

Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opéra- tions de construction

Le présent texte définit les règles de conception, réalisation et contrôle des ouvrages provisoires et des opérations de construction dans le domaine ferroviaire concernant le génie civil, les travaux de bâtiment, les terrassements et soutènements ainsi que les traversées des plateformes ferroviaires.

IG90033 (AG 4 A)

Édition du 2 Janvier 2018

Version n° 01 du 2 Janvier 2018

Applicable à partir du 15 Janvier 2018

Référence article : IG90033 - 181217 - 01I

Émetteur : I&P - Département Ouvrages d'Art (I&P - OA)

COPIE non tenue à jour du 18/09/2023

Sommaire

PREAMBULE / NOTE PEDAGOGIQUE	1
OBJET	2
1. DISPOSITIONS GENERALES	4
1.1. Généralités	4
1.1.1. Objet	4
1.1.2. Domaine d'application.....	4
1.1.3. Documents de référence	4
1.1.4. Documents applicables ⁽¹⁾	4
1.2. Définition et classement des ouvrages provisoires et opérations de construction	5
1.2.1. Définition des ouvrages provisoires et des opérations de constructions.....	5
1.2.2. Catégories d'ouvrages provisoires ou d'opérations de construction	7
1.3. Obligations réciproques des intervenants vis-à-vis des ouvrages provisoires	10
1.3.1. Généralités	10
1.3.2. Obligations de l'Entrepreneur en ce qui concerne les études	10
1.3.3. Obligations du Maître d'œuvre ⁽¹⁾ -Visa	10
1.3.4. Sécurité des circulations ferroviaires et protection du chantier	13
2. L'ASSURANCE DE LA QUALITE.....	14
2.1. Le chargé des Ouvrages Provisoires, assurance de la qualité.....	14
2.1.1. Généralités	14
2.1.2. Missions du Chargés des Ouvrages Provisoires (COP).....	14
2.1.3. Contenu du P.A.Q. en ce qui concerne les ouvrages provisoires et les opérations de constructions.....	15
2.2. Etudes d'exécution	16
2.2.1. Généralités ⁽¹⁾	16
2.2.2. Justifications des ouvrages provisoires et opérations de construction.....	17
2.2.3. Dessins d'ouvrages ou opérations de construction	17
2.2.4. Procédures travaux.....	18
2.2.5. Cas des « Protections spéciales » pour travaux sur câbles aériens	21
2.3. Points d'Arrêt et Points Critiques	22
2.3.1. Conditions de levée des points d'arrêt.....	22
2.3.2. Points d'arrêt.....	22
2.3.3. Points critiques	24
2.4. Bilan « Qualité » de fin de chantier	25
3. CONCEPTION, DIMENSIONNEMENT, JUSTIFICATIONS	25
3.1. Généralités	25
3.1.1. Dispositions générales	25
3.1.2. Textes applicables.....	25
3.1.3. Méthodes de justification.....	26
3.1.4. Conceptions des appuis, des fondations et des soutènements.....	26
3.1.5. Données géotechniques	27
3.2. Justifications par le calcul.....	28
3.2.1. Ouvrages et opérations justifiables par le calcul (1).....	28
3.2.2. Principe des justifications	28
3.3. Dimensionnement assisté par l'expérimentation	29

3.3.1.	Cas où une expérimentation doit être entreprise ⁽¹⁾	29
3.3.2.	Principe des justifications	29
3.3.3.	Epreuves	29
3.3.4.	Essais	31
3.4.	Actions.....	32
3.4.1.	Actions à considérer.....	32
3.4.2.	Actions permanentes ⁽¹⁾	32
3.4.3.	Actions variables ⁽¹⁾	35
3.4.4.	Effets dynamiques.....	43
3.4.5.	Actions accidentelles	43
3.5.	Coefficients partiels, facteurs combinaisons	44
3.6.	Résistance de calcul.....	44
3.7.	Règles de justification particulières à certains ouvrages provisoires.....	45
3.7.1.	Etaisements.....	45
3.7.2.	Echafaudages	46
3.7.3.	Dispositifs de protection au-dessus des voies et des quais, et en bordure des voies	46
3.7.4.	Coffrages.....	47
3.7.5.	Matériels spéciaux (hors « protections spéciales »).....	48
3.7.6.	« Protections spéciales » pour travaux sur câbles aériens.....	48
3.7.7.	Accessoires de manutention.....	50
3.7.8.	Éléments minces en béton.....	50
3.7.9.	Camarteaux pour appui des tabliers auxiliaires (T.A)	51
3.7.10.	Terrassements et blindages à proximité des voies ⁽¹⁾	51
3.8.	Règles de justifications particulières à certaines opérations de construction	55
3.8.1.	Lançage des ossatures métalliques.....	55
3.8.2.	Ripage de structures (tabliers, cadres...) sur chemins de ripage	57
3.8.3.	Mise en place d'ouvrages ou parties d'ouvrages par glissement sur le terrain	61
3.8.4.	Vérinage de tabliers	68
3.8.5.	Mise en place de tabliers en béton précontraint.....	68
3.8.6.	Manutention à la grue	68
3.8.7.	Opération de démolition	71
4.	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES.....	72
4.1.	Généralités	72
4.2.	Stabilité des ouvrages ou parties d'ouvrages.....	72
4.3.	Etaisements	73
4.3.1.	Etaisements proprement dits	73
4.3.2.	Dispositifs d'assise des étaisements	74
4.3.3.	Dispositions particulières aux étaisements d'ouvrages en béton précontraint	74
4.4.	Travaux à proximité des voies et des quais	75
4.4.1.	Utilisation des engins et matériels de chantier aux abords des voies.....	75
4.4.2.	Terrassements et blindages à proximité des voies	81
4.4.3.	Fondations profondes forées à proximité des voies	89
4.4.4.	Travaux d'injection.....	92
4.4.5.	Dispositifs de protection au-dessus des voies et des quais, et en bordure des voies	92
4.4.6.	Planchers de travail au-dessus des voies et des quais, et en bordure des voies	94
4.4.7.	Bétonnage au-dessus des voies maintenues en exploitation	94
4.4.8.	Construction d'ouvrages en béton ou en poutrelles enrobées.....	95
4.4.9.	Travaux à proximité d'ouvrages souterrains ou remblayés	96
4.4.10.	Réalisation de petits ouvrages sous voies.....	96
4.5.	Opérations de levage à la grue.....	96

4.5.1.	Vérifications des équipements de travail utilisés pour le levage de charges ⁽¹⁾	96
4.5.2.	Utilisation des grues aux abords des voies	97
4.5.3.	Essais et manœuvres des engins de levage	97
4.5.4.	Essai préalable de levage	98
4.5.5.	Conditions d'utilisation en fonction du vent	98
4.5.6.	Accessoires de levage	98
4.5.7.	Organisation du chantier	99
4.5.8.	Dispositifs d'accrochage incorporés au béton	100
4.5.9.	Oreilles de manutention	100
4.6.	Opérations de translation d'ouvrages ou parties d'ouvrages (tabliers, cadres, ...) : dispositions communes ⁽¹⁾	100
4.6.1.	Généralités	101
4.6.2.	Dispositifs de guidage	101
4.6.3.	Séance de formation du personnel	101
4.6.4.	Essai de déplacement	101
4.6.5.	Enregistrement des efforts moteurs	102
4.6.6.	Contrôle d'avancement du tablier	102
4.6.7.	Descente sur appuis	103
4.6.8.	Réception de l'ouvrage avant scellement des appareils d'appui	103
4.6.9.	Protection électrique	103
4.7.	Opérations de lancement de tabliers (ou éléments de tabliers)	103
4.7.1.	Aire de montage et de lancement	103
4.7.2.	Avant-becs et arrière-becs	103
4.7.3.	Dispositifs de retenue	104
4.7.4.	Dispositifs de marche arrière	104
4.7.5.	Enregistrement des efforts	104
4.7.6.	Mesures de déplacement	104
4.7.7.	Essais	104
4.7.8.	Conditions d'exécution vis-à-vis de l'exploitation ferroviaire	104
4.8.	Opérations de ripage d'ouvrages ou parties d'ouvrages (tabliers, cadres, portiques, ...)	106
4.8.1.	Généralités	106
4.8.2.	Glissement	107
4.8.3.	Roulement	107
4.8.4.	Dispositifs moteurs	108
4.8.5.	Dispositifs de guidage	109
4.8.6.	Tolérances de géométrie des chemins de ripage	110
4.8.7.	Réception des chemins de ripage	110
4.8.8.	Conditions d'exécution vis-à-vis de l'exploitation ferroviaire	111
4.9.	Opérations de ripage de structures par glissement sur le terrain	111
4.9.1.	Glissement sur le terrain - généralités	111
4.9.2.	Implantation et nivellement de l'ouvrage	112
4.9.3.	Terrassements - Assainissement	112
4.9.4.	Construction du radier de guidage et du massif d'ancrage	113
4.9.5.	Construction de l'ouvrage définitif sur le site	113
4.9.6.	Dispositif moteur	114
4.9.7.	Dispositif de retenue	114
4.9.8.	Lubrification	115
4.9.9.	Mesure de la position de l'ouvrage en cours de ripage	115
4.9.10.	Enregistrement des efforts moteurs	116
4.9.11.	Essai de pré-ripage	116
4.9.12.	Ripage proprement dit	116
4.9.13.	Ouvrage en position définitive	117
4.10.	Opérations de poussage de tabliers en béton précontraint	117

4.11.	Construction de tabliers par encorbellements successifs.....	117
4.11.1.	Géométrie du tablier	117
4.11.2.	Fixation du fléau sur la pile	118
4.11.3.	Contrôle des réactions d'appui	118
4.11.4.	Clavage	118
4.12.	Opérations de vérinage	119
4.12.1.	Dispositions générales	119
4.12.2.	Contrôles pendant l'opération	119
4.12.3.	Conditions d'exécution vis-à-vis de l'exploitation ferroviaire	119
4.13.	Appui de camarteaux supports de T.A. ⁽¹⁾ en crête de talus ⁽²⁾	119
4.13.1.	Distance camarteau / talus	120
4.13.2.	Pente du talus.....	120
4.13.3.	Protection du talus	120
4.13.4.	Rabattement de nappe.....	120
4.13.5.	Contrôles de stabilité	121
4.14.	Exécution et contrôle des constructions métalliques ⁽¹⁾	121
4.15.	« Protections spéciales » pour travaux sur câbles aériens	122
ANNEXE 1.	CONSTITUTION D'UNE DEMANDE D'AUTORISATION SPECIALE DE	
SURVOL	125
FICHE D'OBSERVATIONS ET D'AMELIORATION IG90033.....		131

Préambule / Note Pédagogique

Origine de la création ou de la modification du texte :

L'IG 90033 constitue une nouvelle édition de l'IN 00033 (Livret 2.02 du CPC) ; elle remplace l'édition de mai 2006.

Objectifs du texte :

La sécurité d'un chantier, au sens large, peut se décomposer ainsi :

- sécurité des tiers extérieurs au chantier compte tenu de la présence de celui-ci, incluant la sécurité de l'exploitation ferroviaire.
- sécurité du personnel utilisé sur le chantier vis-à-vis des risques du chantier,
- sécurité du personnel utilisé sur le chantier vis-à-vis des risques extérieurs au chantier.

L'objectif du texte est avant tout d'assurer la sécurité de l'exploitation ferroviaire lors des opérations de génie civil réalisées aux abords des voies ferrées exploitées. Le texte décrit les moyens à mettre en œuvre pour assurer cette sécurité.

Ce référentiel peut également bénéficier à la sécurité du personnel, même si ce sujet n'est pas traité dans le document. Il est rappelé que les acteurs de la construction –en premier lieu la Maîtrise d'Ouvrage - doivent respecter le code du travail et en particulier:

- La réglementation relative aux travaux réalisés dans un établissement par une entreprise extérieure, articles R.4511-1 et suivants du Code du Travail (en référence au Décret 92-158 du 20 février 1992) ;
- La réglementation relative à la coordination lors des opérations de bâtiment et de génie civil, articles R.4532-1 et suivants du Code du Travail (en référence au Décret 94-1159 du 26 décembre 1994).

Le cas échéant, l'intervention de SNCF Réseau doit être prise en compte dans le dispositif sécurité (Décret 92 ou Décret 94) mis en place par le Maître d'Ouvrage.

Utilisateurs du texte :

Ce document concerne tous les acteurs des opérations de travaux.

Son application implique que certains choix aient été faits dès la conception par le Maître d'Ouvrage accompagné de son Maître d'Œuvre (par exemple classement en 1^{ère} ou 2^{ème} catégorie, vitesse de circulation des trains, respect de gabarits, vitesse d'ébranlement particulière,...). Ce Maître d'Œuvre doit être reconnu apte à assurer ses missions en tenant compte des particularités de l'environnement ferroviaire, à la fois au niveau de la conception, puis au niveau de la réalisation.

Il s'adresse enfin aux entreprises de génie civil devant travailler dans l'environnement ferroviaire.

Résumé des principales évolutions et des nouveautés :

L'IG 90033 a été modifiée par rapport à la version précédente de mai 2006 pour tenir compte :

- de clarifications de certains articles, à la demande des utilisateurs dans les entités régionales de SNCF Réseau, sur la base de leur expérience. Une enquête menée en 2016 a permis la remontée de différents points,
- de l'évolution réglementaire,
- de la prise en compte de la lettre directive NLD n°0359 du 3 mai 2016, relative à l'utilisation des grues à tour au voisinage des voies ferrées,
- de la prise en compte des courriers du 25 août 2011 et du 3 octobre 2016 relatifs à l'utilisation des dispositifs de protection spéciale de type passe-câble ®,
- de la problématique de réalisation des fondations profondes à proximité des voies sans recours à une virole métallique.

Objet

L'IG 90033 rassemble, au sein d'un même document, les règles de conception, de réalisation et de contrôle des ouvrages provisoires et des opérations de construction concernant le génie civil, les travaux de bâtiment, les terrassements et soutènement ainsi que les traversées des plateformes ferroviaires. Sont considérés comme tels les structures, dispositifs, procédés ou engins (à l'exclusion de certains engins de levage et de leurs accessoires) nécessaires à l'exécution d'ouvrages définitifs comme éventuellement à leur réparation ou à leur démolition ; à titre d'exemples :

- ouvrages provisoires : un étaielement soutien de coffrage, un blindage,...
- opérations de construction : la réalisation de travaux de terrassement, le bétonnage d'un tablier au-dessus d'une plateforme ferroviaire, la mise en place à la grue d'une passerelle préfabriquée, le ripage d'un tablier,...

Le présent document fait partie d'un ensemble de textes applicables aux marchés de travaux selon l'ordre suivant, en allant d'un caractère général à un caractère particulier des prescriptions:

Cahier des Clauses et Conditions Générales (CCCG) travaux (GF 01125)
IN 00031 (Livret 2.00)
IN 04470 (Livret 2.01)
IG 09033 (Livret 2.02)
IN 00034 (Livret 2.21) - IN 00035 (Livret 2.32) - IN 00036 (Livret 2.59)

Livrets communs à toutes les techniques :

- IN 00031: Organisation de la qualité dans le domaine des études d'exécution et de l'exécution des travaux d'ouvrages d'art et autres constructions.
- IN 04470: Règles de conception et de calcul des ouvrages en béton, en métal ou mixtes.
- IG 90033: Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction.

Livrets techniques par spécialités (matériaux ou parties d'ouvrages) :

- IN 00034: Exécution des ouvrages en béton armé et en béton précontraint
- IN 00035: Exécution des ponts et charpentes métalliques et mixtes
- IN 00036: Traitement anticorrosion des constructions métalliques

Les stipulations de l'IG 90033 sont l'adaptation, aux conditions propres aux ouvrages du domaine ferroviaire, des textes ministériels applicables aux marchés publics de travaux, notamment :

- le CCTG fascicule 65: exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint,
- le CCTG fascicule 66 : exécution des ouvrages de génie civil à ossature en acier.

Par ailleurs l'IG 90033 précise l'IN 04470 en ce qui concerne les modalités de calcul des ouvrages provisoires, et renvoie, pour un certain nombre de règles de dimensionnement, aux Eurocodes.

Il est important d'avoir à l'esprit que l'IG 90033 n'est pas le seul document applicable en matière d'ouvrages provisoires ou d'opérations de construction. Parmi les autres documents applicables, citons :

- pour les documents non spécifiques au domaine ferroviaire : les fascicules 65 (béton) et 66 (charpente métallique) du CCTG applicable aux marchés publics de travaux, les Eurocodes, les obligations du code du travail en matière de sécurité des travailleurs, etc.
- pour les documents spécifiques au domaine ferroviaire : le CCCG travaux, les IN 04470 (conception et calcul des ouvrages), 00034 (béton armé), 00035 (charpente métallique), 00044 et 00045 (terrassements) du CPC, etc.
- la réglementation (en particulier du Travail), ainsi que la normalisation.

1. Dispositions générales

1.1. Généralités

1.1.1. Objet

L'IG 90033 a pour objet de définir, dans le cadre de travaux de construction, de réparation, de modification ou de démolition d'ouvrages de génie civil :

- les principes de conception, de réalisation et de contrôle des ouvrages provisoires ⁽¹⁾,
- les règles de conception, de réalisation et de contrôle des opérations de construction.

Commentaire

⁽¹⁾ Les ouvrages provisoires peuvent être appelés "ouvrages auxiliaires" dans les Eurocodes.

1.1.2. Domaine d'application

L'IG 90033 s'applique à tous les ouvrages provisoires ou aux opérations de construction à réaliser lors de travaux de génie civil, qu'ils soient dans les emprises de SNCF Réseau ou en dehors.

Commentaire

Lorsque les ouvrages provisoires et les opérations ont lieu en dehors des emprises de SNCF Réseau, les règles du présent Livret s'imposent dans le cadre de l'application du processus DT - DICT.

1.1.3. Documents de référence

Les clauses de l'IG 90033 sont l'adaptation, aux conditions propres aux ouvrages du domaine ferroviaire, du Cahier des Clauses Techniques Générales émanant du Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports et applicables aux marchés publics de travaux :

- CCTG fascicule 65 : Exécution des ouvrages de génie civil en béton.
- CCTG fascicule 66 : Exécution des ouvrages de génie civil à ossature en acier.

Les règles plus spécifiquement ferroviaires concernent notamment les gabarits et les modalités de réalisation des travaux aux abords des voies.

Est également considéré comme document de référence la NF EN 1991-1-6 : "Actions sur les structures -Actions en cours d'exécution".

1.1.4. Documents applicables ⁽¹⁾

Les clauses des fascicules 65 et 66 du C.C.T.G. relatives aux ouvrages provisoires et opérations de construction sont applicables. Les clauses de la présente IG 90033 sont applicables en priorité par rapport à celles des fascicules du C.C.T.G.

La présente IG 90033 définit les principes de conception, de réalisation et de contrôle des ouvrages provisoires ou des opérations de construction; les documents ci-après sont complémentaires et applicables, suivant leur spécificité, à ces ouvrages ou à ces opérations.

IN 00031 Cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de travaux d'ouvrages d'art et autres constructions. Organisation de la qualité dans le domaine des études d'exécution et de l'exécution des travaux.

IN 04470 Cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de travaux d'ouvrages d'art et autres constructions. Règles de conception et de calcul des ouvrages en béton, en métal ou mixtes.

IN 00034 Cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de travaux d'ouvrages d'art et autres constructions. Exécution des ouvrages en béton armé et en béton précontraint.

IN 00035 Cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de travaux d'ouvrages d'art et autres constructions. Exécution des ponts et charpentes métalliques et mixtes.

IN 00036 Cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de travaux d'ouvrages d'art et autres constructions. Traitement anticorrosion des constructions métalliques.

IN 00044 Cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de travaux d'infrastructures ferroviaires :

- fascicule I: Terrassements pour ouvrages d'art et infrastructure de la voie.
- fascicule II : Grands terrassements.

Ces textes sont eux-mêmes applicables en priorité par rapport aux fascicules 65 et 66 du C.C.T.G. relatives aux ouvrages provisoires et opérations de construction, puis par rapport à l'ensemble des Eurocodes (NF EN 1990 à NF EN 1998)

Commentaire

⁽¹⁾ Sauf indications contraires du marché, les documents applicables sont ceux en vigueur à la date de signature du marché.

1.2. Définition et classement des ouvrages provisoires et opérations de construction

1.2.1. Définition des ouvrages provisoires et des opérations de constructions

1.2.1.1. Ouvrages provisoires

Sont considérés comme ouvrages provisoires les structures, dispositifs, ou engins - à l'exclusion des engins de manutention ⁽¹⁾ - nécessaires à l'exécution d'ouvrages définitifs comme éventuellement à leur réparation ou leur démolition. Les ouvrages provisoires sont des constructions ou des dispositifs dont la durée de vie est faible en regard de la durée de vie escomptée des ouvrages de génie civil.

En particulier sont considérés comme ouvrages provisoires:

- les échafaudages destinés à supporter les déplacements du personnel, du matériel et des matériaux (passerelles de service, plates-formes de travail ...), ⁽²⁾

- les étaielements supportant ou soutenant les structures en cours de réalisation, qu'ils soient verticaux, horizontaux ou inclinés,
- les appuis provisoires type camarteaux, massifs, semelles, (y compris leurs éventuelles fondations profondes ou semi-profondes),
- les ossatures reportant sur les étaielements les actions exercées par les structures en cours de réalisation, ⁽³⁾
- les matériels spéciaux liés aux procédés d'exécution, ⁽⁴⁾
- les dispositifs de protection, notamment ceux destinés à prévenir les chocs accidentels et les chutes, ⁽⁵⁾
- les dispositifs de sécurité vis-à-vis de la résistance ou de l'équilibre statique de l'ouvrage en cours de construction,
- les blindages de fouilles, les soutènements, les batardeaux, ⁽⁶⁾
- les tabliers auxiliaires, les supports « S4 » ⁽⁷⁾, les raidisseurs de voie, les palées anglaises.

