisoires, les plans de méthodes seront examinés mais ne seront pas visés, ils ne feront pas l'objet d'une mention finale "hors mission".

Les cas suivants peuvent se produire :

- Statut « AO »

Statut « Avec Observations » : Le document présenté fait l'objet d'observations et est à représenter au Maître d'Œuvre (en procédant aux rectifications, modifications...), l'exécution des ouvrages n'est pas autorisée. Le document est non conforme au projet.

Le document doit être transmis jusqu'à l'obtention d'un statut « hors mission » ou « visé avec observations » ou « visé sans observation ».

- Statut « HM »

Statut « Hors mission » : Le document présenté n'est pas soumis au visa du Maître d'Œuvre et ne fait pas l'objet d'observations. L'exécution des ouvrages est autorisée. Exemple : les notes de calculs peuvent avoir ce statut car elles ne peuvent pas obtenir le statut « Bon Pour Exécution ». Il s'agit du deuxième type de documents stipulés à l'article 1.03.4.5. du présent fascicule.

- Statut « VAO »

Statut « Visé Avec Observations » : Le document présenté est à corriger en tenant compte des commentaires et remarques du Maître d'Œuvre. La poursuite de l'exécution des ouvrages est autorisée sous réserve de la prise en compte des observations sur chantier, excepté pour les plans d'exécution pour lesquels le statut VSO est requis.

- Statut « VSO »

Statut « Visé Sans Observations » : Le document présenté est officiellement visé par le Maître d'Œuvre. A compter de la réception de la note d'observations par le Titulaire, le nombre d'exemplaires total stipulé à l'article 1.03.4.2. sera envoyé au Maître d'Œuvre, qui tamponnera le document « BON POUR EXECUTION » et transmettra les exemplaires aux différents intervenants selon le circuit de diffusion validé lors de la réunion de démarrage des études.

- Statut « BPE »

Statut « Bon Pour Exécution » : Il s'agit du document de référence support de la construction, visé par le Maître d'Œuvre. Seuls les plans d'exécution au statut « BPE » doivent être disponibles sur le chantier.

Les mentions « sans observation » et « VSO » n'enlèveront rien à l'obligation du Titulaire de compléter le document, si cela lui est nécessaire.

Seuls le Maître d'Œuvre et les personnes mandatées à cet effet sont habilités à délivrer les visas.

### 1.03.5. Dessins et plans

#### 1.03.5.1. Dessins de coffrage

Les dessins d'exécution concernant les coffrages devront préciser en complément à l'article 4.2.1.2.2.1 du fascicule 65 du CCTG :

- les tolérances d'exécution des parties coulées sur chantier,
- les tolérances concernant la mise en place des éléments préfabriqués.

#### 1.03.5.2. Dessins d'armatures

Les dessins d'exécution concernant les armatures seront réalisés conformément à l'article 4.2.1.2.2.2 du fascicule 65 du CCTG.

Les tolérances admises pour le positionnement des armatures sont celles de l'article 10.6.2 du fascicule 65 du CCTG.

### 1.03.6. Notes de calculs

#### 1.03.6.1. Présentation des notes de calculs

Les notes de calculs devront faire apparaître explicitement les formules littérales utilisées avant leurs applications numériques dont l'enchaînement sera détaillé.

Les notes de calculs électroniques seront accompagnées d'une notice précisant les bases de la programmation et de compléments manuels et graphiques explicitant les entrées et les sorties et synthétisant tous les résultats.

Les notes de calculs reprendront obligatoirement, par des schémas, les dispositions principales nécessaires à l'établissement des plans ainsi qu'une justification de la norme utilisée dans chaque cas et chaque utilisation.

#### **1.03.6.2. Calculs automatiques produits par le Titulaire**

Au cas où le Titulaire ferait établir, par des moyens de calcul automatiques, tout ou des parties des calculs qui lui incombent, il joindra une notice indiquant de façon complète les hypothèses de base des calculs, leur processus, les formules employées, les notations et le logiciel utilisé.

Il soumettra dans tous les cas au visa du Maître d'Œuvre, les données du calcul avant son exécution.

Les « sorties » de tout programme de calcul utilisé devront être suffisamment nombreuses et comporter, outre les données particulières du calcul, assez de résultats intermédiaires pour que les options, tant techniques que logiques, soient mises en évidence et que les fractions du calcul, comprises entre deux options consécutives, puissent être isolées en vue d'une éventuelle vérification. Sur demande du Maître d'Œuvre, le Titulaire lui fournira tout autre résultat intermédiaire du calcul qu'il estimerait utile. Au cas où la note de calcul automatique serait très volumineuse, le Titulaire fournira un extrait faisant paraître les résultats déterminants du dimensionnement proposé.

Le Maître d'Œuvre pourra faire compléter manuellement par le Titulaire toute note de calculs jugée incomplète.

Sur toute demande du Maître d'Œuvre, le Titulaire devra lui fournir de nouvelles notes de calcul, obtenues par le même programme, à partir d'autres données particulières fixés par le Maître d'Œuvre.

Si ces nouvelles notes de calcul faisaient paraître que les notes de calcul initiales sont acceptables, les frais nouveaux seront à la charge du Maître d'Ouvrage. Dans le cas contraire, ceux-ci seront à la charge du Titulaire.

#### **1.03.6.3. Exploitation des notes calculs**

Le Titulaire sera tenu de fournir les courbes d'efforts et de contraintes.

Les arrêts des barres et le choix des armatures seront à justifier d'après l'exploitation manuelle de ces courbes d'efforts (les résultats de ferrailage des notes de calculs automatiques du SETRA devront être rejustifiés).