Les équipements de travail suivants, nécessaires aux travaux de montage, ne sont pas considérés comme des ouvrages provisoires :

- les engins de manutention,
- les accessoires de levage tels que élingues, pinces auto-serrantes, clés de levage,
- les treuils, vérins, câbles, haubans et moufles,
- les contrepoids,
- les pontons, les nacelles mobiles de chantier.

Commentaire

⁽¹⁾ *Les engins de manutention, par exemple poutres de lancement, grues, portiques, chariots automoteurs,... sont soumis aux règles techniques (décrets et directives CE) qui sont applicables à leur date d'utilisation. A noter que certains matériels peuvent être considérés comme engins de manutention pendant certaines phases de travail et comme matériels spéciaux dans d'autres phases.*

Par exemple, certains matériels sont utilisés pour faire franchir des voies en circulation, à des câbles ou conduits : ils sont alors considérés comme engins de manutention. Ils peuvent également demeurer en place pendant un laps de temps limité sans autre fonction que d'assurer la protection des circulations : ils sont alors considérés comme matériels spéciaux (cas de certaines « protections spéciales » pour travaux sur câbles aériens).

⁽²⁾ *La dénomination “ échafaudages ” peut être étendue aux passerelles provisoires permettant le passage du public pendant les travaux.*

⁽³⁾ *Pour les coffrages classiques (à l'exclusion de ceux intégrés à la structure définitive), il convient également de se reporter à l'IN 00034.*

⁽⁴⁾ *Parmi les matériels spéciaux, on peut citer les coffrages glissants et grimpants, les coffrages outils, les cellules de préfabrication, les avant-becs de lancement ou de poussage, à l'exclusion des engins à usage exclusif de manutention. S'y ajoutent les « protections spéciales » (voir § 2.2.5), qui peuvent être les suivantes (liste non exhaustive) :*

- Portiques bois
- Portiques métalliques (type PUM),
- Echafaudages,
- « Passe-câbles ® – SMMI-PS » ou « Securyline ® – SMMI-PS » ou équivalents,
- Grues avec poulies,

- etc.

⁽⁵⁾ Il peut s'agir de protéger des personnes, des véhicules, d'autres ouvrages provisoires ou définitifs vis-à-vis de chutes de petites masses, de légers mouvements de grosses masses, de transferts inopinés de leurs poids, ou encore de chocs horizontaux de véhicules ou de corps flottants.

Un exemple est constitué par les portiques rigides placés au-dessus des voies ouvertes à la circulation publique (routière, ferroviaire ou piétonne). Autre exemple : les Ducs d'Albe.

⁽⁶⁾ Ne sont pas traités dans le présent Livret les soutènements pour les travaux en souterrain ainsi que les rabattements de nappe, la congélation de terrain, etc.

⁽⁷⁾ Les conditions d'utilisation des tabliers auxiliaires et supports « S4 » sont données dans l'IN 01265.

1.2.1.2. Opération de construction

Une opération de construction est une modification structurelle - soit du schéma statique, soit de la structure elle-même - d'un ouvrage de génie civil, dans le but de faire évoluer la structure vers sa configuration et /ou son emplacement définitifs, soit au contraire dans le but de la démolir.

Sont considérés comme opérations de construction les procédés mis en œuvre pour la réalisation d'ouvrages provisoires ou définitifs comme, éventuellement, pour leur réparation ou leur démolition. En particulier sont considérées comme opérations de construction :

- les opérations de manutention, de mise en place, de réglage, d'assemblage,
- les opérations de montage ou de démontage, y compris les opérations de démolition,
- les opérations de bétonnage,
- les terrassements: fouilles, remblaiements,
- les rabattements de nappe, la congélation de terrain, ⁽¹⁾

Commentaire

⁽¹⁾ Ces opérations ne sont pas traitées dans le présent Livret

1.2.2. Catégories d'ouvrages provisoires ou d'opérations de construction

Les ouvrages provisoires et les opérations de construction sont répartis en deux catégories ⁽¹⁾ en fonction des critères suivants :

- le niveau de risque vis à vis des tiers ⁽²⁾, à savoir :
 - le public: usagers d'infrastructures de transport (circulations ferroviaires, routières, fluviales...),
 - les riverains du chantier
 - les personnes occupant des bâtiments jouxtant le chantier.
- le risque concernant la régularité des circulations ferroviaires,

- le degré de complexité ⁽³⁾ des ouvrages provisoires ou des opérations de construction, étant entendu que cette complexité augmente les risques de non qualité de l'ouvrage définitif,
- dans certains cas, le niveau de qualité requis pour l'ouvrage définitif, en particulier son aptitude à l'usage immédiat (géométrie, résistance,...) ou différé (durabilité,...),
- ou tout autre critère retenu par le Maître d'Ouvrage et précisé au marché.

Font, systématiquement, partie de la 1ère catégorie ⁽⁴⁾ :

- tous les ouvrages provisoires qui, s'ils avaient un mauvais comportement (rupture, perte d'équilibre statique, déformation excessive, ...), pourraient compromettre la sécurité des circulations ferroviaires, routières ou fluviales (ou plus généralement la sécurité des voyageurs ou du public),
- toutes les opérations de construction qui, si elles avaient un mauvais déroulement, pourraient conduire aux mêmes conséquences.

Peuvent également faire partie de la première catégorie :

- tous les ouvrages provisoires qui, s'ils avaient un mauvais comportement, pourraient compromettre la régularité des circulations ferroviaires, routières ou fluviales, ou la qualité de l'ouvrage définitif (et en particulier son aptitude à l'usage immédiat ou différé),
- toutes les opérations de construction qui, si elles avaient un mauvais déroulement, pourraient conduire aux mêmes conséquences.

Font partie de la deuxième catégorie tous les ouvrages provisoires et opérations de construction qui ne sont pas classés en 1ère catégorie.

Sont exclues du champ du contrôle extérieur exercé au titre du présent Livret par le Maître d'Œuvre les obligations légales de l'Entrepreneur résultant de la réglementation du travail ⁽⁵⁾ (sécurité, protection du personnel, ...). Ainsi, lorsqu'un ouvrage provisoire n'est destiné qu'à assurer la sécurité ou la protection du personnel de chantier (Entreprise, Maîtrise d'Ouvrage et Maîtrise d'Œuvre, contrôle, ...), il doit être classé en 2^{ème} catégorie. Ce n'est plus le cas quand l'ouvrage en question franchit des zones accessibles aux circulations et au public ; dans ces conditions il est classé en 1ère catégorie.

Commentaire

⁽¹⁾ *La répartition entre les deux catégories est sujette à appréciation; elle nécessite une analyse de risques au cas par cas (en fonction des conditions d'exécution du chantier, de l'environnement, des contraintes d'exploitation,...) sur la base des critères donnés ci-dessus. En principe cette analyse est faite par le Maître d'Ouvrage, le Maître d'Œuvre étant force de proposition. Le classement en catégories est le moyen qui permet au Maître d'Ouvrage de satisfaire à l'une de ses obligations essentielles : la sécurité des tiers.*

⁽²⁾ *Le critère fondamental est le niveau de risques vis à vis des tiers (extérieurs au chantier), c'est à dire des tiers publics (circulations ferroviaires, routières,...) ou privés (riverains,...).*

Dans la plupart des cas, l'existence d'un risque pour les tiers est liée à la réalisation de travaux dans une zone ouverte au public. L'importance probable des conséquences d'accident dépend alors largement du volume, de la vitesse et de la proximité de la circulation.

⁽³⁾ *La complexité des ouvrages provisoires ou des opérations de construction peut résulter notamment des conditions géométriques imposées par l'ouvrage (biais, pentes,*

etc.), du relief du terrain, de leurs conditions d'appui, de leur conception générale, ou du phasage des opérations.

⁽⁴⁾ *Quelques exemples d'ouvrages provisoires et opérations de construction classés par catégories :*

- *1ère catégorie :*

- passerelle provisoire publique ;
- passerelle provisoire pour le personnel de chantier au-dessus de voies circulées
- étalement de coffrage de tablier au-dessus d'une chaussée circulée ;
- avant-bec pour ouvrage franchissant une voie ferrée en service ;
- blindage en bordure de chaussée ou de voie ferrée circulée ;
- tablier auxiliaire ;
- supports de voies S4 ;
- opération de mise en place de tablier ou élément de tablier au-dessus d'une voie en service ;
- opération de mise en place de tablier dans un délai imposé (intervalle travaux) restreint;

- *2ème catégorie :*

- échafaudage (plate-forme de travail, passerelle de service, ...) à l'intérieur des installations de chantier sans interférence sur des installations ferroviaires et tiers (chaussées, passage de piétons, bâtiments, ...)
- avant-bec hors zones d'installations ferroviaires et tiers (sauf avant-bec pour tablier en béton précontraint) ;
- opération de mise en place de tablier ou d'élément de tablier exécutée hors installations ferroviaires et tiers, et pour laquelle un mauvais déroulement n'est pas susceptible de provoquer des perturbations inadmissibles pour la structure elle-même (sauf avant-bec pour tablier en béton précontraint).

⁽⁵⁾ *Les ouvrages provisoires concernés doivent essentiellement satisfaire aux prescriptions réglementaires de nature fonctionnelle et structurelle prévues pour assurer la sécurité du travail.*

Les catégories d'ouvrages provisoires ou d'opérations de construction sont précisées au marché. Si ce n'est pas le cas, la répartition entre les deux catégories est proposée par l'Entrepreneur dans son offre ou à défaut dans son P.A.Q., pour être soumise par le Maître d'Œuvre à la décision du Maître d'Ouvrage.

Pour tous les ouvrages ou opérations proposés ⁽⁶⁾ en 2^{ème} catégorie, un schéma et une note définissant le principe de leur constitution (ouvrages) ou de leur déroulement (opérations) est fourni au Maître d'Œuvre afin de lui permettre de s'assurer que leur conception d'ensemble ne présente pas un niveau de risque incompatible avec un tel classement.

Commentaire

⁽⁶⁾ *Cette proposition de classement est accompagnée du minimum d'information permettant de juger de la pertinence du classement ; cette information peut consister en un schéma, un croquis, une note mais en aucun cas le dossier d'exécution de l'ouvrage ou opération en cause.*

1.3. Obligations réciproques des intervenants vis-à-vis des ouvrages provisoires

1.3.1. Généralités

Les articles suivants précisent certaines obligations contractuelles de l'Entrepreneur ⁽¹⁾ et du Maître d'Œuvre en fonction des catégories retenues. Lorsqu'un ouvrage provisoire remplit des fonctions de plusieurs natures, l'ensemble des prescriptions relatives à ces natures lui est applicable.

Commentaire

⁽¹⁾ *Les obligations contractuelles de l'Entrepreneur complètent, sans les reproduire, ses obligations légales résultant de la réglementation du travail.*

1.3.2. Obligations de l'Entrepreneur en ce qui concerne les études

Tous les ouvrages provisoires et toutes les opérations de construction doivent faire l'objet d'études d'exécution ⁽¹⁾ de la part de l'Entrepreneur. Ce dernier doit désigner un Chargé des Ouvrages Provisoires (COP) qui sera l'interlocuteur privilégié du Maître d'Œuvre en ce qui concerne les ouvrages provisoires et les opérations de construction.

Les études d'exécution ont pour but de définir parfaitement l'ouvrage provisoire ou l'opération de construction concerné.

Les missions du COP sont définies à l'article 2.1.2 du présent Livret.

Commentaire

⁽¹⁾ *Contrairement au déroulement classique des études des ouvrages définitifs, pour les ouvrages provisoires et les opérations de construction les études de projet et d'exécution sont généralement réalisées simultanément. Ces études des ouvrages provisoires et opérations de construction sont à la charge de l'Entrepreneur.*

1.3.3. Obligations du Maître d'œuvre ⁽¹⁾ -Visa

Le classement en 1ère ou 2ème catégorie conditionne l'intervention du Maître d'Œuvre vis-à-vis de l'étude et de la réalisation des ouvrages provisoires ou d'opérations de construction.

Les études d'exécution des ouvrages provisoires ou des opérations de construction de 1ère catégorie, études visées par le C.O.P., sont soumises au visa du Maître d'Œuvre; le visa du Maître d'Œuvre sur les dessins et/ou les procédures correspondantes constitue un point d'arrêt.

Commentaire

⁽¹⁾ *Précisions sur l'organisation des intervenants (Maître d'Ouvrage, Entrepreneur, contrôleur extérieur, Maître d'Œuvre) en matière de contrôle des ouvrages provisoires de 1ère catégorie et des opérations de construction de 1ère catégorie :*

Maîtrise d'Ouvrage :

Les contrôles, au sens large, sont organisés avant même le début des travaux par le Maître d'Ouvrage, au travers du schéma directeur de la qualité (SDQ), document par l'intermédiaire duquel le Maître d'Ouvrage demande aux différents acteurs de s'inscrire dans la démarche de l'assurance qualité qu'il met en œuvre.

Entreprise (également désigné « Entrepreneur ») :

Cette démarche fait l'objet d'une demande expresse à l'Entrepreneur, traduite dans le contrat de travaux, de mettre en place un système qualité sanctionné par un plan d'assurance de la qualité (PAQ) qui intègre le contrôle intérieur de ses prestations.

Entre autres, le plan d'assurance de la qualité comprend le plan d'organisation des contrôles (POC) et les fiches de contrôle.

Contrôle extérieur :

Au contraire du contrôle intérieur, qui est assuré par le fournisseur (l'Entrepreneur), le contrôle extérieur est celui du client. Le contrôle extérieur comprend donc toutes les actions de contrôle effectuées par divers organismes pour le compte du Maître d'Ouvrage. Ces actions peuvent être exercées par le Maître d'Œuvre, par le Maître d'Ouvrage, par des experts mandatés, ...

Ainsi dans certains cas - éventuellement sur proposition du Maître d'Œuvre - le Maître d'Ouvrage peut souhaiter confier certaines missions de contrôle à un organisme désigné par lui et indépendant de la Maîtrise d'Œuvre.

Les missions de contrôle extérieur peuvent donc être attribuées :

- à un organisme indépendant de la Maîtrise d'Œuvre;*
- ou au Maître d'Œuvre.*

La consistance et la portée des missions de contrôle extérieur sont définies par :

- le schéma directeur de la qualité,*
- et les contrats de Maîtrise d'Ouvrage/Maîtrise d'Œuvre, et Maîtrise d'Ouvrage/ Organisme de contrôle extérieur.*

Par exemple, des missions de contrôle extérieur peuvent être attribuées pour :

- un contrôle exhaustif des documents d'exécution de l'ouvrage provisoire ou de l'opération de construction de 1^{ère} catégorie (sauf mention expresse dans le schéma directeur de la qualité et le contrat de Maîtrise d'Œuvre, le contrôle exercé par le Maître d'Œuvre n'est ni exhaustif ni systématique);*
- des contrôles physiques sur le chantier ou en atelier, comprenant des mesures, des essais ou des épreuves (sauf mention expresse dans le contrat de Maîtrise d'Œuvre, le Maître d'Œuvre n'exerce pas directement de tels contrôles).*

Le contrôle extérieur effectué par un organisme de contrôle extérieur est concrétisé par un visa des documents contrôlés ou un avis transmis au Maître d'ouvrage et au Maître d'Œuvre.

Lorsque des missions de contrôle extérieur sont confiées à un organisme indépendant de la Maîtrise d'Œuvre, le Maître d'Ouvrage prévoit généralement que le pilotage de cet organisme comme l'analyse de ses prestations soient assurés par le Maître d'Œuvre.

Maîtrise d'Œuvre :

Le contrôle exercé par le Maître d'Œuvre dans le cadre des ouvrages provisoires de 1^{ère} catégorie et des opérations de construction de 1^{ère} catégorie s'inscrit dans la mission « Direction de l'Exécution des Travaux (DET) », et non pas dans la mission « VISA », car ces ouvrages et opérations n'ont - en général - pas fait l'objet d'un projet de la part du Maître d'Œuvre. Cependant les documents concernés sont contrôlés avec soin dans la mesure où des enjeux forts (enjeux de sécurité, enjeux économiques,...) sont toujours présents.

Ceci implique d'ailleurs souvent le recours à la composante « étude » de la Maîtrise d'Œuvre qui est généralement chargée de la mission « VISA », voire à un organisme de contrôle extérieur .

La portée et la consistance de la mission du Maître d'Œuvre sont définies par :

- *le schéma directeur de la qualité ;*
- *la loi « MOP » ;*
- *le contrat Maîtrise d'Ouvrage/Maîtrise d'Œuvre.*

Le contrôle du Maître d'Œuvre consiste à :

- *s'assurer de la bonne organisation et du bon fonctionnement du système qualité de l'Entrepreneur ;*
- *veiller à l'application - par l'Entrepreneur - de son plan d'assurance de la qualité, s'assurer de l'efficacité du contrôle interne de l'Entreprise et de son contrôle externe s'il est exigé au marché ;*
- *lever les points d'arrêt.*

Les contrôles exercés par le Maître d'Œuvre, tant au cours des études d'exécution qu'en phase de réalisation des travaux, ne sont pas exhaustifs. La quantification de ses actions de surveillance est fonction de la confiance qu'il accorde à la qualité du contrôle intérieur de l'Entreprise, du risque encouru et de l'incidence de ce dernier sur la partie d'ouvrage considérée ou sur l'opération concernée. La surveillance exercée par le Maître d'Œuvre n'est systématique que si le schéma directeur de la qualité et le contrat de Maîtrise d'Œuvre le prévoient (cas des opérations en site exploité réalisées sous Maîtrise d'Œuvre œuvre extérieure à SNCF Réseau) ; il s'agit alors d'une mission de contrôle extérieur complémentaire par rapport à la mission de Maîtrise d'Œuvre.

Par ailleurs, en aucun cas le contrôle exercé par le Maître d'Œuvre ne peut se substituer au contrôle intérieur de l'Entreprise.

Le contrôle du Maître d'Œuvre est concrétisé par :

- *le visa des plans d'exécution et des procédures travaux;*
- *la levée des points d'arrêt.*

Les ouvrages provisoires de 2^{ème} catégorie sont placés sous la seule responsabilité de l'Entrepreneur et les documents d'exécution ne sont donc pas visés par le Maître d'Œuvre.

Un jeu complet de ces documents, visés par le C.O.P., est tenu en permanence au chantier, à la disposition du Maître d'Œuvre, jusqu'à la réception des ouvrages définitifs⁽²⁾.

Commentaire

⁽²⁾ *Il appartient donc au C.O.P. de garantir la sécurité de ces ouvrages. Par ailleurs, cette disposition permet au Maître d'Œuvre de s'assurer que :*

- *les études correspondantes ont été établies et que les documents d'exécution ont été signés par le Chargé des Ouvrages Provisoires (C.O.P),*
- *les ouvrages provisoires de 2^{ème} catégorie sont du même type que ceux figurant sur les documents visés par le C.O.P.*
- *la conception d'ensemble ne présente pas un niveau de risque incompatible avec un classement en 2^{ème} catégorie.*

1.3.4. Sécurité des circulations ferroviaires et protection du chantier

1.3.4.1. Obligations vis-à-vis de la sécurité des circulations ferroviaires

Une prévention efficace des risques liés à la réalisation de travaux au-dessus, au-dessous ou aux abords des voies ferrées exploitées implique, à tous les niveaux, la plus grande rigueur dans la préparation de l'opération, et ceci dans le respect des missions dévolues par les voies réglementaire et contractuelle aux divers intervenants : Maître d'Ouvrage, établissement utilisateur (l'exploitant ferroviaire), coordonnateur « SPS », Maître d'Œuvre et autres contrôleurs extérieurs, Entrepreneurs.

Pour l'Entrepreneur s'imposent, vis-à-vis de la sécurité des circulations ferroviaires, outre la réglementation générale :

- les prescriptions de l'article 43.7 du C.C.C.G. ;
- les prescriptions techniques du présent Livret ;
- les précisions et compléments apportés par le Maître d'Œuvre à ce Livret dans le marché (par exemple la définition de périodes d'interruption ou de ralentissement des circulations pour la réalisation de tels ou tels travaux à risques) ;
- les prescriptions du PGC SPS (qui est une pièce contractuelle) et, au travers de ce document, les prescriptions du plan de prévention ;
- toutes autres règles ou consignes de sécurité (relatives au chantier concerné) émanant de l'établissement utilisateur et qui, pour une raison quelconque, n'auraient pas encore été reprises dans le plan de prévention ;
- les injonctions, sur le chantier, du coordonnateur SPS (notamment en cas de danger grave ou imminent) ;
- les injonctions, sur le chantier, du représentant de l'établissement ferroviaire SNCF Réseau, chargé de la protection des circulations ferroviaires.

1.3.4.2. Risques « résiduels », dispositifs d'alerte et d'arrêt d'urgence des trains

Lors des opérations de construction ou de démolition réalisées aux abords des voies exploitées, la réalisation de certains travaux pouvant présenter des risques a lieu pendant des périodes d'interdiction des circulations ferroviaires, selon le cas avec ou sans consignation des installations de traction électrique, ou encore pendant des périodes de ralentissement des circulations.

Le présent Livret et le marché conclu avec l'Entrepreneur définissent quels sont ces travaux à risques et quelles sont les périodes d'interdiction ou de ralentissement des trains.

En dehors de ces périodes, il subsiste cependant des risques « résiduels » qui, bien que difficiles à évaluer, peuvent être considérés par l'exploitant ferroviaire comme trop élevés et donc non acceptables. Pour réduire ces risques « résiduels » des dispositions permettant de donner l'alerte ou d'arrêter les trains en cas d'urgence peuvent être envisagés.

Le marché peut prescrire ou faire état de l'emploi de certains de ces dispositifs.

2. L'assurance de la qualité

2.1. Le chargé des Ouvrages Provisoires, assurance de la qualité

2.1.1. Généralités

Comme pour les ouvrages définitifs, l'assurance de la qualité en ce qui concerne les ouvrages provisoires et les opérations de construction repose sur le plan d'assurance de la qualité (P.A.Q.) comme sur les divers contrôles intérieurs ou extérieurs exercés en cours d'études et de chantier.

Afin d'exercer ces contrôles internes comme pour servir d'interlocuteur privilégié du Maître d'Œuvre en ce qui concerne les ouvrages provisoires et opérations de construction, l'Entrepreneur propose au Maître d'Œuvre un Chargé des Ouvrages Provisoires (C.O.P.). Le C.O.P. est placé sous l'autorité du directeur du chantier et s'intègre dans l'organisation générale de la qualité prévue par l'IN 00031.

2.1.2. Missions du Chargés des Ouvrages Provisoires (COP)

Sauf précision contraire du P.A.Q., le C.O.P.⁽¹⁾ représente l'Entrepreneur vis-à-vis du Maître d'Œuvre en ce qui concerne les ouvrages provisoires et opérations de construction.

Les attributions générales du C.O.P sont les suivantes.

Le C.O.P. a autorité pour assurer toutes les actions nécessaires au bon déroulement des opérations impliquées par les ouvrages provisoires ou des opérations de construction, qu'il s'agisse de conception, de coordination, d'exécution ou de sécurité du personnel et des tiers. Cette action consiste notamment à vérifier que :

- le projet d'exécution des ouvrages provisoires ou des opérations de construction repose sur des données convenables⁽²⁾ et comporte toutes les précisions nécessaires à l'exécution,
- les obligations contractuelles concernant les ouvrages provisoires ont bien été prises en compte,
- le projet d'exécution des ouvrages provisoires ou des opérations de construction est complet,
- l'exécution des ouvrages provisoires et le déroulement des opérations de construction sont conformes aux études fournies (dessins, charges exercées, qualité des sols rencontrés, programmes de mise en œuvre, consignes diverses).

A ce titre, il appose son visa sur les documents d'exécution et de suivi d'exécution des ouvrages provisoires et opérations de construction.

En ce qui concerne le montage et la mise en place d'ossatures métalliques ou mixtes au chantier, les missions du C.O.P. comprennent celles qui incombent au responsable des opérations de montage au sens du fascicule 66 du CCTG des marchés publics de travaux.

Si les travaux ne relèvent que de la construction métallique, ces missions sont du ressort direct du Chargé des Constructions Métalliques (C.C.M.). Dans les autres cas (travaux de construction métallique associés à des travaux de génie civil), le P.A.Q. doit préciser la limite des attributions et des responsabilités du C.O.P. afin de permettre au C.C.M. d'accomplir en toute connaissance de cause ses missions.

Commentaire

⁽¹⁾ *La position du C.O.P. doit être telle que les contrôles qu'il effectue puissent être considérés comme internes.*

Maints accidents d'ouvrages provisoires ou d'opérations de construction ont été imputés à un oubli ou à un défaut de liaison entre bureau d'étude et chantier, ayant conduit à des erreurs de la part de ce dernier. C'est pourquoi le rôle de coordination dévolu au C.O.P. est primordial.

D'autres vérifications peuvent au choix de l'Entrepreneur être ou non confiées au C.O.P. Il s'agit notamment de celles consistant à vérifier que :

- *les matériaux et matériels approvisionnés pour constituer les ouvrages provisoires sont dans un état aussi bon que prévu,*
- *les matériaux et matériels utilisés demeurent en bon état au cours de leurs emplois successifs,*
- *les repères destinés à vérifier la géométrie des ouvrages (déformations, tassements) sont bien en place,*
- *les ouvrages provisoires sont maintenus en bon état jusqu'à la fin de leur utilisation,*
- *ils sont utilisés et démontés correctement.*

Ces vérifications relèvent quoiqu'il en soit de la responsabilité de l'Entrepreneur, et leurs modalités n'en sont pas moins à porter au P.A.Q.

⁽²⁾ *En particulier pour ce qui concerne la portance du sol (tenant compte des zones fraîchement remblayées, de la présence de canalisations et de toute autre hétérogénéité des sols).*

2.1.3. Contenu du P.A.Q. en ce qui concerne les ouvrages provisoires et les opérations de constructions

La réalisation des ouvrages provisoires et des opérations de construction doit être intégrée au P.A.Q. de l'ouvrage au même titre que celle des structures définitives.

La liste complète des ouvrages provisoires ou des opérations de construction de 1ère et de 2ème catégorie doit être intégrée au P.A.Q., ainsi que la composition des projets d'exécution les concernant (dont le type de justification proposé). Le degré de définition du P.A.Q. est prescrit au C.P.S.

En particulier, pour les ouvrages provisoires ou opérations de construction de première catégorie, le P.A.Q. contient les consignes concernant l'utilisation des différents ouvrages provisoires, ainsi que l'utilisation de tout matériel exerçant une action sur ceux-ci ou sur l'ouvrage définitif en phase provisoire, et les dispositions prises à l'égard de tout élément dont la défaillance présenterait un risque appréciable pour la sécurité.

Le P.A.Q. précise les modalités du contrôle intérieur des ouvrages provisoires ou opérations de construction, notamment les modalités du contrôle effectué par le C.O.P. Si le marché le prescrit, celui-ci, avant tout début des opérations correspondantes, établit pour être transmises au Maître d'Œuvre les attestations récapitulant les vérifications obligatoirement effectuées par lui-même et certifiant qu'il a été remédié aux non-conformités constatées et qu'en conséquence les ouvrages provisoires concernés sont aptes à être mis en service.

Si certains ouvrages ou certaines parties d'ouvrages nécessitent l'intervention conjointe du C.O.P. et d'un autre chargé de mission, compte tenu des missions à assurer, le P.A.Q. doit

préciser les attributions et les responsabilités de chacun. A défaut de précision, le C.O.P. est responsable de la totalité des missions décrites à l'article 2.1.2 du présent Livret.

Toute opération de mise en place de tablier doit faire l'objet d'une Note d'Organisation Particulière (N.O.P.) selon l'article 2.3. de l'IN 00031 et d'une seule, quel que soit le nombre d'entreprises intervenant dans l'opération.

2.2. Etudes d'exécution

2.2.1. Généralités ⁽¹⁾

Dans le silence du marché, le projet des ouvrages provisoires comme celui des opérations de construction est à la charge de l'Entrepreneur. La procédure d'organisation des études définie à l'article 2.4.1 du chapitre 2 de l'IN 00031 précise les modalités de réalisation de ces études.

Les études d'exécution des ouvrages provisoires comme celles des opérations de construction comprennent tous les documents nécessaires à leur définition : dessins d'exécution et procédures travaux, assortis des justifications et calculs correspondants. Elles comprennent également les programmes d'essais ou d'épreuves, tout document justificatif, les procès-verbaux d'essais ou d'épreuves correspondants et tout document nécessaire à la bonne compréhension du fonctionnement de l'ouvrage ou de l'opération : phasages, plannings, ... Les études d'exécution tiennent compte des exigences imposées pour l'ouvrage définitif et son environnement. Elles donnent en particulier la succession détaillée de toutes les phases opératoires, les divers schémas statiques successifs de l'ouvrage, et les charges appliquées dans chacune des configurations.

La sécurité doit être prise en compte dès la conception, au moment du choix des procédés d'exécution.

Les ouvrages provisoires relevant de la responsabilité de l'Entrepreneur, à qui s'impose la législation du travail, les documents d'exécution correspondant doivent permettre au Maître d'Œuvre de s'assurer non seulement que le projet et la réalisation des ouvrages provisoires et opérations de construction sont bien adaptés aux résultats à obtenir, mais encore qu'ils présentent les garanties requises au regard de la sécurité des personnes.

La protection de l'environnement, sauf cas dûment recensé dans le marché, relève de la responsabilité de l'Entrepreneur.

Un jeu complet de tous les documents d'exécution signés ou contresignés par le C.O.P., est tenu en permanence sur le chantier à la disposition du Maître d'Œuvre jusqu'à la réception de l'ouvrage définitif, comme prévu à l'article 1.1.3 du présent Livret.

Pour les ouvrages provisoires ou opérations de construction de 1ère catégorie, ces documents sont aussi visés par le Maître d'Œuvre.

Commentaire

⁽¹⁾ *En ce qui concerne les opérations de construction (opérations de mise en place en particulier), les éléments à prendre en compte dans l'élaboration des projets correspondants et qui apparaissent dans le présent Livret peuvent être précisés dans les Livrets concernant les matériaux (IN 00034 et IN 00035 principalement). Les documents constituant ces projets doivent être compatibles et cohérents (par exemple : rédaction d'une seule procédure travaux " mise en place " même si les éléments qui la composent ressortent d'indications de l'IG 90033 et de l'IN 00034).*

2.2.2. Justifications des ouvrages provisoires et opérations de construction

La résistance, la stabilité et le bon comportement des ouvrages provisoires comme des parties d'ouvrages définitifs en situations transitoires (phases de construction ou de démolition, situations de modification du schéma statique, etc.) doivent être justifiés.

Les justifications des ouvrages provisoires ou opérations de construction consistent en notes de calculs, procès-verbaux d'essais ou d'épreuves, présentation de références et/ou documentation techniques appropriées.

Les justifications de stabilité, résistance et déformabilité sont conduites conformément aux dispositions du chapitre 3 du présent Livret.

2.2.3. Dessins d'ouvrages ou opérations de construction

- Ouvrages provisoires

Les dessins d'exécution définissent complètement et de manière détaillée la géométrie des ouvrages provisoires, la nature et les caractéristiques des matériaux mis en œuvre, la nature et les caractéristiques de tous leurs éléments constitutifs et celles de leurs assemblages.

Les dessins décrivent notamment :

- les dispositions prises pour assurer la stabilité et la protection des fondations, faisant apparaître les zones de remblai récent, la présence de fouilles ou de canalisations (réseaux), les zones de ruissellement et les dispositions prises pour éviter les affouillements ;
- les dispositions prises pour limiter les tassements du sol, par exemple par des semelles de répartition de dimensions suffisantes ;
- les assemblages ;
- les conditions d'appui des éléments structuraux, qui doivent être compatibles avec leur stabilité propre et celles de leurs supports ;
- les dispositions assurant la stabilité statique et/ou élastique (contreventements, etc.), qui doit être assurée dans les trois dimensions de l'espace ;
- les dispositions à respecter pour la manutention et pour toutes les opérations de calage, réglage, décalage, vérinage, dévérinage, décentrement, décoffrage, démontage ;
- les contre flèches des ouvrages provisoires et leurs tolérances d'exécution ;
- les dispositions permettant d'assurer d'une part la mise en place et le serrage du béton, et d'autre part la liberté de déformation du béton sous les effets du retrait et de la mise en précontrainte ;
- les dispositifs de contrôle des déplacements et déformations et des tassements en fonction du processus de mise en charge.
- Opérations de construction

Les opérations de construction sont définies dans le projet d'exécution de l'ouvrage définitif (à réaliser) et dans les procédures décrivant le déroulement de l'ensemble des opérations à réaliser, ainsi que la nature et les caractéristiques des éléments d'ouvrages concernés, des ouvrages provisoires et des moyens nécessaires (matériels, outillages, appareils, matériaux, produits, personnels – et leur qualification...). Les compléments suivants sont à apporter en ce qui concerne les opérations de construction.

Les dessins d'exécution définissent le déroulement de l'ensemble des opérations à réaliser, ainsi que la nature et les caractéristiques des éléments provisoires d'ossature, des ouvrages provisoires et des matériels nécessaires.

Les dessins précisent également :

- les phases élémentaires successives des opérations avec leur durée et leur enchaînement (planning et planning minuté),
- la définition des réactions d'appui, les valeurs de déformation des éléments,
- les dispositifs de guidage, de retenue, les systèmes de sécurité, les points d'ancrage, de préhension, de vérinage,
- l'implantation des engins de manutention, leurs rayons d'action,
- les conséquences prévisibles pour l'environnement de l'utilisation des matériels et engins de chantier.

2.2.4. Procédures travaux

2.2.4.1. Généralités

Tous les ouvrages provisoires et les opérations de construction doivent faire l'objet d'une procédure travaux comportant notamment :

- les spécifications des matériels utilisés⁽¹⁾, comprenant les fiches techniques détaillées, qu'il s'agisse de matériels spéciaux ou de tout matériel en provenance d'un tiers fabricant,
- les moyens humains mis en œuvre⁽¹⁾,

Commentaire

⁽¹⁾ Pour les opérations de première catégorie présentant un risque de régularité, les moyens de secours (matériels/matériaux/humains) sont précisés.

- la nature des consignes de chantier concernant l'utilisation des différents ouvrages provisoires, ainsi que l'utilisation de tout matériel exerçant une action quelconque sur ceux-ci,
- pour les opérations de construction, le recensement des défaillances possibles et les dispositions prises pour y remédier,
- les dispositions prises à l'égard de tout élément dont la défaillance risquerait d'avoir des conséquences graves pour la sécurité ou la qualité requise pour l'ouvrage définitif,
- l'enchaînement, voire le minutage, des diverses opérations nécessaires à l'achèvement de l'ouvrage définitif,
- les divers contrôles à effectuer, tant pour les ouvrages provisoires qu'au cours des opérations de construction des ouvrages définitifs, et les procédures concernant ces contrôles, avec mention des points d'arrêt précisés au marché,
- les modalités de réception, réutilisation et remise en état concernant les ouvrages pouvant être réemployés⁽²⁾

Commentaire

⁽²⁾ Lors de la livraison au chantier de tous matériaux ou matériels destinés aux ouvrages provisoires ou/et opérations de construction autres que les coffrages, le C.O.P. établit pour cette livraison une attestation certifiant :

- soit qu'il s'agit de produits neufs,
- soit, si les produits ne sont pas neufs et que le marché n'interdit pas leur emploi, qu'il s'agit de produits ayant été vérifiés, triés et remis en état suivant les règles de l'art de façon à donner des garanties équivalentes à celles des produits neufs.

- les tolérances applicables aux ouvrages provisoires,
- les dispositions relatives à l'entretien de ces ouvrages.

Un exemplaire de cette attestation est tenu à la disposition du Maître d'Œuvre sur le chantier, avec les documents constituant le projet jusqu'à la réception des ouvrages définitifs.

Le réemploi sur le chantier de matériaux ou matériels est autorisé, tant que leurs déformations ou les effets de fatigue ne risquent pas de compromettre la sécurité de l'exécution, ce dont l'Entrepreneur est seul responsable. L'Entrepreneur porte sur les plans d'exécution le nombre de réemplois. La limite ainsi assignée au nombre de réemplois est fixée par l'Entrepreneur sous sa responsabilité. Les matériaux ou matériels dégradés sont rebutés ou réparés en atelier ; dans ce dernier cas, le C.O.P. certifie la validité de la réparation.

Les ouvrages provisoires et opérations de construction doivent faire l'objet d'une analyse de risques.

2.2.4.2. Cas des opérations de mise en place (ou dépose) d'ouvrages ou de parties d'ouvrages

La réflexion préalable à l'élaboration des diverses procédures à établir dans le cas des opérations de mise en place d'ouvrages ou de parties d'ouvrages, doit être conduite en s'appuyant sur une analyse de risques.

La procédure de mise en place doit recenser les risques, faire état de la solution retenue pour pallier chaque risque, et faire état de la solution à mettre en œuvre si le risque subsiste malgré tout (définition de moyens de contrôle à mettre en place, par exemple).

Les divers contrôles à effectuer au stade de la préparation de ces opérations comme pendant leur exécution sont décrits dans le PAQ. La procédure relative à l'opération proprement dite comprend le planning minuté des différentes opérations élémentaires, décrit leur enchaînement et le chemin critique, fait apparaître les marges pour aléas ⁽¹⁾ et précise les noms des opérateurs, indique leurs tâches et les consignes qui leur sont données.

Commentaire

⁽¹⁾ Exemples d'aléas : ceux nécessitant la mise en œuvre d'un matériel de secours ou le remplacement d'un tronçon de chevêtre de ripage.

Les essais de déplacement ainsi que - dans le cas des opérations de lancement - les essais sur plateformes font l'objet de procédures travaux.

Les procédures travaux établies dans le cadre d'opérations de véringage en vue de déplacer vers le haut ou vers le bas des charges importantes (par exemple mise en place d'un tablier sur dispositifs de ripage) doivent comporter au minimum :

- les caractéristiques des différents matériels utilisés : vérins, flexibles, pompes hydrauliques, dispositifs d'alimentation des pompes, manomètres, systèmes d'asservissement, calages, etc...),
- les conditions d'utilisation de ces matériels,
- la désignation des opérateurs avec la définition précise de leur rôle et du contenu des consignes qui leur sont données,
- les emplacements des vérins, leur accessibilité, leurs conditions d'appui,

- les valeurs des déplacements à effectuer dans chaque opération élémentaire et les tolérances correspondantes,
- les caractéristiques du dispositif de mesure des déplacements verticaux et, le cas échéant, les modalités d'établissement des courbes efforts/déplacements.

2.2.4.3. Analyse des risques

2.2.4.3.1. Dispositions communes

L'analyse de risques consiste, pour l'Entrepreneur, à :

- identifier les incidents ou anomalies probables,
- évaluer leurs conséquences,
- classer les événements en fonction de l'importance des risques associés,
- trouver des parades aux risques retenus dans l'analyse,
- s'assurer que ces parades seront efficaces si l'événement redouté venait à se produire.

Les parades de 1^{er} niveau sont des moyens préventifs mis en œuvre dans les phases d'étude et de préparation de l'opération ; les parades de 2^{ème} niveau correspondent à des moyens de "rattrapage" mis en œuvre lorsque l'événement se produit malgré la parade de 1^{er} niveau. Les parades de 2^{ème} niveau ne sont à prévoir que dans le cas où des doutes subsistent sur l'efficacité de celles de 1^{er} niveau, c'est à dire lorsque les tests et vérifications des parades de 1^{er} niveau ne sont pas concluants.

L'Entrepreneur a en charge la mise en œuvre des parades de 1^{er} niveau comme celles de 2^{ème} niveau.

2.2.4.3.2. Particularités des opérations de translation de tabliers, cadres ou portiques

L'analyse de risques doit intégrer, au minimum, les incidents suivants :

- tassement, déversement d'une palée de ripage,
- déformation du chemin de ripage sous l'effet d'une mauvaise répartition des efforts,
- désordres au niveau des points d'appui de la structure sous l'effet d'efforts non prévus,
- déformation ou rupture d'ancrages du système moteur,
- blocage en cours de ripage sous l'effet de frottements trop importants ou en raison d'une discontinuité du chemin de ripage, ou encore en raison d'une « mise en crabe » du tablier,
- vitesse d'avancement trop faible,
- pannes de matériels (vérins, ...),
- déformations et contraintes inadmissibles de la structure en raison d'une faible rigidité transversale ou d'une faible rigidité torsionnelle,
- endommagement ou blocage d'un organe de frottement ou de roulement.

2.2.4.3.3. Particularités des opérations de roulement sur remorques routières automotrices (type "Kamag" par exemple)

L'analyse de risques doit intégrer, au minimum, les incidents suivants :

- retards des opérateurs/équipes,

- mauvais positionnements du colis sur les chariots ou des chariots sous le colis,
- panne de chariots,
- portance insuffisante,
- obstacles pendant la manutention sur le cheminement,
- non désolidarisation des appuis du tablier lors d'une phase de dépose,
- quantité insuffisante de tôles de roulement.

2.2.4.3.4. Particularités des opérations de manutention à la grue

Parmi les risques qu'il est nécessaire d'envisager, on peut citer :

- la pénétration dans la zone de protection ou dans la zone interdite (voir chapitre 4) ;
- le basculement par dépassement de la charge admissible ;
- le basculement sous des effets dynamiques importants ;
- le basculement par tassement des appuis ;
- le basculement sous l'effet du vent ;
- la rupture de la liaison entre chef de manœuvre et grutier ;
- la panne de l'engin de levage ;
- les pannes ⁽¹⁾ ou retards dus à des avaries de petit matériel ;
- les erreurs humaines liées à de mauvaises conditions de travail (défaut d'éclairage, ...).

Commentaire

⁽¹⁾ *Le marché peut imposer, en fonction des contraintes de délai par exemple, que l'Entrepreneur mette à disposition, sur le chantier, du personnel de maintenance compétent en hydraulique, mécanique et électronique/électrotechnique en vue d'assurer le dépannage du matériel utilisé*

2.2.5. Cas des « Protections spéciales » pour travaux sur câbles aériens

Dans la mesure où les travaux sont réalisés aux abords et éventuellement au-dessus des voies exploitées, les protections spéciales sont des ouvrages provisoires de 1^{ère} catégorie et leur mise en place ainsi que leur repli sont considérés comme des opérations de construction de 1^{ère} catégorie.