Le Titulaire devra également justifier la résistance des sections de béton armé en adoptant des critères de stricte économie compatible avec les caractéristiques commerciales des fers à béton armé d'usage courant.

Sur demande du Maître d'Œuvre, le Titulaire fournira tout autre résultat intermédiaire du calcul.

Les calculs devront préciser notamment les points suivants :

- les caractéristiques des sections ;
- les efforts auxquels sont soumises ces sections dans les différentes phases de construction et hypothèses de calcul ;
- les contraintes dans ces sections résultant des efforts ci-dessus ;
- la justification de la matière projetée qui répondra obligatoirement à un critère de stricte économie ;
- les déformations dans toutes les phases de construction (y compris contreflèche).

#### **1.03.7. Dossier de récolement de l'ouvrage**

(Art. 40 du CCAG-T, norme NF EN 13670/CN, art. 4.2.4.2 du fasc. 65 du CCTG, norme NF EN 1090-2+A1, art. 4.2.3 du fasc. 66 du CCTG)

Le dossier de récolement comprend les documents suivants :

- les documents listés au A 4.2.3 de la norme NF EN 13670/CN, pour les parties en béton,
- les documents listés au C 2.3.3 de la norme NF EN 1090-2+A1, pour les parties métalliques,
- le programme et le calendrier réel d'exécution des travaux,
- l'ensemble des comptes rendus des réunions,
- le journal de chantier,
- un rapport récapitulant l'ensemble des incidents du chantier et les calculs éventuels et actions correctives auxquels ils ont donné lieu,

- le Plan Qualité de récolement, conforme à l'exécution, accompagné de tous les documents de suivi d'exécution, résultats des contrôles, épreuves et essais divers,
- les PV de réception des fournitures et des matériaux,
- les plans et notes de calculs mis à jour et conformes à l'exécution,
- le dossier photographique du chantier.
- une notice de visite et d'entretien comprenant le suivi géométrique de l'ouvrage et les éléments nécessaires à la visite et à l'entretien des différentes parties de l'ouvrage, dans l'esprit de l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art du 16 février 2011,
- les PV de réception des fournitures et des matériaux,
- les plans et notes de calculs mis à jour et conformes à l'exécution,
- le dossier photographique du chantier.

Le Titulaire effectue en outre le récolement des données existantes suivantes :

- le relevé des données géométriques nécessaires au chantier,
- le nivellement de l'ouvrage,
- la reconnaissance précise des murs de soutènement existants en interface avec les travaux à réaliser.

## CHAPITRE 2. HYPOTHESES DE CALCUL

### ARTICLE 2.01. DOCUMENTS DE REFERENCE

Les règles de calcul à appliquer pour les justifications des ouvrages sont les suivantes (liste non limitative). La signature des pièces du marché impliquera, de la part du Titulaire, sa parfaite connaissance de ses documents ainsi que de ceux du dossier et leur acceptation sans réserve.

#### 2.01.1. Règlements de calcul et textes réglementaires applicables

Les travaux seront à exécuter conformément à tous les décrets, arrêtés, normes et règlements en vigueur à la date de remise de l'offre et en particulier :

##### ☐ **Règles générales :**

- les Normes Françaises AFNOR,
- la Norme NF EN 1990 et les annexes nationales correspondantes,
- le Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) en vigueur :
  - fascicule 4 titre I du CCTG : Armatures pour béton armé,
  - fascicule 56 du CCTG : Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion,
  - fascicule 65 du CCTG : Exécution des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint,
  - fascicule 66 du CCTG: Exécution des ouvrages de génie civil à ossature en acier,
  - fascicule 67 titre I du CCTG : Etanchéité des ponts routes – support en béton de ciment,
  - fascicule 68 du CCTG : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil,
- les recommandations EDF, FT, concessionnaires de réseaux,
- la réglementation sur la sécurité des travailleurs,
- les réglementations sanitaires en vigueur,
- circulaire n° 79-25 du 13 Mars 1979 : Instruction technique sur les directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions.

##### ☐ **Règles relatives aux actions sur les structures :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1991-1-1 : Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments,
  - NF EN 1991-1-3 : Charges de neige,
  - NF EN 1991-1-4 : Actions du vent,
  - NF EN 1991-1-5 : Actions thermiques,
  - NF EN 1991-1-6 : Actions en cours d'exécution,
  - NF EN 1991-1-7 : Actions accidentelles,
  - NF EN 1991-2 : Actions sur les ponts dues au trafic.
- la lettre-circulaire REG/3 du 20 juillet 1983 : Transports Exceptionnels,
- le fascicule 61 titre II du CCTG - Article 9 : Charges militaires.

##### ☐ **Règles relatives aux ouvrages en béton :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1992-1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments,
  - NF EN 1992-2 : Ponts en béton — Calcul et dispositions constructives,
- Norme NF EN 206 (version avec complément national du 19 décembre 2014) : Béton : spécification, performances, production et conformité,
- Norme NF EN 14487-1 et NF EN 14487-2 : Béton projeté.

##### ☐ **Règles relatives aux ouvrages en acier :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1993-1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments,
  - NF EN 1993-1-3 : Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid,

- NF EN 1993-1-4 : Règles supplémentaires pour les aciers inoxydables,
- NF EN 1993-1-5 : Plaques planes,
- NF EN 1993-1-6 : Résistance et stabilité des structures en coques,
- NF EN 1993-1-7 : Structures en plaques chargées hors de leur plan,
- NF EN 1993-1-8 : Calcul des assemblages,
- NF EN 1993-1-10 : Choix des qualités d'acier,
- NF EN 1993-1-12 : Règles additionnelles pour l'utilisation de EN 1993 jusqu'à la nuance d'acier S700,
- NF EN 1993-5 : Pieux et palplanches,

❑ **Règles relatives aux ouvrages mixtes acier-béton :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1994-1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments,
  - NF EN 1994-2 : Règles générales et règles pour les ponts.