Les documents à fournir par l'Entrepreneur concernent la stabilité, la résistance et la sécurité de l'ensemble du dispositif, dans toutes les phases d'utilisation :

- son déploiement ou mise en place et son repliement ou démontage,
- son utilisation en tant que protection spéciale pour les travaux sur câbles aériens,

Ces documents sont visés par un organisme de contrôle technique indépendant accrédité, missionné par l'Entrepreneur, et sont tenus à la disposition de SNCF Réseau. Ce visa doit faire l'objet d'un « rapport » engageant la responsabilité du contrôleur vis-à-vis de la sécurité des installations et de l'exploitation ferroviaire.

2.3. Points d'Arrêt et Points Critiques

2.3.1. Conditions de levée des points d'arrêt

Conformément aux spécifications de l'article 1.5.5 de l'IN 00031, les actions du contrôle extérieur consistent notamment à :

- vérifier que l'organisation décrite dans la N.O.G. est effective,
- vérifier le fonctionnement réel et correct du contrôle intérieur (respect des prescriptions contractuelles,...),
- lever les points d'arrêt après avoir effectué les vérifications précédentes selon les dispositions (délais, préavis, ...) définies dans la N.O.G.
- La levée des points d'arrêt nécessite :
 - que le C.O.P. dispose des documents - à jour et visés - permettant la poursuite des travaux,
 - que les contrôles effectués par le contrôle extérieur n'aient donné lieu à aucune observation,
 - que la résolution des non-conformités ait été faite en accord avec le Maître d'Œuvre ou son représentant.
- Dans le silence du marché, le contrôle extérieur est assuré par le Maître d'Œuvre ; il est formalisé par un visa apposé sur le document de suivi d'exécution relatif à la levée du point d'arrêt concerné.

2.3.2. Points d'arrêt

2.3.2.1. Généralités

La liste des points d'arrêt est fixée comme suit, étant entendu que le Maître d'Œuvre se réserve le droit d'en définir d'autres en fonction des particularités de l'ouvrage provisoire ou de l'opération de construction ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Les contrôles préalables aux opérations à réaliser pendant des périodes d'interdiction du trafic et de coupure du courant électrique de traction, doivent faire l'objet d'un point d'arrêt garantissant, notamment, la sécurité de l'opération à réaliser (absence de risque pour les installations ferroviaires) et que la totalité des travaux prévus pendant cette période sera réalisée dans les délais.*

La réouverture au trafic de la ligne en fin de période d'interdiction ainsi que la fermeture du chantier (le soir par exemple) nécessitent que les dispositifs de sécurité (calages, étaitements, appareils d'appui, blindages, contreventements, gabarits, etc.) aient été vérifiés par l'Entrepreneur. Ces contrôles sont aussi des points d'arrêt (à "lever" par le Maître d'Œuvre) autorisant la reprise du trafic en fin de période, ou la poursuite de celui-ci, sans mesure particulière.

2.3.2.2. Ouvrages provisoires et opérations de construction de 1^{ère} catégorie

Le visa, par le Maître d'Œuvre, des documents du projet d'exécution, constitue un point d'arrêt.

- cas général : point d'arrêt avant mise en charge ou mise en service,

- blindages : pas de point d'arrêt imposé,
- ouvrages provisoires ou opérations de construction réalisés lors d'un intervalle de circulation (exemple : travaux de blindage à proximité des voies, réalisés sur intervalles de circulation ferroviaire) : point d'arrêt avant reprise de la circulation si la stabilité, la résistance, la déformabilité ou l'implantation a une conséquence sur la sécurité.

2.3.2.3. Ouvrages provisoires et opérations de construction de 2^{ème} catégorie

Pour ces ouvrages et opérations, il n'y a pas de point d'arrêt imposé. Pour ses besoins propres, l'Entrepreneur peut toutefois être amené à proposer des points d'arrêt supplémentaires non imposés par le Maître d'Œuvre.

2.3.2.4. Particularités des opérations de ripage d'ouvrages ou élément d'ouvrages :

Les points d'arrêt spécifiques aux opérations de ripage de tabliers, cadres et portiques classées en 1^{ère} catégorie sont au minimum les suivants :

- a) Tenue de la séance de formation du personnel aux opérations à réaliser.
- b) Acceptation des chemins de ripage (y compris leurs appuis) et de guidage ; les contrôles minimum à effectuer sont les suivants :
 - les contrôles découlant des dispositions des IN 00034 et 00035, pour ce qui concerne la stabilité et la résistance des supports, y compris celle du sol,
 - les contrôles de la géométrie, de la continuité et de l'état de surface des chemins de ripage (respect des tolérances,...).
- c) Acceptation du système de ripage (matériels, matériels de secours, organisation, intervenants...) à l'issue de l'essai de ripage, autorisant l'opération proprement dite ; les contrôles à effectuer résultent notamment de l'analyse de risque.
- d) Acceptation de la structure en fin de ripage, autorisant la poursuite des travaux (scellement des appareils d'appui, ...). Les contrôles minima à effectuer sont les suivants :
 - la visite de l'ouvrage avec examen détaillé des zones d'appui,
 - le contrôle de la position géométrique de la structure mise en place (vérification des tolérances,...).

2.3.2.5. Particularités des opérations de lancement d'ouvrages ou éléments d'ouvrages

Les dispositions relatives aux opérations de ripage de 1^{ère} catégorie (voir ci avant) sont applicables aux opérations de lancement.

2.3.2.6. Particularités des opérations de levage

Les points d'arrêt spécifiques aux opérations de levage de 1^{ère} catégorie sont au minimum les suivants :

- a) Point d'arrêt avant mise en station de l'engin (implantation, nivellement, appuis,...). La levée du point d'arrêt est conditionnée par la présentation des documents suivants :
 - attestation de réception, par le levageur, des supports sur lesquels vont reposer l'engin ;

- documents justifiant que les vérifications réglementaires des engins, supports et accessoires de levage ont été effectuées, et que les conclusions sont satisfaisantes ;
 - certificats d'assurances.
- b) Point d'arrêt avant essai préalable de levage. La levée du point d'arrêt est conditionnée par la réalisation du contrôle de la mise en station de l'engin (implantation, nivellement, appuis,...), et du contrôle de la structure à manutentionner dans sa configuration de levage, y compris le contrôle des dispositifs provisoires (oreilles, dispositifs anti-déversement,...). La réalisation de l'essai préalable de levage et le pesage conditionnent la réalisation de l'opération de levage proprement dite.
- c) Point d'arrêt avant opération de levage proprement dite.
- d) Point d'arrêt après la pose de la structure mise en place. La levée du point d'arrêt est conditionnée par la position géométrique de la structure dans le respect des tolérances exigées.

2.3.3. Points critiques

2.3.3.1. Généralités

Sauf pour les opérations de ripage ou lancement de structures préfabriquées, le présent Livret n'impose aucun point critique particulier ; ceux-ci sont fixés dans la N.O.G. Toutefois, le Maître d'Œuvre se réserve le droit d'en définir en fonction des particularités de l'ouvrage provisoire ou de l'opération de construction.

2.3.3.2. Particularités des opérations de ripage ou parties d'ouvrages

Les points critiques suivants sont spécifiques aux opérations de ripage de tabliers ou éléments de tabliers classées en 1^{ère} catégorie:

- début de ripage,
- points d'avancement intermédiaires,
- fin de ripage.

Pour chacun des points critiques, l'information est à transmettre immédiatement au représentant de la Maîtrise d'Œuvre. Cette information, écrite, fait l'objet de fiches de contrôle et comprend au minimum :

- l'indication de l'heure,
- les résultats de la mesure de l'avancement sur chaque file d'appui,
- les valeurs d'avancement correspondantes prévues au programme minuté,
- l'heure prévisible de fin de ripage,
- la mesure de l'effort réel exercé sur chaque file d'appui équipée de moyens moteurs,
- le visa des personnes chargées de ces mesures (personnes habilitées par l'Entrepreneur et désignées dans le P.O.C.).

Dans le cas d'opérations de ripage de cadres en béton armé, de tabliers de grande longueur ripés sur plus de deux files d'appuis, de tabliers de ponts-rails pour deux voies, de tabliers biais (angle inférieur à 70 gr), l'information ci-dessus est complétée par les résultats des mesures de nivellement avec indication des valeurs théoriques et des écarts admissibles. Les points nivelés sont d'au moins un par file d'appui (tabliers continus) ou de 4 (un à chaque angle) pour les ripages de cadres en béton armé, de tabliers isostatiques à deux voies et de tabliers à une travée très biais.

2.3.3.3. Particularités des opérations de lancement d'ouvrages ou parties d'ouvrages

Les dispositions relatives aux opérations de ripage (voir paragraphe précédent) sont applicables aux opérations de lancement classées en 1^{ère} catégorie.

2.4. Bilan « Qualité » de fin de chantier

Un bilan "qualité" est réalisé par l'Entrepreneur à l'achèvement de toute opération de mise en place de tablier ou élément de tablier.

Ce bilan comprend :

- l'établissement d'une fiche d'analyse et de synthèse relative à l'opération;
- la mise au point des documents de fin d'exécution visés à l'article 1.4.3 de l'IN 00031.

3. Conception, dimensionnement, justifications

3.1. Généralités

3.1.1. Dispositions générales

- Les dispositions du présent Livret précisent et complètent les règles des Eurocodes pour ce qui concerne les ouvrages provisoires et les opérations de construction réalisés dans le domaine ferroviaire.
- Il convient de considérer comme applicables les valeurs et règles « recommandées » par les Eurocodes dès lors qu'aucune spécification particulière n'est définie par l'IN 04470 ou le présent Livret.
- De façon générale, les ouvrages ou les opérations provisoires sont conçus de telle sorte qu'ils présentent des degrés de sécurité au moins égaux à ceux des ouvrages définitifs⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Dans la conception des ouvrages ou des opérations provisoires, le souci d'économie ne doit pas l'emporter sur le souci de sécurité car ces ouvrages comptent parmi les constructions qui sont effectivement soumises aux charges prévues.*

- Les documents d'exécution tiennent compte des données imposées par l'ouvrage définitif et son environnement. En particulier, les déformations des ouvrages provisoires ne doivent causer aucun dommage aux ouvrages définitifs.

3.1.2. Textes applicables

Le tableau suivant indique les textes auxquels il convient de se référer ⁽¹⁾ pour la justification des ouvrages et opérations de construction :

Tableau 1 -

Justification :		Actions	Règles de justification
des ouvrages provisoires			- IN 04470
des opérations de construction		- NF EN 1991-1-6/NA - précisé et/ou complété par l'IG 90033 - et éventuellement par le projet individuel ⁽²⁾ .	Règles de calcul dans le cas général - IG 90033 Règles spécifiques à certains ouvrages/opérations Essais et épreuves
des ouvrages en situation provisoire	ouvrages en cours de construction, soit dans leur schéma statique définitif soit dans un schéma statique provisoire	- NF EN 1991-1-6/NA - précisé et/ou complété par l'IG 90033 - IN 04470 - éventuellement le projet individuel.	- IN 04470 - précisé et/ou complété par l'IG 90033 - et éventuellement le projet individuel
	ouvrages définitifs en situation provisoire (pont rail en cours de ballastage ou de déballastage, par exemple)	- IN 04470 - précisé et/ou complété par l'IG 90033 - et éventuellement le projet individuel.	- IN 04470

Commentaires

⁽¹⁾ En caractères gras sont indiqués les textes réglementaires auxquels il convient de se référer prioritairement.

⁽²⁾ Il s'agit du marché ou, à défaut *, des documents d'exécution établis par l'Entrepreneur.

* Cas où, par exemple, les actions appliquées dépendent directement du mode opératoire de l'Entrepreneur et ne sont donc pas encore connues lors de la rédaction du marché.

3.1.3. Méthodes de justification

Les projets d'ouvrages provisoires et d'opérations de construction doivent faire l'objet de justifications. Deux méthodes de justification sont envisageables :

- Les justifications peuvent être apportées par le calcul (voir art. 3.2) pour les ouvrages et opérations relevant des techniques du génie civil,
- Le recours à l'expérimentation est nécessaire, en complément de calculs (voir art. 3.3), pour certains ouvrages provisoires spéciaux relevant notamment des techniques de la mécanique et/ou de l'hydraulique.

L'Entrepreneur propose au Maître d'Œuvre la méthode qu'il compte employer, en tenant compte des prescriptions du présent chapitre.

3.1.4. Conceptions des appuis, des fondations et des soutènements

Les opérations de construction des appuis, des fondations et des soutènements dans l'environnement ferroviaire exploité sont fortement impactées par les contraintes et les risques amenés par ce dernier.

Le maintien de la sécurité et de la régularité de l'exploitation ferroviaire impose notamment que soient pris en compte, dès la conception des ouvrages :

- les caractéristiques du trafic ferroviaire (nature, vitesse et fréquence des circulations, importance stratégique de la ligne,...),
- les possibilités et les coûts des ralentissements,
- les possibilités d'amenée et d'évolution des engins de chantier à proximité des voies,
- les conditions hydrogéologiques, y compris leurs aléas, dans lesquelles seront réalisés les travaux,
- la nécessité de garantir et de justifier la stabilité et la géométrie des voies,
- les risques électriques amenés par les installations de traction électrique,
- la nécessité de ne pas perturber le fonctionnement des installations de sécurité, notamment de signalisation ferroviaire.

D'une façon générale, plus les appuis et leurs fondations sont proches des voies, plus les risques sont grands, et plus leurs coûts de réalisation sont élevés.

Une analyse des risques et des coûts amène en général à privilégier les dispositions suivantes :

- éloignement des fouilles et fondations par rapport à la plateforme ferroviaire, pour éviter la déstabilisation de la voie,
- implantation des semelles évitant les blindages, ou à défaut limitant leur hauteur,
- adoption de techniques de réalisation de blindages, de fondations semi-profondes ou profondes limitant les risques de décompression des terrains : par exemple système de fondation constitué de plusieurs massifs distincts, réalisés par havage, plutôt que d'un massif unique continu, nécessitant un blindage important,
- réalisation par phases ou plots limitant les longueurs de plate-forme affaiblies,
- implantation des fondations profondes en dehors de la zone de protection des parties sous tension,
- barrettes ou massifs de fondation disposés avec leur petit côté parallèle aux voies.

Les articles 3.7.10 et 4.4.2 définissent les contraintes ou limites d'utilisation ainsi que les conditions d'exécution à respecter pour les blindages et les fondations à réaliser aux abords des voies.

3.1.5. Données géotechniques

Il appartient à l'Entrepreneur de définir, de soumettre au Maître d'Œuvre et de réaliser les reconnaissances géotechniques complémentaires que pourraient nécessiter la conception et la justification des ouvrages provisoires et opérations de construction.

Dans le silence du marché, ces reconnaissances complémentaires ne donnent lieu à aucune rémunération spécifique.

3.2. Justifications par le calcul

3.2.1. Ouvrages et opérations justifiables par le calcul (1)

La justification par les méthodes de calcul utilisées couramment pour les ouvrages de génie civil implique une bonne représentation du fonctionnement des structures, et donc un modèle (analytique ou numérique) éprouvé.

L'Entrepreneur doit pouvoir fournir des références quand le modèle et la méthode ne sont pas courants.

Commentaire

⁽¹⁾ *Les structures qui entrent dans le champ d'application des règlements et codes de calculs en vigueur sont, par définition, justifiables par le calcul.*

Ne peuvent être considérés comme justifiables par le calcul :

- les structures triangulées dont la convergence des éléments aux nœuds n'est pas assurée;
- les structures métalliques dont l'exécution, la maintenance ou l'état (en cas de réutilisations) ne répond pas aux exigences de qualité (tolérances géométriques, etc.) de l'IN 00035,
- les structures métalliques comportant des liaisons entre éléments par emboîtement et/ou simple contact,
- les structures comportant des éléments de forme géométrique complexe,
- les structures comprenant des mécanismes ;
- les structures dont les déformations initiales à prendre en compte pour l'évaluation des effets du deuxième ordre ne sont pas connues.

3.2.2. Principe des justifications

Si des figures et tableaux sont dans le texte ; les numéroter (numérotation automatique) et le cas échéant leur donner un titre.

Les calculs sont menés en appliquant, par priorité, les règles définies ⁽¹⁾ :

- au marché ⁽²⁾. Celui-ci peut imposer des justifications supplémentaires, par rapport à celles du présent Livret, si la qualité de la structure l'exige,
- au chapitre 3 du présent Livret et dans l'Eurocode 1 partie 1-6 « actions en cours d'exécution »
- à l'IN 04470 ;
- dans les documents - cités au marché ⁽³⁾ - de la réglementation interne de SNCF Réseau (notices, consignes ou procédures).

Commentaire

⁽¹⁾ *Se référer également au tableau de l'article 3.1.2 du présent Livret.*

⁽²⁾ *Il peut s'agir en particulier de vérifications d'ordre dynamique : chocs, vent ou charges ferroviaires.*

⁽³⁾ *En particulier la réglementation relative à la mise en place de structures préfabriquées (tabliers, ...).*

3.3. Dimensionnement assisté par l'expérimentation

3.3.1. Cas où une expérimentation doit être entreprise ⁽¹⁾

Une expérimentation doit être entreprise, en complément des calculs, dans les situations suivantes :

- cas de structures ou de parties de structures non justifiables totalement par le calcul (cas cités à l'article 3.2) ;
- cas d'opérations de construction telles que certains lançages de structures métalliques déformables compte tenu de toutes les incertitudes liées, d'une part, au contrôle de la géométrie et, d'autre part, aux modélisations par le calcul des phénomènes d'instabilité élastique ;
- cas d'éléments produits en série, dont la résistance - à l'origine - est déterminée expérimentalement mais pour lesquels il est nécessaire de vérifier cette résistance et/ou de déterminer d'autres paramètres (déformabilité, fréquences propres de vibration...);
- cas d'éléments ou de structures en interaction avec le sol (micropieux, tirants, clous...), conformément aux réglementations spécifiques à ces éléments.

Commentaire

⁽¹⁾ *L'Entrepreneur peut toujours proposer de justifier expérimentalement le comportement de sa structure, quelle qu'elle soit.*

3.3.2. Principe des justifications

Dans tous les cas, l'Entrepreneur établit (dans le cas des épreuves) ou fournit (dans le cas des essais) un programme d'expérimentation basé sur une note de calculs, décrivant le fonctionnement de l'ouvrage et estimant les résultats attendus à l'issue de l'expérimentation. Ce programme doit être présenté au Maître d'Œuvre, s'il s'agit d'un ouvrage de 1^{ère} catégorie.

Les justifications définitives sont apportées par l'expérimentation.

Dans un certain nombre de cas, les résultats d'essais sont disponibles lors de l'étude d'exécution ; les valeurs de calcul sont alors déduites de ces résultats d'essais. Dans les autres cas, lorsque les résultats d'essais ne sont pas disponibles à ce stade, les valeurs de calcul (hypothèses de calculs les plus vraisemblables possible) correspondent alors à la partie de la production dont on attend qu'elle satisfasse, à un stade ultérieur (phase réalisation, réception), aux critères d'acceptation ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Il s'agit généralement de s'assurer, a posteriori, que les résultats d'essai valident les hypothèses de calcul retenues a priori.*

L'expérimentation consiste en épreuves ou essais.

3.3.3. Epreuves

Les épreuves sont une méthode de justification expérimentale réservée aux ouvrages provisoires spéciaux, non produits en série ⁽¹⁾

Commentaire

⁽¹⁾ *Il s'agit principalement des matériels spéciaux suivants : équipages mobiles, structures d'outils coffrant pour dalles de ponts mixtes ou pour voussoirs d'ouvrages pré-contraints, avant-becs, poutres de lancement,...*

Les épreuves sont réalisées au chantier lors de la première utilisation de l'ouvrage provisoire ⁽²⁾ ou à l'atelier du constructeur. Elles visent à contrôler le bon comportement de l'ouvrage, sans l'endommager.

Commentaire

⁽²⁾ *Dans le cas où le même matériel serait utilisé sur des chantiers différents, il peut être admis de ne l'éprouver que sur le premier d'entre eux, sous réserve :*

- que les charges à supporter restent toujours inférieures à la charge d'épreuve divisée par 1,5,

- qu'avant chaque utilisation, une inspection détaillée de tous les éléments constitutifs soit effectuée et que le matériel soit et reste en bon état : en particulier, aucune avarie (déformation, fissure...) ne doit être apparue au cours des utilisations successives ;

- qu'aucune modification n'ait été apportée ;

- qu'il ne se soit pas écoulé plus de six mois depuis la dernière épreuve.

Les épreuves consistent à vérifier que, sous l'effet des charges de service (charges pour lesquelles l'ouvrage est conçu) affectées d'un coefficient (coefficient « d'épreuves », voir commentaire à l'article 3.7) dont la valeur est fixée à 1,5 dans le cas général, les critères suivants sont satisfaits :

- l'ouvrage et ses éléments constitutifs restent dans le domaine élastique. On admet que c'est le cas si les déformations sont réversibles et qu'au déchargement, les déformations résiduelles sont négligeables,
- les critères d'aptitude au service (flèches et/ou contraintes définies au marché ou par la note de calculs) sont respectés,
les déformations sont compatibles avec la qualité de l'ouvrage définitif à réaliser,
- les dispositifs assurant la sécurité des personnes restent opérationnels lorsque la structure est chargée et/ou déformée.

Dans quelques cas particuliers, la valeur du coefficient « d'épreuves » est différente de 1,5 ; les valeurs particulières sont définies à l'article 3.7 du présent Livret. Notamment, dans les cas d'ouvrages dont la ruine aurait des conséquences très importantes (atteinte à la sécurité des personnes ou des circulations ferroviaires, risques pour la régularité des circulations ferroviaires), le coefficient est porté à 2.

L'Entrepreneur établit un programme d'épreuves décrivant notamment, de manière détaillée, le dispositif de chargement, les divers cas de charge, les résultats attendus, les valeurs limites des différents paramètres à contrôler. Il établit le plan d'instrumentation de l'ouvrage. Ces documents sont visés par le COP et transmis au Maître d'Œuvre dans le cas d'ouvrages ou d'opérations de première catégorie.

Le contrôle des épreuves est assuré par un organisme accrédité ⁽³⁾, indépendant de l'Entrepreneur. Un procès-verbal d'épreuves est établi par l'organisme de contrôle ⁽⁴⁾.

Commentaire

⁽³⁾ *Ces organismes sont ceux qui possèdent l'accréditation de "Contrôleur Technique".*

⁽⁴⁾ *Malgré les épreuves, des consignes d'utilisation doivent être établies par le constructeur pour la mise en œuvre et la (les) réutilisation(s) éventuelle(s) pour une configuration identique. Si des modifications majeures étaient apportées, de nouvelles épreuves seraient à effectuer.*

A défaut de pouvoir réaliser de telles épreuves retranscrivant les conditions réelles d'utilisation avec des charges majorées (cas d'un avant-bec de poussage par exemple) l'Entrepreneur devra faire réaliser, à ses frais, les études de vérification complètes des matériels concernés par un organisme de contrôle accrédité ⁽⁵⁾

Commentaire

⁽⁵⁾ *Les documents établis par les organismes ou bureaux de contrôle accrédités (procès-verbaux d'épreuves, études d'exécution) sont contresignés par le C.O.P. et adressés au Maître d'Œuvre pour visa dans le cas d'ouvrages de 1ère catégorie.*

Les autres documents d'exécution de ces ouvrages (notamment ceux relatifs à leur équilibre statique, à leurs appuis et à leur fixation en cours d'utilisation), ceux attestant les contrôles internes correspondants et ceux attestant le contrôle interne de la réalisation et de l'utilisation, relèvent de la procédure générale, selon qu'ils sont de 1ère ou de 2ème catégorie.

3.3.4. Essais

Les essais sont une méthode de justification expérimentale adaptée au cas d'ouvrages ou d'éléments produits en série et réutilisables ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Ces ouvrages ou éléments (comme par exemple les échafaudages) peuvent relever de normes et de règlements qui leur sont propres.*

Les essais sont réalisés par un organisme accrédité ⁽²⁾.

Commentaire

⁽²⁾ *Ces organismes sont ceux qui possèdent l'accréditation de "Contrôleur Technique".*

Les essais doivent permettre de vérifier que sous l'effet des charges de service (charges appliquées lors de l'utilisation) affectées d'un coefficient (« coefficient d'essais », voir commentaire à l'article 3.7) dont la valeur est fixée à 3, la ruine (rupture ou déformation irréversible) n'est pas atteinte. A ce niveau de chargement, les dispositifs assurant la sécurité du personnel et des installations situées à proximité doivent rester opérationnels.

Un procès-verbal d'essais est établi par l'organisme accrédité ⁽³⁾ ⁽⁴⁾. Ce procès-verbal peut être une partie (annexe ou non) de la documentation technique du constructeur ⁽⁵⁾.

Commentaire

⁽³⁾ *La dispersion de la résistance des éléments soumis à essais est souvent élevée. La résistance à prendre en compte dans les calculs doit être déterminée après un traitement statistique des résultats d'essais. La valeur de calcul doit être une valeur caractéristique. Il serait, par exemple, extrêmement dangereux d'assimiler la résistance caractéristique à la valeur moyenne des résistances obtenues.*

⁽⁴⁾ *Une modélisation a posteriori doit faire apparaître non seulement le mode de ruine, mais aussi plus généralement un comportement conforme aux essais.*

⁽⁵⁾ *On se réfère normalement à des essais faits antérieurement, lors de la mise au point des éléments qui seront effectivement utilisés. On ne peut cependant se référer qu'à*

des essais effectués sur des éléments identiques à ceux qui seront effectivement utilisés. La référence à des catalogues seuls (sans documents techniques justificatifs) n'est pas admise comme substitut à des procès-verbaux d'essais.

Lorsque la structure et/ou les éléments structuraux essayés ne sont que des composants de la structure globale à justifier, cette structure doit être justifiée par le calcul en tenant compte des résultats des essais. C'est le cas, par exemple, des tours d'étalement dont le comportement global et les fondations doivent être justifiés par le calcul.

3.4. Actions

3.4.1. Actions à considérer

L'article 3.1.2 du présent Livret définit, en fonction des ouvrages et opérations (ouvrages provisoires, opérations de construction, ouvrages en situation provisoire), les textes auxquels il convient de se référer pour la détermination des actions à considérer.

Les actions ne sont pas recensées de manière exhaustive dans le présent Livret, cependant toutes doivent être prises en compte dans les justifications. Les actions qui ne sont pas mentionnées ni dans la réglementation générale (Eurocodes, IN 04470), ni dans le présent Livret, ni encore dans le marché, doivent être évaluées par l'Entrepreneur (notamment en fonction des procédés retenus) et prises en compte, notamment les charges appliquées en cours de construction (charges concentrées intervenant lors des phases de lancement, efforts provenant des contreventements provisoires, etc.). Pour les ouvrages provisoires et opérations de construction de 1^{ère} catégorie, ces actions évaluées par l'Entrepreneur doivent être soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre.

Les valeurs des actions à prendre en compte sont les valeurs caractéristiques au sens de l'article 4.1.2 de l'Eurocode 0.

Les actions sismiques ne sont a priori pas prises en compte pour la justification des ouvrages provisoires et des opérations de construction.

3.4.2. Actions permanentes ⁽¹⁾

Commentaire

⁽¹⁾ *Se reporter à l'article 3.4.1 pour ce qui concerne le recensement des actions à prendre en compte.*

3.4.2.1. Charges permanentes

Le poids propre des ouvrages provisoires est une action permanente.

Le poids des équipements supportés durablement est également une action permanente.

Lorsque le béton a fait sa prise, son poids peut être considéré comme une action permanente.

Ces actions permanentes sont déduites, soit des dessins d'exécution, soit des poids propres donnés par les constructeurs. Le poids volumique de l'acier est pris égal à 78,5 kN/m³, celui du béton (courant) armé ou précontraint à 25 kN/m³.

En cas d'interventions sur un ouvrage existant, une estimation du poids propre sera faite par l'entrepreneur sur la base des documents fournis au marché ou mis à disposition par SNCF Réseau, ou bien, en cas de non existence de documents d'exécution, par pesage ou toute méthode proposée par l'Entrepreneur.

Dans le cas d'ouvrages construits par éléments successifs (encorbellements par exemple), les poids propres provenant des équipages mobiles, des poutres de lancement, des grues (si celles-ci sont sur l'ouvrage) ⁽²⁾, ... sont à considérer comme des charges permanentes au titre des combinaisons d'actions.

Commentaire

⁽²⁾ Ces charges sont à définir dans les procédures travaux. Dans le cas d'ouvrages construits par encorbellements successifs, ces procédures doivent par ailleurs préciser impérativement si deux voussoirs d'extrémité de fléaux sont coulés simultanément ou l'un après l'autre.

3.4.2.2. Actions dues à la précontrainte

Les actions dues à la précontrainte provisoire (actions dues à la précontrainte en cours d'exécution) et définitive des tabliers en béton sont classées comme actions permanentes. Toutefois les efforts de vérins durant l'application de la précontrainte sont considérés comme des actions variables pour le dimensionnement des zones d'ancrage.

3.4.2.3. Actions différées dues au fluage et au retrait ⁽¹⁾

Les actions dues au fluage du béton et celles dues au retrait sont classées comme actions permanentes.

Commentaire

⁽¹⁾ Se référer à l'Eurocode 1 partie 1-6 « actions en cours d'exécution ».

3.4.2.4. Actions permanentes causées par le sol

Les actions dues au sol, à savoir:

- actions d'origine pondérale,
- actions de poussée,
- actions dues à un déplacement d'ensemble du sol,
- tassements,

sont classées comme actions permanentes, et sont déterminées conformément aux prescriptions de l'IN 04470.

Le poids volumique des terrains en place est issu en principe des reconnaissances géotechniques ; toutefois en l'absence de valeurs caractéristiques obtenues par des investigations il est loisible de retenir des valeurs estimées à condition qu'il en résulte à l'évidence une sécurité accrue pour l'ouvrage.

Dans le silence du marché, le poids volumique des remblais ferroviaires est pris égal à 20 kN/m³, celui des terres déjaugées à 11 kN/m³.

3.4.2.5. Actions de l'eau

Les actions dues à l'eau (eau libre ou eau contenue dans le sol) sont définies conformément aux spécifications de l'IN 04470, qu'il s'agisse de pressions statiques ou d'effets hydrodynamiques dus au courant ^{(1) (2)}.

La variabilité de la pression ou du niveau de l'eau est prise en compte par le biais des situations de projet.

Commentaire

⁽¹⁾ Par ailleurs, la présence d'eau a également pour effet de modifier les actions dues au sol par l'effet de "déjaugage" de celui-ci.

⁽²⁾ Actions hydrodynamiques : Se référer à l'article 4.9. de l'Eurocode 1 partie 1-6 « actions en cours d'exécution » pour la détermination de la valeur de l'action hydrodynamique du courant.

3.4.2.6. Modifications du système structural en cours d'exécution

Lorsque le système structural étudié change en cours d'exécution (modification du système d'appuis, ajout d'éléments structuraux...), des actions (charges, déplacements imposés) appliquées au système structural initial peuvent être supprimées dans le système structural ultérieur. Elles sont alors introduites dans ce dernier avec des valeurs caractéristiques opposées aux valeurs initiales.

En cas de suppression d'appuis, les réactions correspondant aux degrés de liberté libérés sont introduites dans le nouveau système structural (aux nœuds concernés) comme des actions extérieures (forces, couples) avec leur signe opposé. Ceci s'applique notamment aux opérations de décintrement ou de retrait d'étais utilisés pour des opérations de bétonnage.

Toutes ces actions doivent être considérées comme actions permanentes.

3.4.2.7. Actions dues au contrepoids

Les contrepoids utilisés pour maintenir l'équilibre statique sont définis avec précision dans le projet d'exécution : le poids et la position du centre de gravité y sont fixés.

3.4.2.8. Actions dues aux modes de chargement en ballast

En situation transitoire, les modes de chargement en ballast à envisager sur les ponts-rails ⁽¹⁾ sont les suivants :

Cas d'un tablier à 1 voie :

- La moitié de l'épaisseur de ballast est enlevée sur tout ou partie de l'ouvrage de façon à produire l'effet le plus défavorable pour le phénomène considéré ;
- Le ballast est enlevé complètement sur une longueur de tablier de 15 m, cette zone pouvant être disposée sur l'ouvrage de façon telle qu'elle produise l'effet le plus défavorable pour le phénomène considéré.

Ces deux cas de chargement doivent être envisagés isolément, puis de manière concomitante.

Cas d'un tablier à 2 voies :

L'une des voies reste en service, tandis que sur l'autre les modes de chargement sont ceux définis précédemment dans le cas d'un tablier à 1 voie.

Commentaire

⁽¹⁾ Ces situations provisoires de chargement s'avèrent généralement dimensionnantes pour les ponts-rails en béton précontraint et mixtes acier-béton (pièces de pont, contreventement,...).

3.4.3. Actions variables ⁽¹⁾

Commentaire

⁽¹⁾ Se reporter à l'article 3.4.1 pour ce qui concerne le recensement des actions à prendre en compte.

3.4.3.1. Généralités

Toutes les actions autres que les actions permanentes définies à l'article précédent sont considérées comme des actions variables.

En particulier sont classées comme actions variables :

- les actions dues aux charges de construction,
- les actions climatiques,
- les actions (statiques ou dynamiques) dues à la manipulation et au positionnement d'éléments de structure préfabriqués, destinés à être liés à une autre structure,

Il convient de se reporter à l'IN 04470 pour la détermination des actions variables dues à l'eau.

Par ailleurs, dans le silence du marché, les actions accidentelles sont également considérées comme actions variables.

3.4.3.2. Charges de béton mou, poussée du béton frais

3.4.3.2.1. Charge de béton mou:

Pour des bétons courants, le poids volumique du béton mou et des armatures est pris égal à 25 kN/m³.

Les cas de charges sont définis à partir du programme de bétonnage. La charge est à répartir totalement ou partiellement, formant ainsi plusieurs cas de charges à étudier, de façon à obtenir l'effet le plus défavorable pour l'état limite considéré, notamment pour l'étude de l'équilibre statique.

Par ailleurs il y a lieu d'envisager l'éventualité d'une surépaisseur temporaire de béton frais ; la valeur caractéristique de l'action correspondante à prendre en compte est la valeur recommandée par l'Eurocode 1 partie 1-6 « actions en cours d'exécution » ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ La valeur recommandée par l'Eurocode correspond à 10 % du poids propre du béton, avec une limite inférieure à 0.75 kN/m² et une limite supérieure à 1.5 kN/m². Toutefois, dans certaines situations une analyse de risques pourra conduire à retenir une valeur plus élevée, mais le mode opératoire doit garantir qu'elle n'excède jamais 5 kN/m² sur une surface de 3m x 3m.

3.4.3.2.2. Poussée du béton frais

La pression horizontale exercée par le béton frais vibré tend à devenir celle d'un liquide. Toutefois, cette pression est limitée, pour une hauteur donnée, par le durcissement du béton et, pour des sections relativement étroites (moins de 0,50 m), par un effet d'arc du béton entre les parois du coffrage ; par contre, dans le cas de mise en place à la benne, la hauteur de chute du béton peut provoquer un effet d'impact et augmenter cette pression.

Les principaux facteurs qui ont une influence sur la pression exercée par le béton sur les coffrages verticaux sont :

1. La masse volumique du béton ρ (exprimée en kg/m^3) (en principe $\rho = 2\,200 \text{ kg/m}^3$ pour des bétons courants).
2. La consistance du béton exprimée par son affaissement au cône d'Abrams en cm.
3. La température du béton exprimée en degrés Celsius, ainsi que le gradient thermique qui dépend essentiellement de la chaleur d'hydratation du ciment utilisé, voire de certains adjuvants accélérant la prise ou le durcissement.
4. La dimension minimale exprimée par la distance entre deux panneaux verticaux, b en cm.
5. La hauteur de charge du béton, h exprimée en m.
6. La vitesse de mise en charge du béton frais " v " exprimée en mètres par heure.

En conséquence la poussée du béton sur le coffrage est égale à la poussée hydrostatique du béton $P_h = \rho \cdot h \cdot 10^{-5}$ (en MPa si h en mètres et ρ en kg/m^3) sur toute la hauteur où elle peut s'exercer c'est-à-dire tant qu'elle ne dépasse pas la plus petite des deux valeurs suivantes qui en devient la borne supérieure:

a. Effet du durcissement du béton

$$P_s = ((\rho \cdot v \cdot k) + 500) \cdot 10^{-5} \quad (\text{en MPa})$$

ρ et v étant définis ci avant et k étant un facteur dépendant de l'affaissement du béton au cône d'Abrams et de sa température mesurée à l'intérieur du coffrage immédiatement après sa mise en place. La valeur de k est donnée par le tableau suivant :

Tableau 2 -

Affaissement en cm	Température du béton en °C					
	5	10	15	20	25	30
2,5	1,45	1,10	0,80	0,60	0,45	0,35
5	1,90	1,45	1,10	0,80	0,60	0,45
7,5	2,35	1,80	1,35	1,00	0,75	0,55
10	2,75	2,10	1,60	1,15	0,90	0,65
15	3,10	2,40	1,85	1,30	1,05	0,75
20	3,45	2,70	2,05	1,45	1,20	0,85

b. Effet de formation d'arc

$$P_a = (3v + b + 15) 10^{-3} \text{ MPa.}$$

Cette dernière condition n'est pas à prendre en considération lorsque le béton est mis en place à l'aide de vibrateurs de coffrage ou d'aiguilles vibrantes, ou lorsque $b \geq 50$ cm ou lorsque l'affaissement au cône d'Abrams est supérieur à 8 cm.

Dès que P_h a atteint la profondeur où sa valeur P est égale à P_a ou P_s , la pression exercée par le béton sur le coffrage devient uniforme et a pour valeur P .

La valeur trouvée peut être augmentée de 0,01 MPa en présence d'effet d'impact (béton déversé d'une hauteur de l'ordre de 1,5 m) ou multipliée par $(1 + \varphi)$, φ pouvant aller jusqu'à 0,5 lorsque le bétonnage est fait par tube plongeur (cas de poteaux notamment).

Enfin, en cas d'utilisation de certains adjuvants, augmentant la fluidité ou retardant la prise, la valeur de P_s peut augmenter et la prise en compte de P_a est interdite. Par conséquent, sauf demande justifiée de l'Entrepreneur, la valeur de P_h est conservée.

3.4.3.3. Charges dues au personnel de bétonnage

Aux charges de béton mou est associée une charge de construction répartie ⁽¹⁾ appliquée sur toute la surface à bétonner à l'exclusion de la zone concernée par la surépaisseur temporaire de béton frais définie à l'article 3.4.3.2.2.

Commentaire

⁽¹⁾ Se référer à l'Eurocode 1 partie 1-6.

3.4.3.4. Charges générales sur ouvrages en situation provisoire

Sauf lors des phases de bétonnage pour lesquelles des actions spécifiques sont définies (voir art. 3.4.3.2 et 3.4.3.3), et sauf si des mesures spécifiques interdisent l'accès à tout personnel, il y a lieu de prendre en compte, s'ajoutant aux charges connues, une charge uniformément répartie ⁽¹⁾ de personnel avec outillage léger, à reporter sur la surface de tablier ou de la part de tablier intéressant l'élément de l'ouvrage calculé.

Cette charge, qui n'est pas prise en compte dans les manutentions à la grue, est disposée de manière à produire l'effet le plus défavorable pour le phénomène considéré et n'est susceptible d'aucune majoration pour effet dynamique.

A cette charge s'ajoutent, le cas échéant, les charges de matériels, outillages lourds et engins de chantier (camions, ...).

Commentaire

⁽¹⁾ Se reporter à l'Eurocode 1 partie 1-6 pour la détermination de la valeur caractéristique de l'action correspondante. Ces charges peuvent ne pas être prises en considération à condition que le chantier soit organisé de manière à ce qu'elles ne puissent effectivement pas être appliquées; les consignes de chantier devront alors le mentionner explicitement (interdiction d'accès au personnel, ...) et les dispositions nécessaires seront mises en œuvre sur le chantier pour garantir l'application de ces mesures (dispositif interdisant physiquement l'accès à la zone concernée, et mesures de contrôle appropriées).

Cette action ne tient pas compte des stockages de matériaux de construction et outillages lourds, qui doivent être évalués et pris en compte par ailleurs. Se référer pour cela à l'Eurocode 1 partie 1-6.

3.4.3.5. Charges dues aux engins de chantier

Lorsque des véhicules autres que ceux pour lesquels il a été dimensionné sont amenés à circuler sur l'ouvrage, les charges à prendre en compte (diagrammes de charges de roues, coefficients de majoration dynamique) sont :

- définies par l'Entrepreneur et soumises à l'accord du Maître d'Œuvre, lorsque les engins circulent pour les propres besoins de l'Entrepreneur dans le cadre de son marché;
- définies par le Maître d'Œuvre dans les autres cas, notamment lorsque circulent sur l'ouvrage des engins utilisés pour un chantier voisin.

3.4.3.6. Charges sur planchers de travail (ou de service)

Les planchers de travail ou de service et les structures qui les supportent (échafaudages) doivent pouvoir supporter, nonobstant les charges liées aux chutes d'objet (voir art. 3.4.4.2), les charges suivantes :

- soit une charge uniformément répartie de valeur caractéristique 4,5 kN/m²,

- soit une charge ponctuelle de valeur caractéristique 20 kN supposée située dans la position la plus défavorable pour l'élément considéré. Dans le silence du marché la surface d'impact peut être considérée comme un carré de 0,5 par 0,5 mètres.

3.4.3.7. Charges sur planchers de démolition

Les charges sur les planchers de démolition sont à définir, soit dans le cadre du marché quand les conditions de démolition sont connues à ce moment-là, soit par l'Entrepreneur en fonction du procédé qu'il propose.

Il convient de tenir compte des effets dynamiques selon l'article 3.4.4.2.

3.4.3.8. Actions sur les dispositifs de protections provisoires

Les actions auxquelles sont soumis les dispositifs de protection provisoires sont définies par le marché. A défaut, elles sont proposées par l'Entrepreneur à l'issue d'une analyse de risques ⁽¹⁾ prenant en compte les méthodes et outils envisagés, puis soumises à l'accord du Maître d'Œuvre.

Commentaire

⁽¹⁾ Par exemple, un écran de protection provisoire destiné à protéger une zone vis-à-vis de risques occasionnés par des manutentions n'aura pas la même consistance selon que les colis sont des cages d'armatures de petite taille ou des bennes de béton frais (masse importante) ou encore des banches (prise au vent).