❑ **Règles relatives aux ouvrages en maçonnerie :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1996-1-1 : Règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée ou non armée,
  - NF EN 1996-2 : Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries,
  - NF EN 1996-3 : Méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages de maçonnerie non armée.

❑ **Règles relatives aux justifications géotechniques (fondations...) :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1997-1 : Règles générales,
  - NF EN 1997-2 : Reconnaissance des terrains et essais.
- Les Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 :
  - NF P94-261 : Fondations superficielles,
  - NF P94-262 : Fondations profondes,
  - NF P94-270 : Remblais renforcés et massifs en sol cloué,
  - NF P94-282 : Écrans de soutènement.

❑ **Règles relatives à la justification des ouvrages aux séismes :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1998-1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments,
  - NF EN 1998-2 : Ponts,
  - NF EN 1998-5 : Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.
- le décret n°2010-1254 du 22/10/2010 relatif à la prévention du risque sismique,
- les décrets n°2010-1255 du 22/10/2010 et n°2015-5 du 06/01/2015 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français,
- l'arrêté du 26/10/2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux ponts de la classe dite à « risque normal ».

❑ **Règles relatives aux équipements :**

- Norme XP P 98-405 : Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil

❑ **Règles relatives aux ouvrages en aluminium :**

- les Normes Eurocodes et leurs annexes nationales correspondantes :
  - NF EN 1999-1-1 : Règles générales,
  - NF EN 1999-1-3 : Structures sensibles à la fatigue,
  - NF EN 1999-1-4 : Tôles de structure formées à froid,
  - NF EN 1999-1-5 : Coques.

### 2.01.2. Textes complémentaires

Le Titulaire devra se conformer aux prescriptions données dans les dossiers pilotes et textes du SETRA (et leurs mises à jour), en particulier :

- collection « Guide technique GC » (SETRA),
- guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme. Fascicule I et II (GTR). dossier GC 77,
- dossier MUR,
- dossier PP73,
- dossier PICF.
- dossier FOND72,

L'application des Eurocodes se fait avec les adaptations pertinentes pour un ouvrage existant. Ces adaptations sont soumises à la validation du Maître d'œuvre.

La conception et le dimensionnement des scellements de barres d'armatures dans le béton armé doivent respecter les recommandations du fascicule FD P 18-823.

## ARTICLE 2.02. ACTIONS ET SOLLICITATIONS

### 2.02.1. Charges permanentes

On distinguera celles provenant du poids propre de la structure, celles provenant du poids des équipements, ou encore celles provenant de dénivellations d'appuis de la structure, du retrait ou du fluage.

#### ☐ Poids propre des structures

(normes NF EN 1991-1-1 et NF EN 1991-1-1/NA)

Conformément à l'article 4.1.2 (5) de la norme NF EN 1990, le poids propre de la structure peut être représenté par une valeur caractéristique calculée sur la base des dimensions nominales figurant sur les plans d'exécution et des poids volumiques suivants :

Eléments	Poids volumique en kN/m3	Coef. Majorateur	Coef. Minorateur
Béton armé	25.0	1.00	1.00
Béton non armé	23.0	1.05	0.95
Acier de charpente	78.5	1.00	1.00
Aluminium	27.0	1.00	1.00

#### ☐ Equipements

(normes NF EN 1991-1-1 et NF EN 1991-1-1/NA)

Les actions dues au poids propre des équipements fixes de toute nature seront prises en compte avec leur valeur caractéristique maximale ou minimale. Sauf dispositions contraires ci-après, les fractions forfaitaires à appliquer aux équipements et superstructures (hors étanchéité et chaussées) sont de +/-5%.

Les actions dues au poids propre des équipements seront évaluées par métré.

#### ☐ Retrait et fluage

(normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1992-1-1/NA)

Les effets du retrait à prendre en compte pour le dimensionnement de la structure sont spécifiés dans l'annexe B de l'Eurocode 2 Partie 2 (NF EN 1992-2) et dans les annexes nationales correspondantes.



## ❑ **Actions des terres**

Les actions pondérales des terres sont introduites dans les combinaisons avec des valeurs caractéristiques évaluées à partir des volumes, définis de manière spécifique pour chaque type d'ouvrage, que fait intervenir le modèle de fonctionnement adopté, et des poids volumiques suivants :

- 18 et 20 kN/m<sup>3</sup> respectivement pour les valeurs caractéristiques minimales et maximales dans le cas de sols rapportés humides,
- 20 et 22 kN/m<sup>3</sup> respectivement pour les valeurs caractéristiques minimales et maximales dans le cas de sols rapportés saturés.

Pour les actions de poussée du sol, le Titulaire adopte les hypothèses suivantes :

- on attribue au poids volumique des terres la même valeur que pour l'évaluation des actions d'origine pondérale,
- les remblais derrière les murs sont réputés avoir un angle de frottement interne de 35° et une cohésion égale à 0 kPa.
- pour l'évaluation des efforts de poussée dans les ouvrages de type cadre ou collecteur, on prend en compte des coefficients de poussée des terres égaux à  $K_a = 0,25$  ou  $0,50$ .

### **2.02.2. Charges temporaires**

(Norme NF EN 1991-2)

#### **2.02.2.1. Charges dues aux engins de chantier**

Le dimensionnement de l'ouvrage et notamment de ses soutènements a pris en compte une surcharge d'exploitation due aux engins de chantier en tête du rideau de palplanche côté terre. Celle-ci a été modélisée par une charge de 20 kPa sur une largeur de 3.5m, déportée de 2m par rapport à la tête du rideau de palplanche.

Le Titulaire devra, préalablement à toute intervention dans la zone de travaux et en particulier au droit de l'ouvrage, s'assurer de la compatibilité des engins de chantier qu'elle prévoit d'utiliser avec les hypothèses de surcharge citées ci-dessus prises en compte lors du dimensionnement de l'ouvrage. À ce titre, elle devra :

- soit adapter ses engins afin de respecter les charges admissibles définies ci-dessus ;
- soit fournir au Maître d'œuvre une note de calcul justificative démontrant que les engins envisagés sont compatibles avec les capacités structurelles de l'ouvrage.

#### **2.02.2.2. Charges dues à la gestion et à l'entretien de l'ouvrage**

## ❑ **Engins pour l'entretien de l'ouvrage**

La stabilité de l'ouvrage devra être garantie en tenant compte de la surcharge d'exploitation temporaire spécifiée par l'exploitant du futur ouvrage. Cette surcharge correspond à l'utilisation ponctuelle d'un engin d'une masse totale de 24 tonnes, et ceci sur toute la longueur de la passe.

Le dimensionnement structurel devra intégrer cette charge exceptionnelle, en considérant les actions dues à cette surcharge.

Le Titulaire devra fournir une note de calcul justificative démontrant que les éléments porteurs de l'ouvrage (soutènements et système de butonnage) sont compatibles avec cette surcharge temporaire. Cette note devra être validée par le Maître d'œuvre et, le cas échéant, par le bureau de contrôle.

## ❑ **Passerelle d'accès au seuil**

Les palplanches des murs de soutènement au droit du seuil sont à dimensionner de manière à garantir la stabilité de l'ouvrage avec une surcharge au droit du seuil. Ce dimensionnement doit permettre ultérieurement la mise en place d'une passerelle et donc de garantir la stabilité de la tête de palplanches avec la passerelle. La charge à considérer en tête de palplanche pour cette passerelle est la suivante :

- poids propre total de la passerelle de 1,43 kPa (plateforme en caillebotis de 1,50m de largeur et de longueur équivalente à la largeur de la passe au droit du seuil, avec garde-corps),
- surcharge d'exploitation due au passage sur la passerelle d'accès au seuil modélisée par une charge de 1,0 kPa sur toute la surface de la passerelle.

### 2.02.3. Actions sur les dispositifs de sécurité

En complément des prescriptions de l'article 4.8 de la norme NF EN 1991-2, il sera fait application des dispositions du guide technique GC du SETRA pour les efforts à prendre en compte et les dispositions constructives des dispositifs de sécurité.

Les efforts transmis à la structure seront fournis par le Titulaire (moment d'axe longitudinal et effort transversal) selon l'avis technique du dispositif retenu, et clairement définis dans la note d'hypothèses.

### 2.02.4. Surcharges sur les remblais

(normes NF EN 1991-2 et NF EN 1991-2/NA)

Conformément aux articles 4.9 et 5.9 des normes NF EN 1991-2 et NF EN 1991-2/NA, tous les murs doivent résister aux effets de charges verticales suivantes :

- sur la chaussée, le modèle de charge LM1 pris en valeur caractéristiques réduite de 30% et dont les charges des tandems peuvent être réparties uniformément sur un rectangle de 3,00 de large et 2,20 m de long.
- sur les autres surfaces, une charge verticale uniformément répartie de 5 kN/m<sup>2</sup>. Le modèle ou le calcul des effets de surcharge sur le remblai peut néanmoins intégrer des variations ponctuelles ou localisées de cette charge verticale.

En complément des prescriptions de l'Eurocode 1 Partie 2, et plus précisément de l'article 4.9, le Titulaire suppose que les remblais à l'arrière des soutènements supportent une surcharge de valeur caractéristique 2,0 t/m<sup>2</sup>, sans pondération complémentaire vis-à-vis des ELS.

Cette surcharge est supposée uniformément répartie sur toute la surface des remblais chargés.

### 2.02.5. Actions climatiques

#### 2.02.5.1. Actions thermiques

(normes NF EN 1991-1-5 et NF EN 1991-1-5/NA)

Les effets de la température sont déterminés conformément aux indications des normes NF EN 1991-1-5 et NF EN 1991-1-5/NA, en considérant notamment que :

- le module du béton à prendre en compte est le module instantané,
- le coefficient de dilatation thermique du béton est fixé à 10-5m/m/°C conformément au paragraphe (5) de l'article 3.1.3 de la norme NF EN 1992-1-1,
- le coefficient de dilatation thermique de la charpente métallique est fixé à 1,2.10<sup>-5</sup>m/m/°C, conformément à l'alinéa (1) de l'article 3.2.6 de la norme NF EN 1993-1-1,
- le coefficient de dilatation thermique de l'aluminium est fixé à 2,3.10<sup>-5</sup>m/m/°C, conformément à l'alinéa (1) de l'article 3.2.5 de la norme NF EN 1999-1-1.

#### ☐ Variations uniformes de la température

Conformément aux normes NF EN 1991-1-5 et NF EN 1991-1-5/NA, l'ouvrage étant situé dans le département du Bas Rhin (67), les efforts dans la structure dus aux variations uniformes de température sont calculés avec les températures extrêmes de l'air sous abri suivantes :

- T<sub>min</sub> = -30°C
- T<sub>max</sub> = +40°C

#### ☐ Action caractéristique de la température

L'action caractéristique de la température T<sub>k</sub> est obtenue en combinant l'effet d'une variation uniforme de température (positive ou négative et notée VUT ci-après) et l'effet d'un gradient thermique (positif ou négatif et noté GT ci-après) de la façon suivante :

$$T_k = VUT + 0,75.GT \quad \text{ou} \quad T_k = GT + 0,35.VUT$$

#### 2.02.5.2. Actions du vent

(normes NF EN 1991-1-4 et NF EN 1991-1-4/NA)

## ❑ Généralités

Compte tenu de la nature de l'ouvrage et de sa situation géographique, il n'y a pas lieu de le justifier vis-à-vis du vent.