3.4.3.9. Excentricité des charges appliquées sur poteaux, palées et tours d'étalement, supports de patins de grues

A défaut de dispositif approprié ou de contrôle géométrique particulier garantissant le centrage des charges, celles-ci sont à appliquer avec un excentrement variant de 0 cm à 10 cm suivant la position la plus défavorable pour l'effet considéré.

3.4.3.10. Composante horizontale des charges verticales

3.4.3.10.1. Poteaux ; palées ; tours d'étalement

Sauf indication contraire au marché, à toute charge verticale appliquée à ces structures ou éléments de structures, quel qu'en soit l'usage (construction, ripage, lançage, roulage,...), est associée une composante horizontale pouvant agir dans n'importe quelle direction et dont la valeur est fixée forfaitairement à 5 % de la charge verticale ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ Cette disposition vise à couvrir par le calcul, dans une certaine limite, les défauts géométriques (implantation de la résultante des charges, défauts d'aplomb).

3.4.3.10.2. Contreventements

En plus des charges directement appliquées, à défaut de précision à ce sujet dans le marché comme à défaut de vérifications au second ordre prenant en compte les excentrements maximums admissibles liés aux défauts de construction ⁽¹⁾, les éléments de contreventements doivent être capables de résister à des moments appliqués en leurs nœuds d'extrémités égaux à 0,02 fois les forces axiales supportées.

Commentaire

⁽¹⁾ Les excentrements théoriques des assemblages sont évidemment pris en compte dans tous les cas, et se cumulent avec ces actions supplémentaires.

3.4.3.10.3. Assise des patins de grue

Pour la vérification de stabilité des patins de grues, sauf indication contraire au marché, à toute charge verticale est associée une composante horizontale pouvant agir dans n'importe quelle direction et d'intensité fixée forfaitairement à 5% de celle de la charge verticale. Cette action est cumulable avec celle définie à l'article 3.4.3.9 " Excentricité des charges appliquées ".

3.4.3.11. Actions dues aux déformations et/ou déplacements imposés**3.4.3.11.1. Cas général ⁽¹⁾**

Diverses opérations de chantier peuvent conduire à déplacer les appuis de structures ⁽²⁾, soit dans le but de déplacer ces structures (descentes sur appuis,...) soit dans celui d'y introduire des efforts et des déformations déterminés à l'avance.

La valeur des déformations et/ou déplacements imposés ⁽³⁾ aux structures doit être définie par l'Entrepreneur dans la procédure travaux correspondante.

Des dispositions constructives appropriées (calages, butées...) doivent être mises en œuvre pour garantir que la valeur du déplacement prévue ne sera pas dépassée.

Lorsque l'opération envisagée mobilise la rigidité torsionnelle de la structure, les réactions d'appuis sont mesurées.

Commentaire

⁽¹⁾ Se référer à l'Eurocode 1 partie 1.6 « actions en cours d'exécution » (article relatif aux prédéformations).

⁽²⁾ Il peut s'agir notamment de structures hyperstatiques.

⁽³⁾ Les effets de ces déformations et/ou déplacements peuvent s'avérer prépondérants dans les justifications de résistance, stabilité et équilibre statique.

3.4.3.11.2. Inégalités de niveau d'appareils d'appuis provisoires pour les ponts en béton précontraint construits par poussage

Se reporter à la réglementation en vigueur et aux guides existants.

3.4.3.12. Actions climatiques

Les charges climatiques à prendre en compte sont définies de la manière suivante:

3.4.3.12.1. Actions du vent

Sur les ponts-rails provisoires, les charges à prendre en compte sont celles définies - pour les ponts-rails définitifs - par l'IN 04470.

Sur les ouvrages provisoires autres que les ponts-rails, ainsi que sur les ouvrages en cours de construction, de modification ou de démolition ⁽¹⁾, il convient de se référer aux spécifications de l'Eurocode 1 (notamment parties 1.6 « actions en cours d'exécution » et 1.4 « actions du vent ») ⁽²⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ Sauf indication contraire du marché, dans les cas d'ouvrages pour lesquels l'action de vent n'est pas prédominante dans le dimensionnement, et dont le niveau supérieur est situé à moins de 15 m du niveau du sol, il est loisible de déterminer cette action sur la base de la règle simplifiée ci-dessous :

« On admet que le vent est susceptible de souffler horizontalement suivant une direction normale à l'une ou l'autre des faces de l'ouvrage et qu'il développe sur toute surface frappée normalement une pression de 150 daN/m². Sur une surface partiellement mas-

quée (par une structure comportant des vides et des pleins), le vent développe la pression qui s'exerce en avant du masque, multipliée par le rapport de la surface des vides à la surface totale de ce masque (les surfaces sont évaluées en projection sur un plan normal au vent) ».

(2) Pour les ponts et ouvrages assimilés en cours d'exécution, la valeur de pression de vent agissant horizontalement issue du calcul, ne devra pas toutefois être inférieure à 125 daN/m² si la durée de la phase de chantier est supérieure à un mois, et 100 daN/m² si la durée de la phase de chantier est inférieure à un mois (nonobstant le cas particulier ci-après).

Pour les opérations de très courte durée (inférieure ou égale à trois jours), il est possible de considérer des efforts de vent réduits, évalués selon l'Eurocode 1 partie 1-4, en tenant compte d'une période de retour de 2 ans (conformément au tableau 3.1 de l'Eurocode), ou alternativement, d'une vitesse de vent V_{\max} (toujours supérieure à 60 km/h), si la procédure d'exécution prévoit :

- un abonnement à un service météorologique afin d'être averti le plus tôt possible et au moins deux heures à l'avance de la survenue d'un vent pouvant atteindre V_{\max} ,
- des mesures de la vitesse de vent sur site (anémomètre).
- l'arrêt et le report à une date déterminée de l'opération, si la vitesse V_{\max} est annoncée ou atteinte.

Pour la détermination des actions du vent lors de la construction de tabliers en béton précontraint par encorbellements successifs il convient de se reporter à la réglementation en vigueur ainsi qu'aux guides existants (guide du SETRA notamment).

3.4.3.12.2. Action de la neige

Il convient de se référer aux spécifications de l'Eurocode 1 (notamment partie

1-6 « actions en cours d'exécution »), tant pour les ouvrages en cours de construction, de modification ou de démolition, que pour les ouvrages provisoires.

3.4.3.13. Actions thermiques

Il convient de se référer aux spécifications de l'Eurocode 1 partie 1-6 « actions en cours d'exécution » et de l'IN 04470.

3.4.3.14. Actions variables sur les ponts-rails provisoires

Sauf indication contraire au marché (nécessitant l'accord de SNCF Réseau), les actions variables sur les ponts-rails provisoires sont celles définies par l'IN 04470 pour les ouvrages définitifs,

3.4.3.15. Charges d'exploitation ferroviaire sur voies déballastées

Dans le calcul des actions dues aux charges d'exploitation ferroviaire sur un tablier portant des voies déballastées, la majoration pour effet dynamique de ces charges est prise égale à la moitié de celle déterminée suivant les spécifications de l'IN 04470.

3.4.3.16. Effet de souffle

Les actions dues au souffle occasionné par le passage des circulations ferroviaires sont définies sur la base de la NF EN 1991-2/NA.

3.4.3.17. Charges sur ponts routes provisoires et passerelles provisoires ouverts au public

Les ouvrages provisoires ouverts au public - ponts route et passerelles - doivent pouvoir supporter les charges définies par la réglementation en vigueur.

3.4.3.18. Charges d'exploitations des bâtiments

A défaut de valeurs de projet spécifiques, ces charges sont définies par la NF EN 1991-1-1

3.4.3.19. Actions sur les matériels spéciaux

Les actions auxquelles sont soumis les matériels spéciaux sont définies par le marché ou, à défaut, proposées par l'Entrepreneur et soumises à l'accord du Maître d'Œuvre.

3.4.3.20. Efforts développés lors des opérations de translation d'ouvrages ou parties d'ouvrages (tabliers, cadres...)

Les efforts de poussage ou de traction susceptibles d'être développés lors des opérations de translation d'ouvrages ou parties d'ouvrages (efforts à vaincre pour permettre le déplacement) dépendent du système retenu et d'un grand nombre d'autres paramètres, pour la plupart mal connus : état de surface des supports, géométrie,....

La valeur caractéristique Q de ces efforts est au moins égale à $Q = k.f. V$ avec :

f : coefficient de résistance à l'avancement.

V : valeur nominale du poids de la charge à déplacer.

k : facteur majorant affectant la valeur moyenne (ou la valeur certifiée par l'opérateur) du coefficient de résistance à l'avancement f .

En l'absence de données expérimentales et d'étude statistique, k est pris égal à :

Tableau 3-

Type d'opération	k
<i>ripage transversal</i>	3
<i>glissement sur le terrain, ou fonçage</i>	
- avec lubrification (déplacement de cadres de ponts rails, d'éléments de passage souterrains,...)	3
- sans lubrification (réservé aux ouvrages de petites dimensions)	1,5
<i>autres cas (notamment lancement)</i>	1,5

Le tableau suivant définit, en fonction du système de translation, les valeurs moyennes du coefficient de résistance à l'avancement f :

Tableau 4-

Mode de translation	Dispositif	f
Glissement	Acier sur acier graissé	0,20
	“ Téflon ” sur acier ordinaire poli	0,10
	“ Téflon ” sur acier inoxydable poli	0,05
	Glissement sur le terrain :	0,19
	- avec lubrification (déplacement de cadres de ponts rails, d'éléments de passage souterrains,...)	
	- sans lubrification (réservé aux ouvrages de petites dimensions)	$\text{tg } \varphi$ (φ : angle de frottement sol/structure) ⁽¹⁾
	Glissement sur coussin d'air	0,01
	Pour ouvrages en béton précontraint : élastomère/téflon sur acier inoxydable	(réservé)
Pour ouvrages en béton précontraint : acier sur acier graissé	(réservé)	
Pour ouvrages en béton : “ contreplaqué ” sur acier	0,10	
Roulement	Sur billes	0,10
	Sur galets (1 seul roulement cylindrique sur plan)	0,10
	Sur rouleaux (2 roulements, cylindre sur 2 plans)	0,15
	Chariots élévateurs	0,10
	Rouleurs “ sans cesse express ”	0,15

Commentaire

⁽¹⁾ En l'absence d'essais, φ est pris égal à 30 °.

Des valeurs inférieures à celles du tableau précédent peuvent être proposées par l'Entrepreneur, sous réserve :

- qu'elles soient fondées sur des mesures réalisées sur des chantiers équivalents,
- qu'elles soient présentées avec des références précises, et justifiées par des rapports d'essais formalisés, et, enfin, que des mesures particulières de contrôle garantissant que les performances attendues seront obtenues soient proposées.

Ces valeurs sont soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre.

Lorsque des données expérimentales fiables (présentées avec des références précises et justifiées par des rapports d'essais formalisés) sont disponibles, issues de mesures de frottement réalisées lors d'opérations similaires précédentes :

- k est déterminé à l'issue d'une étude statistique de ces données, et des mesures particulières de contrôle garantissant que les performances attendues seront obtenues doivent être mises en œuvre (mesures soumises par l'Entrepreneur à l'approbation du Maître d'Œuvre).
- f est pris égal à la moyenne des valeurs mesurées.

Les articles relatifs aux justifications spécifiques des différents procédés de mise en place (ripage, lançage, glissement sur le terrain) précisent et complètent la définition des actions à prendre en compte lors des opérations de translation de tabliers.

3.4.3.21. Actions des vérins durant l'application de la précontrainte

Les actions exercées par les vérins durant l'application de la précontrainte sont considérées comme actions variables pour le dimensionnement des zones d'ancrage.

3.4.4. Effets dynamiques

Sauf dans les cas spécifiques où une analyse dynamique est nécessaire, dans le silence du marché il convient de retenir, pour le coefficient de majoration dynamique, la valeur recommandée par l'Eurocode 1 partie 1-6 « actions en cours d'exécution ».

3.4.4.1. Cas de manutentions

Lorsque les éléments de l'ouvrage en construction sont mis en place à la grue, il y a lieu d'affecter à la masse de ces éléments un coefficient multiplicateur de 1,1. Les autres procédés de mise en place (ripage, lançage, poussage, rotation) ne donnent pas lieu à l'application de cette majoration⁽¹⁾.

Ce coefficient multiplicateur peut prendre des valeurs plus élevées lors de la vérification réglementaire de certains éléments particuliers⁽²⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ Des accélérations significatives peuvent être exclues dès lors que ces mouvements sont contrôlés de manière rigoureuse par des dispositifs appropriés.

⁽²⁾ C'est le cas notamment pour le dimensionnement des inserts dans le béton, pour lesquels la norme P 19-851 d'octobre 2008 "Conception et utilisation d'inserts pour le levage et la manutention des éléments préfabriqués en béton" spécifie les coefficients dynamiques suivants en fonction de la grue utilisée (§4.5) :

- 1,2 pour une grue à tour,
- 1,4 pour une grue mobile.

3.4.4.2. Risques de chutes d'objets sur les planchers de démolition, de travail ou dispositifs de protection

Dans le silence du marché, l'intensité de l'action due à la chute d'un objet sur un plancher est prise égale à 2 fois le poids de l'objet.

3.4.5. Actions accidentelles

3.4.5.1. Cas général ⁽¹⁾ :

Les actions accidentelles sont à considérer si des documents d'ordre public ou le marché le prévoient, auquel cas les conditions de prise en compte ⁽²⁾ de ces actions sont précisées au marché.

Commentaires

⁽¹⁾ Se référer à l'Eurocode 1 partie 1-6 « actions en cours d'exécution »

⁽²⁾ Ces conditions de prise en compte peuvent être établies sur la base des Eurocodes (Eurocode 1 partie 1-7 « actions accidentelles » et Eurocode 1 partie 1-6).

A défaut, si nécessaire, il appartient à l'Entrepreneur de :

- soumettre à l'accord du Maître d'Œuvre les modalités de prise en compte des actions accidentelles susceptibles de se produire sur le chantier,
- prendre alors en compte ces actions dans les justifications.

Il n'est pas envisagé, a priori, d'actions sismiques ; le cas échéant elles font l'objet de prescriptions au marché.

3.4.5.2. Cas d'un ouvrage construit par encorbellements successifs coulés en place ou préfabriqués

Se reporter à la réglementation en vigueur ainsi qu'aux guides existants.

3.5. Coefficients partiels, facteurs combinaisons

Les valeurs de coefficients γ_G et Ψ à retenir pour la justification des ouvrages provisoires et opérations de construction sont celles définies par la NF EN1990-annexe A2 /NA, en tenant compte - le cas échéant - des adaptations de l'IN 04470.

Toutefois, dans les vérifications d'équilibre statique effectuées pour les ouvrages provisoires et les opérations de construction de 1ère catégorie, les valeurs de $\gamma_{G \text{ sup}}$ (pour les actions défavorables) et $\gamma_{G \text{ inf}}$ (pour les valeurs favorables) sont portées respectivement à 1.15⁽¹⁾ et 0.85.

Commentaire

⁽¹⁾ Cette valeur de $\gamma_{G \text{ sup}}$ (1.15) peut être augmentée dans les cas où les conséquences d'une rupture d'équilibre statique seraient exceptionnellement graves (c'est le cas par exemple de certaines phases de lancement au-dessus de voies ouvertes à la circulation). Si nécessaire ces cas sont recensés dans le marché, avec les valeurs de γ_G correspondantes.

La valeur du coefficient γ_Q pour les charges suivantes (actions défavorables) :

- efforts développés lors des opérations de translation de tabliers ou éléments de tabliers,
- charges sur les planchers de travail (ou de service), sur les planchers de démolition et sur les dispositifs de protection provisoires, est fixée à 1.5 pour les justifications d'équilibre statique comme pour la vérification des éléments structuraux.

3.6. Résistance de calcul

Les valeurs caractéristiques de résistance (R_k) et les coefficients partiels sur les matériaux (γ_M) sont définis par les règlements spécifiques⁽¹⁾ complétés et précisés par les spécifications ci-après.

Commentaire

⁽¹⁾ Il s'agit des Eurocodes « matériaux » (Eurocodes 2,3,...) adaptés au domaine ferroviaire par l'IN 04470.

Pour la justification des ouvrages provisoires et des opérations de construction, les valeurs de γ_M ne peuvent être inférieures aux valeurs requises pour les ouvrages définitifs.

Dans les justifications au moyen d'épreuves (voir art. 3.3), les valeurs du coefficient « d'épreuves » γ sont les suivantes:

Tableau 5 -

	valeur de γ
Cas général : matériels spéciaux	1,5 ⁽²⁾
Vérins verticaux (pour levage de charges)	1,1
Autres matériels et matériaux	
- matériels neufs	1,3
- matériels de réemploi	1,5
Cas des ouvrages dont la ruine aurait des conséquences très importantes (atteinte à la sécurité des personnes ou des circulations ferroviaires, risques pour la régularité des circulations ferroviaires)	2

Commentaire

⁽²⁾ Cette valeur correspond à un produit ($\gamma_Q \times \gamma_M$) égal à 1,5, avec $\gamma_Q = 1$ (assimilation à une justification à l'ELS) et $\gamma_M = 1,5$.

Dans les justifications au moyen d'essais (voir art. 3.3), les valeurs du coefficient « d'essai » γ est fixée à 3 ⁽³⁾.

Commentaire

⁽³⁾ Cette valeur correspond à un produit ($\gamma_Q \times \gamma_M$) égal à 3, avec $\gamma_Q = 1,5$ (assimilation à une justification à l'ELU) et $\gamma_M = 2$.

3.7. Règles de justification particulières à certains ouvrages provisoires

3.7.1. Etaiements

Les justifications portent sur trois points :

- le sol et les fondations, afin de s'assurer de la stabilité de la fondation et des déformations de la structure que les tassements peuvent provoquer,
- la résistance et la stabilité de la structure,
- la géométrie, afin de s'assurer que les étaiements n'engagent pas les gabarits de circulation et ont les niveaux souhaités (pour fond de moule de coffrage par exemple), toutes déformations confondues (tassements d'appuis, déformations de structures, ...).

Les efforts à prendre en compte sont ceux définis à l'article 3.4 « Actions » du présent Livret.

3.7.1.1. Justification vis-à-vis du sol

Se reporter aux règles de l'IN 04470.

3.7.1.2. Justification vis-à-vis de la résistance de la structure

Les évaluations des valeurs de calcul des réponses des ouvrages provisoires sont, selon le cas, basées sur des calculs ou sur des essais.

Les justifications par le calcul ne peuvent être admises que pour des ouvrages ou parties d'ouvrages provisoires pouvant être modélisés avec une bonne précision.

Il est rappelé que quelque soit le type de vérifications, il doit être tenu compte de tous les effets hyperstatiques. C'est ainsi que lors de l'utilisation d'étais triangulés, il ne peut être

considéré qu'il y a égalité des descentes de charges sur les trois montants, que s'il est utilisé une tête de centrage au sommet de l'étau. De même une poutre métallique reposant sur plusieurs appuis, doit être calculée comme une poutre déformable sur appuis élastiques, en tenant compte de la position théorique des charges s'exerçant sur elle, affectée d'un excentrement possible de 10 cm (voir art. 3.4.3.9 du présent Livret). Enfin lorsque les étais supportent une structure en béton précontraint, il y a lieu de s'assurer que lors de la mise en tension, les reports de charges sont compatibles avec la résistance des étais.

3.7.1.3. Justifications géométriques

Ces justifications doivent permettre de s'assurer que l'implantation, l'encombrement et le nivellement des étais sont corrects tant lorsque le système est à vide que lorsqu'il est en charge, c'est-à-dire en tenant compte de toutes les déformations.

Lorsqu'il s'agit de vérifications de gabarit (par exemple gabarit caténaire) à respecter vis-à-vis de la sécurité des circulations, les calculs de déformations sont menés sur la base des charges de l'article 3.4 « Actions » du présent Livret et de combinaisons d'actions aux états limites de service.

Lorsqu'il s'agit du respect de certaines données géométriques (exemple : fond de moule du coffrage d'une dalle), les calculs de déformations sont menés avec les charges réelles, et les combinaisons d'actions aux états limites de service.

La conception des étalements doit tenir compte des phases de bétonnage, de telle façon que leurs déformations sous les charges de béton n'entraînent pas de contraintes inadmissibles dans le béton en cours de durcissement.

Il y a lieu de tenir compte également des effets de la précontrainte mise en œuvre pour les ouvrages précontraints.

3.7.2. Echafaudages

Comme pour les étalements, les vérifications portent sur trois points :

- le sol et les fondations;
- la résistance et la stabilité de la structure;
- la géométrie.

Les efforts à prendre en compte sont ceux définis à l'article 3.4 « Actions » du présent Livret et les justifications à produire sont celles définies pour les étalements.

3.7.3. Dispositifs de protection au-dessus des voies et des quais, et en bordure des voies

3.7.3.1. Dispositifs de protection au-dessus des voies et des quais

Les planchers de protection et leurs appuis doivent résister aux charges de vent, aux effets de souffle dus au passage des circulations et, en n'importe quel point, à la chute accidentelle d'objets, d'outils ou de matériels susceptibles d'être manutentionnés ⁽¹⁾, ou aux charges susceptibles d'être appliquées lors d'opérations de démolition.

L'utilisation d'outils, objets, matériels ou matériaux plus lourds et/ou susceptibles de tomber d'une hauteur plus grande que ce pourquoi les planchers ont été calculés ou éprouvés est interdite.