### 2.02.5.3. Actions de la neige

(normes NF EN 1991-1-3 et NF EN 1991-1-3/NA)

Compte tenu de la nature de l'ouvrage et de sa situation géographique, il n'y a pas lieu de le justifier vis-à-vis de la neige.

### 2.02.6. Charges accidentelles

(normes NF EN 1991-1-7 et NF EN 1991-1-7/NA)

Sans objet.

### 2.02.7. Actions sismiques

(normes NF EN 1998-1-1, NF EN 1998-1-2, NF EN 1998-1-5 et les annexes nationales correspondantes, décret n°2010-1255 du 20/10/2010, décret n°2015-5 du 06/01/2015)

L'ouvrage est situé sur la commune de Rhinau (67). D'après les décrets n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et n°2015-5 du 06/01/2015 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français :

- L'ouvrage est situé en zone d'aléa modéré (3), correspondant à une valeur d'accélération maximale de référence  $a_{gr}$  égale à 1,1 m/s<sup>2</sup>.

Au vu de la nature et de la position de l'ouvrage, on retiendra une catégorie d'importance I « ceux dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique ». Conformément à l'article 3 de l'arrêté du 22 Octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique et au vu des contraintes du site de l'ouvrage, une vérification de la stabilité au séisme n'est pas nécessaire.

## ARTICLE 2.03. COMBINAISONS D'ACTIONS

(normes NF EN 1990, NF EN 1990/A1, NF EN 1990/NA et NF EN 1991/A1/NA)

### 2.03.1. Etats limites de services

Les combinaisons d'actions pour les Etats-Limites de service (ELS) sont définies selon l'EN1990 §6.5.3 et définies symboliquement par les expressions suivantes :

#### ❑ Combinaison quasi-permanente :

$$ELS_{QP} : \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### ❑ Combinaison fréquente :

$$ELS_{FRE} : \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### ❑ Combinaison caractéristique :

$$ELS_{CAR} : \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

avec les coefficients partiels suivants :

Passerelle	Charge		$\psi_{0,i}$	$\psi_{1,i}$	$\psi_{2,i}$
Charges de trafic	gr1		0,40	0,40	0,00
		Qfwk	0,00	0,00	0,00
	gr2		0,00	0,00	0,00
	Surcharge	q	1,00	0,00	0,00
Actions climatiques	Température	Tk	0,60	0,60	0,50
	Vent	FWk	0,30	0,20	0,00
	Neige	Sk	0,50	0,20	0,00

### 2.03.2. Etats limites ultimes

Les combinaisons d'actions pour les Etats-Limites ultimes (ELU) sont définies selon l'EN1990 §6.4.3 et définies symboliquement par les expressions suivantes :

#### ❑ Combinaison fondamentale :

$$ELU \text{ FOND} : \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### ❑ Combinaison accidentelle :

$$ELU \text{ ACC} : \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### ❑ Combinaison sismique :

$$ELU \text{ SIS} : \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### ❑ Combinaison à la fatigue :

$$ELU \text{ FAT} : \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + Q_{fat}$$

avec  $Q_{k,i} \neq$  Charges de trafic

avec les coefficients partiels suivants :

ELU STR/GEO	Charge	$\gamma_{i,sup}$	$\gamma_{i,inf}$
Actions permanentes	Poids propre	1,35	1,00
	Superstructures	1,35	1,00
	Poids du sol	1,35	1,00
	Effets hydrostatiques	1,20	1,00
	Précontrainte	1,20	1,00
	Retrait/Fluage	1,00	1,00

	Surcharge sur remblais	1,35	0,00
Actions climatiques	Température	1,50	0,00
	Vent	1,50	0,00
	Neige	1,50	0,00

## CHAPITRE 3. DIRECTIVES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL

### ARTICLE 3.01. JUSTIFICATIONS DES OUVRAGES EN BETON ARME

Pour toutes les parties d'ouvrages en béton armé, on supposera la fissuration préjudiciable.

Il ne sera pas prévu de vérification à l'état limite de fatigue pour les pièces en béton armé (règles BAEL, article A.1.2).

Les imperfections géométriques des pièces en béton armé sont celle des règles BAEL (article A.4.4.3).

Les déformations des pièces en béton seront évaluées comme indiqué pour les cas courants (règles BAEL, article A.4.3.2).

L'enrobage de toute armature passive sera au moins égal à son diamètre nominal et au minimum de 30 mm au droit des épingles ou étriers. Pour les éléments de structure soumis au gel avec fondants (GS), l'enrobage des armatures passives est porté à 40 mm au minimum.

### ARTICLE 3.02. JUSTIFICATION DES EQUIPEMENTS

#### 3.02.1. Garde-corps

Les garde-corps pour piétons sont soumis aux conditions normales et courantes d'utilisation, conformément à la norme XP P 98-405.

Il est donc nécessaire de s'assurer de la résistance de tous les éléments qui sont appelés à transmettre successivement la poussée exercée sur la main courante de l'ouvrage.

Le modèle du garde-corps devra garantir la transparence hydraulique.

### ARTICLE 3.03. JUSTIFICATION DES OUVRAGES PROVISOIRES

(Norme NF EN 13670/CN, art. 5.3.6 du fascicule 65 du CCTG)

Les ouvrages provisoires sont calculés conformément aux indications des 5.1 et 5.3 de la norme NF EN 13670/CN et à celles de l'article 5.3.6 du fascicule 65 du CCTG.

### ARTICLE 3.04. JUSTIFICATION DES FONDATIONS

#### 3.04.1. Généralités

(Normes NF EN 1992-1-1, NF EN 1992-1-1/NA, NF EN 1992-2 et NF EN 1992-2/NA)

##### 3.04.1.1. Classes d'exposition et enrobages des aciers passifs des appuis et fondations

Le tableau ci-dessous précise les classes d'exposition des différents parements des appuis au sens des normes NF EN 206-1/CN, NF EN 1992-1-1, NF EN 1992-1-1/NA, NF EN 1992-2 et NF EN 1992-2/NA ainsi que l'enrobage des aciers passifs associés à ces parements.

Parement	Classe d'exposition	Enrobage des aciers passifs (avec tolérance d'exécution)
Fondation des macrorugosités	XC2 – XF1	50

### **3.04.1.2. Règles générales relatives au calcul des appuis et fondations**

Les justifications des appuis sont menées conformément aux normes NF EN 1992-1-1, NF EN 1992-1-1/NA, NF EN 1992-2 et NF EN 1992-2/NA et avec les hypothèses complémentaires suivantes :

- pour les calculs aux ELS, le coefficient d'équivalence acier/béton est pris égal à  $n=15$  pour les bétons courants et 9 pour les BHP,
- la contrainte de compression du béton est limitée à  $0,45f_{ck}$  sous combinaisons ELS quasi permanentes et à  $0,60f_{ck}$  sous combinaisons ELS fréquentes et caractéristiques,
- pour les justifications de la maîtrise de la fissuration des parements soumis à une classe d'exposition XD ou XS, il est vérifié que l'ouverture des fissures est inférieure à 0,2 mm sous combinaisons ELS fréquentes,
- pour les justifications de la maîtrise de la fissuration des parements soumis à une classe d'exposition XC, il est vérifié que l'ouverture des fissures est inférieure à 0,3 mm sous combinaisons ELS fréquentes,
- la contrainte des armatures de béton armé pour les appuis est limitée à 300 MPa sous combinaisons ELS caractéristiques,
- la contrainte des armatures de béton armé pour les semelles est limitée à 400 MPa sous combinaisons ELS caractéristiques,
- la contrainte des armatures de béton armé pour les fondations profondes est limitée à 300 MPa sous combinaisons ELS caractéristiques,
- pour le calcul aux ELU des armatures de cisaillement, l'inclinaison  $q$  des bielles est telle que  $\cotan(q)$  est compris entre 1,0 et 1,5.

Par ailleurs, les justifications relatives aux fondations vis-à-vis des critères géotechniques sont menées conformément aux normes NF EN 1997-1 et NF EN 1997-1/NA et aux normes NF P 94-261, NF P 94-262, NF P 94-270, NF P 94-281, NF P 94-282.

L'annexe Q de la norme NF P 94-262 est rendue contractuelle.

En l'absence de prescriptions particulières dans le présent article, les caractéristiques mécaniques des sols à prendre en compte pour le calcul des fondations sont tirées des éléments du mémoire géotechnique de synthèse joint au présent CCTP (cf. Pièce 8).

### **3.04.2. Hypothèses sur les niveaux des eaux**

Pour la justification des dispositifs provisoires en phase de construction, le niveau maximal de l'eau est pris égal à 163,25 mNN. L'arasage définitive de la palplanche tient compte d'une marge de 20 cm minimum. La zone de travaux est à considérer

comme inondable.

Pour les justifications en situation d'exploitation, le niveau des plus basses eaux connues est de 162,21 mNN, le niveau des plus hautes eaux connues est d'environ 165,00 mNN.

Les profondeurs de l'arasage supérieure du fond de fouille sont de :

- A l'amont du seuil : 159,80 mNN
- A l'aval du seuil : 158,80 mNN

L'arasage inférieure du fond de fouille dépendra de la méthode d'exécution des fondations de macrorugosités.

### **3.04.3. Hypothèses pour les fondations**

#### **3.04.3.1. Fondations superficielles**

La justification des fondations superficielles de l'ouvrage s'effectue conformément aux indications de la norme NF EN 1997-1, de son annexe nationale, la norme NF EN 1997-1/NA, et de la norme de dimensionnement NF P 94-261, relative aux fondations superficielles.

Les réactions du terrain sur les faces latérales peuvent être négligées si la composante horizontale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain est nulle.

Les réactions du terrain sur les faces latérales de la fondation, doivent être prises en compte dans le cas de la vérification de l'état limite ultime de glissement.

Les hypothèses pour le calcul des fondations superficielles sont conformes à la norme NF P 94-261 et sont fixées à la suite de reconnaissances géotechniques complémentaires.



Les hypothèses pour le calcul des fondations superficielles sont conformes à la norme NF P 94-261 et sont proposées par le Titulaire en fonction des éléments présents dans le mémoire géotechnique de synthèse joint au présent CCTP (cf. Pièce 8).

### 3.04.3.2. Hypothèses particulières pour les éléments métalliques dans le sol

Les épaisseurs d'acier sacrifiées à la corrosion sont prises en compte conformément aux prescriptions des tableaux 4.1 et 4.2 de la norme NF EN 1993-5 et de la clause 4.4(1) de la norme NF EN 1993-5/NA, avec les hypothèses suivantes :

- sols naturels intacts (sable, limon, argile, schiste, ...),
- remblais non compactés et non agressifs (argile, schiste, sable, limon, ...),
- durée de vie de 100 ans.