Les filets ou auvents de protection (et leurs fixations) doivent pouvoir supporter la chute des objets indiqués ci avant sans que leur déformation ne les amène à moins de 0,50 m des installations électriques sous tension ou du gabarit ferroviaire.

Les planchers de travail peuvent servir de plancher de protection à condition qu'ils remplissent aussi les conditions de résistance définies pour ces derniers.

Commentaire

⁽¹⁾ Les planchers de protection doivent pouvoir résister, au minimum, à la chute d'un objet rigide de 30 kg tombant d'une hauteur de 2 m. Pour limiter les hauteurs de chute, ils doivent être placés le plus près possible de la zone de travail.

En général les planchers ne peuvent assurer aucune protection vis-à-vis de la chute d'éléments complets de ponts (poutres préfabriquées par exemple).

3.7.3.2. Ecrans de protection verticaux en bordure des voies

Les écrans de protection verticaux en bordure des voies doivent résister aux charges de vent, aux effets de souffle dues au passage des circulations et aux actions définies au marché (chocs engins, machines ...) sur les écrans⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ Dans le silence du marché un effort ponctuel horizontal de 500kg en situation accidentelle est appliqué en tête des écrans de façon à créer l'effet le plus défavorable, la surface d'impact est de 0.40x0.40m.

Par la suite, les chantiers doivent être organisés, sur la base d'une analyse de risques, de manière à ce que les sollicitations imposées aux écrans n'excèdent pas - dans leurs effets sur la résistance, la stabilité et la déformation - celles pour lesquelles les écrans ont été conçus.

3.7.4. Coffrages

3.7.4.1. Domaine d'application

Cet article s'applique à tout élément de coffrage destiné à supporter provisoirement le béton et les armatures d'une structure, tant que le béton n'a pas atteint une résistance suffisante.

Les éléments de coffrage sont des panneaux limités par des joints. Ces panneaux peuvent selon le cas :

- soit posséder une rigidité propre ; ils sont alors désignés comme "éléments coffrants",
- soit ne constituer qu'un revêtement plus ou moins mince, qui est alors fixé sur un support rigide continu qui est considéré comme un constituant de l'ossature de coffrage.

3.7.4.2. Principe des vérifications

3.7.4.2.1. Résistance du panneau élémentaire

Les vérifications se font aux états limites de service avec les efforts définis à l'article 3.4 du présent Livret.

3.7.4.2.2. Déformabilité du panneau élémentaire

Les tolérances admises pour la déformabilité des panneaux doivent être compatibles avec les déformations admissibles de parement définies par l'IN 00034 et par le fascicule 65 des CCTG des marchés publics de travaux.

3.7.4.2.3. Géométrie d'ensemble

La géométrie d'ensemble du coffrage, notamment pour ce qui concerne les tabliers de ponts-rails et ponts-routes, doit être définie en tenant compte des valeurs de contreflèche. Cette contreflèche doit prendre en compte d'une part la déformation du support de coffrage et d'autre part la déformation de la structure en situation d'exploitation.

La valeur de la contreflèche est égale à la somme de la flèche sous charge permanente maximale et d'une fraction de la flèche sous charge d'exploitation. Cette fraction est égale à :

- 0,5 pour les ponts-rails, à l'exception des tabliers de ponts-rails en béton précontraint mis en place par poussage ;
- 0,25 pour les ponts-routes.

Pour les tabliers de ponts-rails en béton précontraint mis en place par poussage, aucune contreflèche n'est à prévoir.

Le calcul est à faire dans le cadre de l'étude de l'ouvrage définitif suivant les règles de l'IN 04470, à l'état limite de service, sans majoration dynamique.

La contreflèche est mise en œuvre dès lors que sa valeur ainsi calculée dépasse 20 mm. Dans les autres cas, elle sera prise forfaitairement à 20 mm.

Aux valeurs calculées de contre flèches, il convient d'ajouter l'effet des déformations des appuis (tassements propres et tassement des supports) ainsi que celui des déformations prises par les cintres supports des plateaux coffrants. Au décintrement, la contreflèche résiduelle est celle déterminée uniquement à partir des charges permanentes et charges d'exploitation.

3.7.4.2.4. Prédalles

Les dispositions de l'article 3.7.8 "Eléments minces en béton" sont applicables aux prédalles en béton.

3.7.5. Matériels spéciaux (hors « protections spéciales »)

Conformément aux articles des chapitres 3.1 à 3.3 du présent Livret, les matériels doivent :

- soit être éprouvés sous des charges au moins égales à 1.5 fois la charge la plus agressive qu'ils auraient à supporter lors des travaux (se reporter à l'article 3.3.3 du présent Livret),
- soit faire l'objet de justification par le calcul dans les conditions de l'article 3.2 du présent Livret.

3.7.6. « Protections spéciales » pour travaux sur câbles aériens

Les dispositions suivantes concernent les protections spéciales utilisées pour la mise en œuvre, le remplacement de câbles ou les reprises d'efforts au-dessus des voies.

Les conditions d'appui et de stabilité (y compris stabilité des ancrages) font l'objet de vérifications particulières pour lesquelles des reconnaissances de sols sont nécessaires.

3.7.6.1.1. Lors des opérations de déploiement et de repliement

Les portiques sont considérés comme des étaielements et sont régis par les règles spécifiques du présent Livret (voir art. 3.7.1 et 4.3).

Les échafaudages sont régis par les règles spécifiques du présent Livret (article 3.7.2 notamment.)

En complément des obligations réglementaires liées à leur utilisation comme engin de manutention⁽¹⁾, les grues et les engins de type "Passe-Câbles ® – SMMI-PS" ou « Securyline ® – SMMI-PS » doivent faire l'objet de contrôles techniques dressés par les organismes accrédités :

- attestant des essais en charge maximale, datant de moins de deux ans,
- attestant du bon montage au chantier, à l'issue chaque installation et modification de l'installation,
- attestant, le cas échéant, du maintien de l'installation en bon état de conservation, datant de moins de 6 mois.

Ces contrôles font l'objet d'un Procès-Verbal remis au Maître d'Œuvre de l'opération et tenu à disposition de SNCF Réseau.

Commentaire

⁽¹⁾ *Les engins de type « Securyline ® – SMMI-PS », dans la mesure où leur structure est démunie de ses appareils de levage (treuil, crochet de levage etc..), peuvent être dispensés des obligations réglementaires découlant de l'arrêté du 1er mars 2004. Les engins de type Passe-Câbles ® – SMMI-PS", à base de grue mobile, ont quant à eux une périodicité de contrôle de 6 mois au titre de l'arrêté du 1er mars 2004.*

L'Entrepreneur doit également fournir au Maître d'Œuvre de l'opération :

- les certificats d'entretien en cours de validité,
- la procédure travaux, les dessins et les calculs justificatifs des dispositions proposées montrant les emplacements de travail et les dispositions prévues pour éviter leur perte d'équilibre statique (renversement compte tenu de la configuration des lieux, de la nature des sols, des charges déplacées ou manutentionnées, des efforts résultant du vent,...).

3.7.6.1.2. Pendant la durée du chantier

Les protections spéciales sont assimilables à des ouvrages provisoires (pont ou étaielement); leur stabilité fait l'objet d'une étude d'exécution réalisée par l'Entrepreneur.

Sont à justifier, dans cette étude, tous les dispositifs contribuant à leur stabilité, et en particulier, les massifs d'ancrage, les dalles de répartition ou d'appui, et le cas échéant, le haubanage et le contreventement.

Les protections spéciales sont dimensionnées en tenant compte de l'ensemble des actions pouvant s'exercer, incluant les charges de service, les charges de vent réglementaires, l'effet de souffle des trains, etc. Les charges de service incluent l'effort venant des câbles, déterminé par le Maître d'Œuvre en fonction du site, des conditions particulières d'exécution des travaux, de la hauteur de la ligne au-dessus des voies ferrées, de la position des pylônes encadrant les voies ferrées, etc.

Dans les cas courants, en l'absence de justifications (expérimentales ou théoriques) sur la valeur de cet effort, il ne peut pas être inférieur à 2 fois le poids total de tous les câbles à mettre en place au-dessus de l'engin ou de l'ouvrage de protection, poids lui-même évalué en tenant compte pour chaque câble d'une longueur égale à la longueur de la zone protégée plus trois fois la hauteur du plan de protection au-dessus du terrain naturel. Cet effort

est à placer dans les positions les plus défavorables pour l'élément vérifié. Il peut être réparti sur plusieurs éléments successifs destinés à recevoir le câble ; toutefois, pour le dimensionnement de chaque élément d'extrémité, on applique au minimum le poids total des câbles, dans la direction la plus défavorable.

3.7.7. Accessoires de manutention

3.7.7.1. Câbles, chaînes, cordages

Les accessoires de manutention entrent dans le champ de la directive européenne « Machines » ⁽¹⁾ relative à la conception des équipements de travail, dont la dernière version 2006/42 est applicable au 29/12/2009 (transposée dans le code du travail à l'Annexe 1 de l'article R4312-1 du code du Travail).

Commentaire

⁽¹⁾ Ce texte précise que les accessoires de levage et leurs éléments sont dimensionnés et vérifiés par essais en tenant compte des phénomènes de fatigue et de vieillissement pour un nombre de cycles de fonctionnement conforme à la durée de vie prévue, dans les conditions de service spécifiées pour une application donnée.

Les coefficients "charge de rupture/charge maximale d'utilisation (CMU)", appelés coefficient d'utilisation, sont également indiqués :

- 5 pour les câbles métalliques,
- 4 pour les chaînes,
- 7 pour les câbles ou sangles textiles,
- 4 pour tous les composants métalliques d'une élingue.

3.7.7.2. Epingles de manutention

Dans la mesure où :

- d'une part, l'épingle de manutention est réalisée et mise en œuvre conformément aux prescriptions rappelées à l'article 4.5.6 du présent Livret,
- et, d'autre part, l'effort de traction dû au crochet est appliqué dans le plan de la boucle, la valeur maximale de l'effort statique nominal applicable à une épingle de diamètre \varnothing a pour intensité : $F = 0.13 \varnothing^2$ avec F exprimée en kN et \varnothing en mm² ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ Cette valeur tient compte, d'une part, de l'effet dynamique produit lors de la manutention, et, d'autre part, d'une réduction de la section résistance liée à la différence entre le diamètre du crochet et celui de la boucle de l'épingle.

3.7.8. Eléments minces en béton

Ces éléments (prédalles notamment) sont réputés minces si leur épaisseur est inférieure à quinze centimètres, ils sont justifiés en prenant en compte une position des armatures par rapport aux parois déplacée de 10 % de l'épaisseur dans un sens défavorable, par rapport à leur position théorique.

3.7.9. Camarteaux pour appui des tabliers auxiliaires (T.A)

3.7.9.1. Généralités

Les camarteaux sont des semelles (superficielles ou non) en béton armé qui reçoivent les tabliers auxiliaires et les charges ferroviaires que ces derniers supportent.

Les règles de conception ⁽¹⁾ et de calcul applicables sont définies dans l'IN 04470.

Commentaire

⁽¹⁾ *La conception et le dimensionnement des camarteaux consistent à trouver le meilleur compromis, justifié par des calculs, entre :*

- la portée du T.A.,
- les dimensions du camarteau,
- le type de fondation,
- la position du camarteau par rapport au talus,
- l'éventuelle réalisation d'un blindage en pied de talus.
- la pente du talus et sa protection,

compte tenu de la profondeur du déblai, de la nature et des caractéristiques des sols, ainsi que de la présence d'eau.

3.7.9.2. Actions à prendre en compte

Concernant les charges ferroviaires, les camarteaux sont justifiés sous les actions verticales et horizontales du schéma de charges LM 71 et du schéma de charge SW0.

Dans les cas où le trafic ferroviaire (charges à l'essieu, espacement des essieux, charges réparties) est connu avec certitude, les justifications peuvent être menées sur la base des charges réelles dues à ces convois. Dans ce cas, l'effort de freinage/démarrage peut être pris égal au ¼ de la charge verticale.

Des informations complémentaires sur les modalités de reprise des efforts horizontaux dans les camarteaux sont données dans l'article 8.5 de l'IN 01265.

3.7.10. Terrassements et blindages à proximité des voies ⁽¹⁾

Commentaire

⁽¹⁾ *L'article 4.4.2.1 définit les travaux de terrassement, fouilles et blindages considérés comme étant réalisés « à proximité des voies ferrées ». Il est rappelé que dans le silence du marché, c'est le cas lorsque les fouilles ou déblais pénètrent sous un plan P0 représenté en Figure 8 de cet article.*

Les terrassements, fouilles et blindages à proximité des voies ferrées sont considérés comme des ouvrages ou opérations de 1^{ère} catégorie.

Ils font l'objet de calculs de résistance, stabilité et déformations tenant compte des données géotechniques (nature et caractéristiques des matériaux, épaisseur et pendage des couches, présence éventuelle d'eau,...) et du phasage d'exécution.

Les calculs sont conduits suivant les prescriptions de l'IN 04470 - complétées par les règles particulières ci-après.

Une fouille pénétrant dans le plan P1 ⁽²⁾ incliné à 3 (sens horizontal) pour 2 (sens vertical) issu de la crête de la banquette de ballast est systématiquement blindée.

Une fouille (ou un déblai) non blindée fait l'objet d'une justification de stabilité d'ensemble conforme à l'IN 04470 dès lors qu'elle est descendue à plus de 2 mètres sous le niveau du rail.

Commentaire

⁽²⁾ *Le plan P1 est défini dans l'article 4.4.2.1. et représenté en Figure 9 de cet article.*

La conception et le calcul des blindages doivent tenir compte des phases de terrassement ou de remblaiement et de compactage, et garantir que la mise en charge de l'écran et des dispositifs complémentaires de stabilisation n'entraîne pas de contraintes ou sollicitations inadmissibles dans les éléments constitutifs et les terrains, ou des déformations inadmissibles pour les structures supportées (voies ferrées essentiellement).

Les calculs de déformations sont effectués à l'état limite de service (**combinaisons caractéristiques**). Les déformations horizontales des écrans de soutènement sont calculées selon les méthodes de calcul aux modules de réaction, en prenant en compte le comportement « élasto-plastique » des sols, sous l'effet cumulé des phases de réalisation et de la charge d'exploitation ferroviaire.

Les déformations calculées des blindages ne doivent pas dépasser les valeurs limites U définies dans le Tableau 6 –(cas d'un écran auto-stable) ou le Tableau 7 –(cas d'un écran maintenu en tête) ci-après.

Ces valeurs limites dépendent principalement :

- de la constitution du blindage (auto-stable ou butonné ou tiranté),
- de la vitesse de circulation sur la ligne,
- de la distance du blindage à la voie,
- et de la profondeur de la fouille.

Dans la figure et les tableaux suivants :

- U est la déformation horizontale limite du blindage (en tout point).
- H est la hauteur de la fouille, comptée du fond de fouille jusqu'au niveau supérieur des traverses (que le terrain en arrière du blindage comporte une pente ou non).
- $H_{\text{écran}}$ est la hauteur de fouille blindée⁽³⁾.
- D est la distance horizontale entre le blindage (face côté fouille) et l'axe de la voie.
- V est la vitesse de circulation sur la ligne pendant la durée d'utilisation du blindage⁽⁴⁾. Celle-ci est limitée à 160 km/h dans le cas de blindages auto-stables (ni butonnés, ni tirantés).

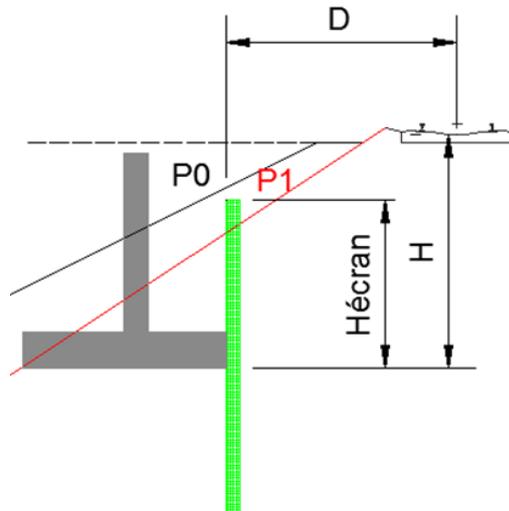


Figure 1

Commentaire

⁽³⁾ Dans le cas des écrans autostables, il convient de limiter la valeur $H_{\text{écran}}$ à un maximum de 3 m.

⁽⁴⁾ Il s'agit bien ici de la vitesse maximale de circulation après l'achèvement des travaux de fouilles et blindages. Voir art. 4.4.2.3 pour les modalités de réalisation des travaux de fouilles et blindages vis-à-vis de l'exploitation (travaux hors circulation des trains, ou bien vitesse maximale, limitée à 80 km/h sous certaines conditions).

Le dimensionnement de l'écran peut s'avérer difficile pour répondre au critère de déformation, c'est pourquoi il peut être parfois pertinent, au stade de la conception, de proposer une limitation de vitesse pendant les travaux.

Lorsque la hauteur des fouilles dépasse 7 m dans le cas des écrans maintenus en tête, les valeurs limites des déplacements ne doivent pas être extrapolées des tableaux ci avant ; elles sont définies au marché avec l'accord du Département des Ouvrages d'Art de SNCF Réseau.

Les tableaux suivants, qui définissent la déformation horizontale limite des blindages, ne sont pas adaptés dans les cas où est mise en œuvre la technique des parois clouées; les valeurs limites U doivent alors être définies dans le marché ⁽⁵⁾.

Commentaire

⁽⁵⁾ Les valeurs (valeur limite et valeur calculée) de déplacement des parois clouées supportant des charges d'exploitation ferroviaire doivent être validées par le Département des Ouvrages d'Art de SNCF Réseau.

Si le niveau de la nappe phréatique est situé au-dessus du fond de fouille, la stabilité de celui-ci doit être assurée et justifiée en tenant compte de cette situation.

3.7.10.1. Valeurs limites U pour les blindages non maintenus en tête (écrans autostables) (Tableau 6 -)

La valeur limite de déplacement en tête de blindage se calcule comme suit :

$$U = U_{\text{ref}} * \left(\frac{H_{\text{écran}}}{H} \right) \text{ avec } H_{\text{écran}} \leq 3 \text{ m}$$

La valeur de U_{ref} est extraite des tableaux suivants :

Tableau 6 –

Uref (mm) pour V ≤ 80 km/h		D (m)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H (m)	2	20	25	30	35	40			
	3	25	30	35	40	45	50	55	
	4	30	35	40	45	50	55	60	65
	5		40	45	50	55	60	60	65
	6				60	60	65	65	70
	7					65	65	70	70
	8							70	70
	9								75
	10								

Uref (mm) pour 80 < V ≤ 120 km/h		D (m)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H (m)	2	15	20	25	30	35			
	3	20	25	30	35	40	45	50	
	4	25	30	35	40	45	50	55	60
	5		35	40	45	50	55	55	60
	6				50	50	55	55	60
	7					55	55	60	60
	8							60	60
	9								65
	10								

Uref (mm) pour 120 < V ≤ 160 km/h		D (m)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H (m)	2	10	15	20	25	30			
	3	15	20	25	30	35	40	45	
	4	20	25	30	35	40	45	45	50
	5		30	35	40	40	45	45	50
	6				40	40	45	45	50
	7					45	45	50	50
	8							50	50
	9								55
	10								

- Légende :
-  : fouilles situées au dessus du plan P0 et ne et ne risquant donc pas de déstabiliser la voie (vérification structurale sans limite de déplacement)
 -  : configurations géométriques ne respectant pas la condition Hécraan ≤ 3 m

3.7.10.2. Valeurs limites U pour les blindages comportant un ou plusieurs lit de butons (ou tirants) (Tableau 7 –)

Tableau 7 –

U (mm) pour $V \leq 80$ km/h		D (m)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H (m)	3	17	27	40	40	40	40	40	40
	4	24	40	40	40	40	40	40	40
	5	22	37	40	40	40	40	40	40
	6	22	27	40	40	40	40	40	40
	7	18	24	40	40	40	40	40	40

U (mm) pour $80 < V \leq 140$ km/h		D (m)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H (m)	3	11	17	40	40	40	40	40	40
	4	15	27	40	40	40	40	40	40
	5	13	23	40	40	40	40	40	40
	6	13	17	39	40	40	40	40	40
	7	11	15	28	40	40	40	40	40

U (mm) pour $140 < V \leq 220$ km/h		D (m)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H (m)	3	8	13	31	40	40	40	40	40
	4	11	20	37	40	40	40	40	40
	5	10	17	36	40	40	40	40	40
	6	10	13	29	40	40	40	40	40
	7	8	11	21	40	40	40	40	40

U (mm) pour $V > 220$ km/h		D (m)							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H (m)	3	7	10	26	40	40	40	40	40
	4	9	17	31	40	40	40	40	40
	5	8	14	30	40	40	40	40	40
	6	8	10	24	40	40	40	40	40
	7	7	9	18	40	40	40	40	40

Légende :  : fouilles situées au dessus du plan P0 et ne risquant donc pas de déstabiliser la voie (vérification structurale sans limite de déplacement)

3.8. Règles de justifications particulières à certaines opérations de construction

3.8.1. Lançage des ossatures métalliques

3.8.1.1. Généralités

Les efforts susceptibles d'être développés lors des opérations de lançage doivent être pris en compte, avec leurs valeurs de calcul, dans l'ensemble des justifications liées à ces opérations (par exemple : justification des appareils de lançage), y compris dans les justifications des structures à déplacer.