## ARTICLE 3.05. JUSTIFICATION ELEMENTS EN BETON ARME

(Normes NF EN 206-1/CN, NF EN 1992-1-1, NF EN 1992-1-1/NA, NF EN 1992-2, NF EN 1992-2/NA, NF EN 1997-1, NF EN 1997-1/NA, NF P 94-281, NF EN 1998-1 et NF EN 1998-1/NA, NF EN 1998-5 et NF EN 1998-5/NA)

### 3.05.1. Classes d'exposition et enrobages des aciers passifs des murs de soutènement

Le tableau ci-dessous précise les classes d'exposition des différents soutènements au sens des normes NF EN 206-1/CN, NF EN 1992-1-1, NF EN 1992-1-1/NA, NF EN 1992-2 et NF EN 1992-2/NA ainsi que l'enrobage des aciers associés à ces parements.

Objet	Classe d'exposition	Enrobage des aciers passifs (avec tolérance d'exécution)
Semelles/fondations/ Macrorugosités	XC2 – XF1	50 mm

### 3.05.2. Justifications

Les justifications des murs en béton armé sont menées selon les règles précisées dans les normes citées ci-dessus particulièrement la NF P 94-281 tant pour la stabilité externe qu'interne et avec les hypothèses complémentaires suivantes :

- pour les calculs aux ELS, le coefficient d'équivalence acier/béton est pris égal à  $n=15$ ,
- la contrainte de compression du béton est limitée à  $0,45f_{ck}$  sous combinaisons quasi permanentes et à  $0,60f_{ck}$  sous combinaisons caractéristiques et fréquentes,
- pour la justification de la maîtrise de la fissuration des parements soumis à une classe d'exposition XD ou XS, il est vérifié que l'ouverture des fissures est inférieure à 0,2 mm sous combinaisons ELS fréquentes,
- pour la justification de la maîtrise de la fissuration des parements soumis à une classe d'exposition XC, il est vérifié que l'ouverture des fissures est inférieure à 0,3 mm sous combinaisons ELS fréquentes,
- la contrainte des armatures de béton armé est limitée à 400 MPa sous combinaisons caractéristiques.

En l'absence de prescriptions particulières dans le présent article, les caractéristiques mécaniques des sols à prendre en compte pour le calcul des fondations sont tirées des éléments du mémoire géotechnique de synthèse joint au présent CCTP (cf. Pièce 8).

Le Titulaire retient les hypothèses suivantes :

- les caractéristiques des terres et des remblais derrière les murs sont celles précisées dans le paragraphe 2.02.1. du présent fascicule ;
- les charges sur les remblais derrière les murs sont celles précisées dans le paragraphe 2.02.4. du présent fascicule.

Le calcul des murs comporte une estimation des déplacements prévisibles dus aux déformations de la structure en béton armé et aux tassements du sol de fondation. En tête de mur, les déplacements horizontaux déterminés sous combinaisons ELS quasi-permanents doivent être inférieurs au 1/100ème de la hauteur du voile du mur. Par ailleurs, l'inclinaison de la face extérieure du voile doit rester positive sous tous les cas de charges non accidentels.

## ARTICLE 3.06. JUSTIFICATION DES BLINDAGES DES FOUILLES

(Norme NF P 94-282)

### 3.06.1. Généralités

Les hypothèses de sol et de niveaux d'eau à prendre en compte dans les justifications des blindages des fouilles sont proposées par le Titulaire, sur la base du mémoire géotechnique de synthèse joint au présent marché CCTP (cf. Pièce 8). Elles sont soumises au visa du Maître d'œuvre avant établissement de la note de calcul du blindage.

Toutes les phases d'édification doivent être justifiées et les caractéristiques des sols précisées.

Les blindages sont auto-stables en zone A et D. La méthode de calcul à utiliser **pour** les vérifications de défaut de butée est le « Modèle d'Equilibre Limite » (MEL) décrit à l'article 9.3 de la norme NF P 94-282.

Les blindages comportent un seul niveau d'appuis en zone B (provisoirement) et C (définitivement). La méthode de calcul à utiliser pour les vérifications de défaut de butée est le « Modèle d'Equilibre Limite » (MEL) décrit à l'article 9.3 de la norme NF P 94-282 ou le « Modèle d'Interaction Sol Structure » (MISS) décrit à l'article 9.2 de la norme NF P 94-282.

Les éléments du paragraphe suivant sont à confirmer par la G3 (type de blindage auto-stable ou un seul niveau d'appui).

Les calculs doivent vérifier les conditions de « renard solide ».

### 3.06.2. Prise en compte des niveaux d'eau

Les calculs doivent prendre en compte les niveaux d'eau non pas en référence à la figure 5.2.2.1 de la norme NF P 94-282 mais à la figure 5.2.3 de la norme NF P 94-262. Ces niveaux sont précisés sur les plans d'exécution.

Le gradient hydraulique n'étant pas négligeable (comparé au gradient critique), les calculs doivent vérifier les modes de rupture suivants :

- rupture par soulèvement hydraulique global du terrain ou de la structure,
- rupture par soulèvement hydraulique des particules du sol (ou boulanges),
- rupture par érosion interne,
- rupture par érosion régressive.

## ARTICLE 3.07. JUSTIFICATION DES BATARDEAUX

(Norme NF P 94-282)

### 3.07.1. Généralités

Les hypothèses de sol et de niveaux d'eau à prendre en compte dans les justifications des batardeaux sont proposées par le Titulaire, sur la base du mémoire géotechnique de synthèse joint au présent CCTP (cf. Pièce 8). Elles sont soumises au visa du Maître d'œuvre avant établissement de la note de calcul des batardeaux.

Toutes les phases d'édification doivent être justifiées et les caractéristiques des sols précisées.

Les blindages sont auto-stables en zone A, B et D. La méthode de calcul à utiliser pour les vérifications de défaut de butée est le « Modèle d'Equilibre Limite » (MEL) décrit à l'article 9.3 de la norme NF P 94-282.

Les blindages comportent un seul niveau d'appuis en zone B (provisoirement) et C (définitivement). La méthode de calcul à utiliser pour les vérifications de défaut de butée est le « Modèle d'Equilibre Limite » (MEL) décrit à l'article 9.3 de la norme NF P 94-282 ou le « Modèle d'Interaction Sol Structure » (MISS) décrit à l'article 9.2 de la norme NF P 94-282

Les éléments du paragraphe suivant sont à confirmer par la G3 (type de blindage auto-stable ou un seul niveau d'appui).

Les calculs doivent vérifier les conditions de « renard solide ».

### **3.07.2. Prise en compte des niveaux d'eau**

Les calculs doivent prendre en compte les niveaux d'eau non pas en référence à la figure 5.2.2.1 de la norme NF P 94-282 mais à la figure 5.2.3 de la norme NF P 94-262. Ces niveaux sont précisés sur les plans d'exécution.

Le gradient hydraulique n'étant pas négligeable (comparé au gradient critique), les calculs doivent vérifier les modes de rupture suivants :

- rupture par soulèvement hydraulique global du terrain ou de la structure,
- rupture par soulèvement hydraulique des particules du sol (ou boulangue),
- rupture par érosion interne,
- rupture par érosion régressive.

## **ARTICLE 3.08. JUSTIFICATION DES RIDEAUX DE PALPLANCHES**

(Norme NF P 94-282)

### **3.08.1. Généralités**

Les hypothèses de sol et de niveaux d'eau à prendre en compte dans les justifications des rideaux de palplanches sont proposées par le Titulaire, sur la base du mémoire géotechnique de synthèse joint au présent CCTP (cf. Pièce 8). Elles sont soumises au visa du Maître d'œuvre avant établissement de la note de calcul des rideaux.

Toutes les phases d'édification doivent être justifiées et les caractéristiques des sols précisées.

Les blindages sont auto-stables en zone A, B et D. La méthode de calcul à utiliser pour les vérifications de défaut de butée est le « Modèle d'Equilibre Limite » (MEL) décrit à l'article 9.3 de la norme NF P 94-282.

Les blindages comportent un seul niveau d'appuis en zone B (provisoirement) et C (définitivement). La méthode de calcul à utiliser pour les vérifications de défaut de butée est le « Modèle d'Equilibre Limite » (MEL) décrit à l'article 9.3 de la norme NF P 94-282 ou le « Modèle d'Interaction Sol Structure » (MISS) décrit à l'article 9.2 de la norme NF P 94-282.

Les éléments du paragraphe suivant sont à confirmer par la G3 (type de blindage auto-stable ou un seul niveau d'appui).

Les calculs doivent vérifier les conditions de « renard solide ».

### **3.08.2. Prise en compte des niveaux d'eau**

Les calculs doivent prendre en compte les niveaux d'eau non pas en référence à la figure 5.2.2.1 de la norme NF P 94-282 mais à la figure 5.2.3 de la norme NF P 94-262. Ces niveaux sont précisés sur les plans d'exécution.

Le gradient hydraulique n'étant pas négligeable (comparé au gradient critique), les calculs doivent vérifier les modes de rupture suivants :

- rupture par soulèvement hydraulique global du terrain ou de la structure,
- rupture par soulèvement hydraulique des particules du sol (ou boulangue),
- rupture par érosion interne,
- rupture par érosion régressive.

### **ARTICLE 3.09. JUSTIFICATIONS RELATIVES AUX CONSTRUCTIONS AVOISINANTES**

Une justification des constructions avoisinantes doit être fournie, tant en phases provisoires que définitive. Les vérifications portent sur la stabilité et la résistance de ces constructions ainsi que sur le caractère admissible des déplacements attendus.

### **ARTICLE 3.10. REGLES DE JUSTIFICATION DES OUVRAGES EN BETON ARME**

Pour toutes les parties d'ouvrages en béton armé, on vérifiera une valeur limite d'ouverture des fissures de 0,30 mm.

Il ne sera pas prévu de vérification à l'état limite de fatigue pour les pièces en béton armé (article 6.8 de l'Eurocode 2 Partie 2).

Les imperfections géométriques des pièces en béton armé sont celles des règles définies dans l'Eurocode 2 Partie 2 (article 5.2).

Les déformations des pièces en béton seront à vérifier suivant les stipulations indiquées à l'article 7.4 de l'Eurocode 2 Partie 2.

L'enrobage de toute armature passive sera au moins égal à son diamètre nominal et au minimum de 30 mm au droit des épingles ou étriers.

L'enrobage sera pris en compte à partir du creux des cannelures ou larmiers.

### **ARTICLE 3.11. REGLES DE JUSTIFICATION PARTICULIERES DES FONDATIONS**

#### **3.11.1. Généralités**

Les justifications relatives aux fondations sont conduites conformément aux règles du fascicule 62 titre V du CCTG.

En l'absence de prescriptions particulières dans le présent article, les caractéristiques mécaniques des sols à prendre en compte pour le calcul des fondations seront à valider par le Maître d'œuvre sur proposition du Titulaire ou du bureau d'études en charge des études.

#### **3.11.2. Stabilité et ferrailage de l'ouvrage**

Pour justifier la stabilité et le ferrailage de l'ouvrage, le Titulaire utilisera le programme PICF-EL du SETRA (mis à jour aux Eurocodes) ou un programme similaire soumis à l'acceptation du Maître d'œuvre. Les calculs justificatifs complémentaires sont conduits suivant les recommandations du document « Ponts cadres en béton armé – Programme PICF-EL – Guide d'emploi édité par le SETRA en décembre 1991 ».