Les efforts longitudinaux de poussage ou de traction susceptibles d'être développés lors des opérations de lançage sont définis à l'article 3.4.3.20. Les efforts ainsi déterminés correspondent essentiellement à des efforts résistants dus au frottement sous les charges à

déplacer et ne prennent pas en compte les éventuels efforts résistants générés par les dispositifs de guidage.

Lorsque les efforts réels mesurés sur le chantier lors des essais (voir art. 4.6 et 4.7) s'avèrent supérieurs à la valeur prise en compte dans le calcul, l'ensemble des justifications liées à l'opération de translation est à revoir et/ou les dispositions constructives doivent être adaptées.

Pour les matériels tels que les vérins, pompes, flexibles, etc., les justifications se font à l'état limite ultime, et les valeurs ainsi obtenues (pressions, efforts capables...) doivent rester inférieures aux capacités annoncées par les constructeurs de ces matériels dans les documentations techniques correspondantes.

Les efforts stabilisateurs à prendre dans les vérifications vis à vis de l'équilibre statique des structures à déplacer doivent être déterminés sur la base de la valeur minimale des efforts de frottement.

L'intégrité de la structure à déplacer (résistance, stabilité, et qualité de son assise, pérennité, aspect) doit être préservée au cours de l'opération.

3.8.1.2. Justification de l'ossature à lancer :

La résistance des sections et la stabilité vis à vis du déversement, du voilement des âmes ou du flambement, ainsi que l'équilibre statique de l'ossature ou de ses éléments, sont à justifier pendant toutes les phases de construction.

Suivant les principes développés dans l'Eurocode 3, l'analyse globale de la structure métallique dans ses phases de mise en place les plus critiques est une analyse au second ordre dès lors que le facteur de charge critique correspondant aux diverses combinaisons de chargement à étudier est inférieur à 10. La détermination du facteur de charge critique, comme l'analyse au second ordre, passe par une modélisation fine de la structure en 3 dimensions, pouvant rendre compte au moins du flambement individuel des barres réelles ou du déversement individuel d'éléments de poutres.

Cette analyse au second ordre doit prendre en compte les imperfections structurelles (défauts géométriques liés à une tolérance de fabrication ou à des tassements d'appuis, incertitude sur la répartition des masses,...) et les charges transversales (le vent).

Indépendamment de cette vérification, des systèmes de contreventement rigidifiant la structure en torsion et en flexion horizontale sont à prévoir dès l'instant que le facteur de charge critique est inférieur à 10.

En fonction de l'élanement des structures en porte-à-faux (tablier avec son avant ou arrière bec) et/ou des conditions climatiques locales, il peut être nécessaire d'analyser le comportement de ces ossatures vis à vis des effets dynamiques du vent pour s'assurer qu'aucune possibilité n'existe de mise en résonance ⁽¹⁾. Pour cela il y a lieu d'effectuer un calcul dynamique sous modèle de vent turbulent, qui peut être simplifié sur la base des hypothèses suivantes: intensité de la variation de pression du vent = 1/3 du vent maxi; période = 1 à 3 secondes.

Commentaire

⁽¹⁾ Cette condition impérative peut conduire à limiter les porte-à-faux sur circulations à quelques mètres et à réaliser des bridages très importants sur appuis.

Les déformations des ossatures sont calculées dans toutes les phases de montage et de mise en place.

Un ou plusieurs essais sur plateforme sont à réaliser en reconstituant les phases de lancement les plus critiques (porte-à-faux, portées majorées,...) vis à vis de l'ossature métallique ou des appareils de lancement (avant-bec, arrière-bec) de manière à valider expérimentalement.

talement - avant le lancement - les résultats des calculs de résistance et stabilité (élastique et vis à vis de l'équilibre statique) de l'ossature dans sa configuration la plus défavorable; les essais comprennent donc en particulier une comparaison entre les déformations théoriques et les déformations réelles. Pour cela des calages sont disposés sur la plateforme conformément à cette configuration. Les essais doivent permettre de s'assurer des caractéristiques mécaniques réelles et de vérifier que le comportement statique sous une charge d'épreuve significative placée dissymétriquement en extrémité de porte-à-faux est bien conforme aux prévisions du calcul (chargement dissymétrique de la structure et/ou abaissement d'un appui pour simuler un défaut capable d'entraîner –le cas échéant- une instabilité). Ce dernier devra donc également analyser cette situation d'épreuve.

Un nivellement de précision (de l'extrémité des pièces en porte-à-faux, notamment) est réalisé pendant et à la fin de chaque phase de construction, de sorte que tout comportement anormal de la structure puisse être décelé par comparaison des calculs avec les mesures.

3.8.1.3. Justification des appuis

La stabilité et la résistance des appuis (palées, provisoires ou non, métalliques ou non) sont à justifier, notamment vis à vis des efforts horizontaux.

La stabilité de l'aire de montage doit également être justifiée, notamment vis à vis des concentrations de charges au droit des appuis et calages provisoires.

Les appuis provisoires sur remblai (camarteaux,...) doivent être justifiés vis à vis de la capacité portante du sol et de la stabilité au grand glissement.

Les tassements au droit des appuis provisoires doivent être déterminés.

3.8.1.4. Efforts générés par les dispositifs de guidage

Les systèmes de guidage génèrent des efforts qui doivent être déterminés par le calcul.

Ces efforts sont fonction :

- du type de butée (patin ou galet),
- de la courbure de la structure à lancer,
- de la répartition des efforts entre les lignes d'appui (différences de frottement entre les lignes,...),
- du jeu réel entre la butée et la structure,
- des efforts parasites susceptibles d'être développés (gradient thermique transversal,...)

3.8.2. Ripage de structures (tabliers, cadres...) sur chemins de ripage

3.8.2.1. Efforts développés

Les efforts de poussage ou de traction susceptibles d'être développés lors des opérations de ripage sont définis à l'article 3.4.3.20.

Les poteaux, palées, tours d'étalement, doivent être vérifiés en associant des charges horizontales aux charges verticales selon l'article 3.4.3.10.1.

En outre, pour les structures supportant les chemins de ripage (palées provisoires, appuis définitifs,...), à toute charge verticale doit être associée, en plus des charges directement supportées, une composante horizontale agissant dans la direction perpendiculaire au

déplacement et dont l'intensité ne doit pas être inférieure à 5% de la valeur de la charge verticale.

A cet effort transversal peuvent s'ajouter les forces en provenance du guidage indiquées à l'article 3.8.2.3.

3.8.2.2. Principes des justifications

Les efforts susceptibles d'être développés (voir article précédent) sont pris en compte dans les justifications avec leurs valeurs de calcul.

Ces efforts correspondent à l'ensemble des efforts résistants dus aux divers frottements sous les charges à déplacer. Ils tiennent compte, pour les seuls cas courants (jeux faibles), des éventuels efforts résistants générés par les dispositifs de guidage.

Ces efforts doivent être pris en compte dans l'ensemble des justifications liées à ces opérations de ripage. Par exemple, ils sont à prendre en compte dans les calculs justificatifs des dispositifs de poussage, des chemins de ripage, de leur support, des ancrages ainsi que dans les justifications de résistance, stabilité et de déformation des structures à déplacer.

Lorsque les efforts réels mesurés sur le chantier lors des essais (voir art. 4.6) s'avèrent supérieurs à la valeur caractéristique prise en compte dans le calcul, l'ensemble des justifications liées à l'opération de ripage est à revoir et les dispositions constructives doivent être adaptées en conséquence.

Les systèmes de poussage et de traction doivent pouvoir développer des efforts sensiblement supérieurs à la valeur caractéristique des forces définies à l'article 3.4.3.20.

Le dimensionnement des dispositifs moteurs (vérins, câbles, ...) et de tous les systèmes d'appui ou d'ancrage est basé sur les combinaisons d'actions à l'état limite ultime.

Pour les matériels tels que les vérins, pompes, flexibles, etc., les valeurs ainsi obtenues (pressions, efforts capables...) doivent rester inférieures aux capacités annoncées par les constructeurs de ces matériels dans les documentations techniques correspondantes.

Lorsque les forces de frottement jouent un rôle favorable dans les vérifications vis à vis de l'équilibre statique des structures à déplacer ⁽¹⁾, elles doivent être déterminées sur la base d'une valeur minimale des coefficients de frottement prise égale à 25 % des valeurs définies par le tableau de l'article 3.4.3.20.

Commentaire

⁽¹⁾ *Ce peut être le cas, par exemple, du dimensionnement des dispositifs de retenue dans le cas d'un déplacement de tablier suivant une trajectoire non horizontale descendante.*

3.8.2.3. Efforts générés par le système de guidage

Les systèmes de guidage génèrent :

- des efforts de guidage perpendiculaires au déplacement, et fonction des efforts moteurs exercés, de leur distance au système de guidage et de l'écart d'avancement entre les lignes de ripage ;
- des efforts résistants supplémentaires qui s'ajoutent aux efforts résistants (suivant la direction du déplacement) dus aux frottements sous les charges verticales.

Si les dispositions concernant la mise en œuvre des systèmes de guidage et le contrôle d'avancement s'écartent des dispositions de principe de l'article 4.8, les efforts dus au système de guidage doivent être évalués soit par le calcul soit au moyen d'essais, puis

pris en compte tant dans le dimensionnement du système moteur que dans celui des dispositifs de guidage eux-mêmes.

La valeur caractéristique de l'effort pris en compte pour la justification des butées ne doit pas être inférieure à 25 % de la valeur de l'effort "moteur" disponible (dans chaque sens, globalement).

3.8.2.4. Composantes verticales des efforts de ripage

Les composantes verticales des efforts liés à la différence de niveaux entre, d'une part, le point d'application des efforts moteurs sur la structure à ripper et, d'autre part, le point d'appui sur la partie fixe (chemin de ripage, sommier de culée ou autre support) doivent être prises en compte dans les justifications. Cette différence de niveaux doit être la plus faible possible.

3.8.2.5. Fixation du chemin de ripage et supports du chemin de ripage

Toutes les forces horizontales exercées suivant l'axe du ripage et transmises par le chemin de ripage à ses supports (palées, tours d'étalement, appuis définitifs) doivent être évaluées et prises en compte dans le dimensionnement des fixations du chemin de ripage ainsi que dans celui de ses supports (stabilité des palées provisoires, en particulier). La répartition de ces forces sur les différents supports du chemin de ripage dépend de la rigidité de ces supports ainsi que de celle des fixations.

Les efforts horizontaux transmis aux supports du chemin de ripage sont :

- les forces dynamiques dues à l'accélération et à la décélération du tablier ;
- sur une ligne d'appui donnée, en fonction de la rigidité horizontale des liaisons du chemin de ripage à son support, la différence entre efforts moteurs et efforts de frottement, ces efforts étant transmis par l'intermédiaire de la structure.

En plus du liaisonnement assuré par frottement entre le support et le chemin de ripage, une fixation - dimensionnée vis à vis d'actions dont la valeur caractéristique ne doit pas être inférieure à 20 % de l'effort capable "moteur" - est nécessaire dans le cas de deux lignes d'appui ou quand il y a autant de systèmes moteurs actifs en continu que de ligne d'appui. Cette disposition permet de prendre en compte les effets dynamiques générés lors du déplacement de la charge.

Pour les tabliers de pont continus, sur les files d'appui non équipées de moyens de poussage ou de traction, les supports des chemins de ripage doivent être vérifiés en prenant en compte la totalité des efforts de frottement.

Les efforts horizontaux exercés sur les supports (palées de ripage,...) dans la direction perpendiculaire au déplacement doivent être également pris en compte dans la justification de ces supports.

3.8.2.6. Liaisons vérins / structure

Lorsque la face d'appui des appareils de poussage ou de tirage n'est pas perpendiculaire à la direction du déplacement (cas des tabliers biaisés), il est nécessaire de prévoir un bossage ou une platine spéciale dont les attaches (goujons) doivent être dimensionnées en tenant compte des efforts de cisaillement.

3.8.2.7. Rigidité des chemins de ripage

La déformabilité des chemins de ripage doit toujours être compatible avec le procédé mis en œuvre et ses différents constituants ainsi qu'avec la rigidité de la structure à déplacer.

Il convient de rechercher - pour les chemins de ripage - la rigidité la plus grande, d'une part, et la plus homogène (entre les différents appuis), d'autre part.

Un calcul justificatif basé sur l'hypothèse d'appuis sur sol élastique est à établir pour chacune des positions caractéristiques de la structure (modélisation) ; des ressorts modélisant les réactions élastiques du sol, et dont les caractéristiques sont à déduire du rapport géotechnique sont appliqués à chaque nœud appui situé le long du chemin. Les tassements des chemins de ripage sont à déterminer.

Les tassements des chemins de ripage sont à déterminer.

Pour des structures à déplacer exceptionnellement rigides en flexion ou en torsion, le marché peut imposer des valeurs limites de rigidité des chemins de ripage.

3.8.2.8. Résistance et déformation de la structure déplacée

L'intégrité de la structure à déplacer, ainsi que sa pérennité et son aspect, doivent être préservés au cours de l'opération.

La résistance du tablier et ses déformations dans le plan horizontal en cours de ripage doivent faire l'objet de calculs justificatifs.

3.8.2.9. Prescription spécifiques à quelques procédés de ripage

3.8.2.9.1. Glissement acier sur acier graissé

La pression de contact doit être limitée à 25 MPa dans les vérifications à l'état limite ultime.

3.8.2.9.2. Glissement sur polytétrafluoréthylène (PTFE) ou « Téflon »

La pression de contact du Téflon sur l'acier inoxydable doit être limitée à 20 MPa dans les vérifications à l'état limite ultime.

3.8.2.9.3. Roulement sur galets ou rouleaux

Quel que soit le type de rouleaux ou de galets utilisé, la pression diamétrale - évaluée à l'état limite ultime - doit être limitée à 10 MPa. Cette pression est, par convention, déterminée en divisant la charge supportée par le produit du diamètre du galet ou du rouleau par la largeur de contact. Dans le cas de chemins de roulement constitués de rails, il est admis de prendre pour largeur de contact les 2/3 de la largeur du champignon. La réaction verticale maximale supportée par chaque galet ou rouleau doit être évaluée à partir de leur position la plus défavorable pendant le déplacement (tabliers biais) ainsi que de la rigidité et des tassements des chemins de ripage.

3.8.2.9.4. Roulement sur chariots élévateurs (type « Cochez » par exemple)

Le mode de répartition des charges sur les vérins du système constitué de chariots élévateurs automoteurs, comme la stabilité d'ensemble du portique, doivent faire l'objet d'une étude particulière et doivent être contrôlés lors de l'essai de ripage.

3.8.2.9.5. Roulement sur remorques routières automotrices (type « Kamags » par exemple)

Les actions dues au vent sont prises en compte dans les justifications, ainsi que les actions liées aux effets dynamiques lors du déplacement.

La stabilité de l'ensemble constitué par les remorques, les étalements et le tablier doit être justifiée dans le plan vertical parallèle à la direction du déplacement et dans le plan vertical perpendiculaire à cette direction, dans toutes les situations : vérinage lors de la mise en charge des remorques, transport (translations et rotations), transfert de charges des remorques vers les appuis du tablier, etc. La stabilité d'ensemble doit être contrôlée lors d'un essai préalable d'avancement et de freinage.

La résistance des organes de liaison entre les différents constituants de l'ensemble doit être justifiée.

3.8.2.9.6. Roulement sur « Rouleurs Sans Cesse Express »

La réaction d'appui sous chaque rouleur doit faire l'objet d'un calcul détaillé tenant compte de toutes les actions exercées en cours de déplacement (forces horizontales, dénivellements d'appuis, biais, position du rouleur par rapport au centre de gravité de la structure, hyperstaticité, efforts liés au guidage, etc.).

La charge par rouleur doit être limitée à 50% de la charge maximale totale dans les vérifications à l'état limite ultime.

3.8.2.9.7. Mode de répartition des charges verticales dans le cas des ouvrages ripés à l'aide de plusieurs vérins

Dans le silence du marché, pour les justifications d'équilibre statique comme pour la vérification des éléments structuraux, outre la prise en compte du coefficient γ_Q tel que défini à l'article 3.5 il y a lieu, pour ces opérations, d'envisager dans chacun des groupes la défaillance d'un ou plusieurs vérins selon la règle suivante :

- dans le cas d'un groupe de 2 à 4 vérins : on considère la défaillance d'un vérin ;
- dans le cas d'un groupe de 5 ou plus : on considère la défaillance de deux vérins.

3.8.3. Mise en place d'ouvrages ou parties d'ouvrages par glissement sur le terrain

3.8.3.1. Généralités

Les règles de calcul et les coefficients de sécurité donnés ci-après supposent le respect d'un certain nombre d'exigences en matière de dispositions constructives et de contrôle de la qualité d'exécution.

L'utilisation des procédés de mise en place par glissement sur le terrain suppose que la justification de la fondation de l'ouvrage en place (stabilité, non-poinçonnement, etc.) ait été effectuée au préalable, conformément aux règles de l'IN 4470 ⁽¹⁾. La réalisation d'un cadre, qui comporte un radier, offre généralement des garanties fortes que ces vérifications soient satisfaites, mais dans certaines situations particulières (sol très médiocre, présence d'une nappe, charges très importantes, excentrement notable des charges verticales par rapport au centre de gravité de la surface d'assise ⁽²⁾,...) elles peuvent ne pas l'être.

Commentaires

⁽¹⁾ *En aucun cas, la simple comparaison entre le poids de l'ouvrage et le poids des terres enlevées ne saurait constituer une justification de la bonne tenue de l'ouvrage en service ou même en cours de ripage.*

⁽²⁾ *L'excentrement important des charges verticales induit un diagramme de charges au sol triangulaire dont l'intensité peut être excessive au regard de la capacité portante du sol.*

L'application des règles de justification nécessite une connaissance précise des terrains sur lesquels s'effectuent les glissements et sur lesquels est fondé le radier de préfabrication et guidage ; une campagne de reconnaissance adaptée au procédé (voir article 4.9) est donc indispensable.

Le format général de vérification de résistance et de déformation des éléments de structures liées aux procédés de glissement sur le terrain est, comme pour les structures mises en place par ripage, le suivant :

$$\gamma_{Ff} \cdot F_f \leq \frac{R_K}{\gamma_M}$$

avec :

F_f : effet (solicitation, déformation) dû à l'action exercée pour réaliser le déplacement ; F_f est l'effort de frottement susceptible de se développer lors de l'opération, entre la structure à déplacer et son support.

R_K : valeur caractéristique de résistance (voir article 3.6),

γ_M : coefficient partiel de sécurité sur les matériaux

Les vérifications aux états limite de service (déformation et fissuration) sont menées avec $\gamma_{Ff} = 1$

Les vérifications aux états limites ultimes de résistance sont effectuées avec $\gamma_{Ff} = 1,5$ correspondant au coefficient partiel de sécurité applicable aux actions variables et en particulier aux efforts de frottement, pour tenir compte de la façon dont ces derniers se développent.

Sauf dans certains cas particuliers précisés plus loin, la valeur des coefficients partiels de sécurité γ_M sur les matériaux est définie par la réglementation en vigueur (Eurocodes).

Lorsque l'angle d'ouverture des talus n'est pas suffisant pour garantir leur stabilité pendant toute la durée de l'opération de mise en place de l'ouvrage, des trusses coupantes sont à prévoir dans le prolongement des piédroits, et des efforts de poussée et butée latérale s'y appliquent selon l'article 3.8.3.9.

3.8.3.2. Effort de frottement susceptible de se développer

3.8.3.2 Effort de frottement susceptible de se développer

La valeur caractéristique de l'effort de frottement F_f susceptible de se développer entre la structure et son support est déterminée de la manière suivante, étant entendu qu'une lubrification efficace et permanente doit être mise en œuvre sur toutes les surfaces en contact avec le terrain :

Cas d'un glissement sans frottements latéraux piédroits/terrain :

$$F_f = \alpha \cdot f \cdot P$$

Cas d'un glissement avec frottements latéraux piédroits/terrain :

$$F_f = \alpha \cdot f \cdot [P + V_p + H_p]$$

avec :

F_f : valeur caractéristique de l'effort de frottement susceptible de se développer entre la structure et son support.

α : coefficient permettant d'atteindre la valeur de frottement ayant une probabilité faible d'être dépassée. $\alpha = 3$ (Cette valeur du coefficient α correspond à celle du coefficient k défini à l'article 3.4.3.20 dans le cas des opérations de glissement sur le terrain avec lubrification).

f : coefficient de frottement moyen. $f = 0,19$ (cf. article 3.4.3.20)

P : poids de la masse à riper (poids du cadre, des équipements et du matériel)

V_p : composante verticale de la poussée des terres et des surcharges sur l'ensemble des deux piédroits

H_p : composante horizontale de la poussée des terres et des surcharges sur l'ensemble des deux piédroits. Sauf disposition contraire du marché, H_p est calculée sur la base d'un coefficient de poussée pris égal à la moyenne entre le coefficient de poussée au repos (K_0) et le coefficient de poussée active (K_a).

Il convient de disposer une trousse coupante en débord de 2 cm par rapport au nu arrière des piédroits ; toutefois cette obligation ne permet en aucune manière de réduire la valeur de l'effort résistant à vaincre tel qu'il est déterminé précédemment.

Lorsque le radier de préfabrication comporte une pente (ou une rampe) longitudinale, il y a lieu d'en tenir compte dans l'évaluation des efforts de frottement, qui peuvent être soit augmentés soit diminués.

$$F_f = (\alpha \cdot f + \text{pente}) \cdot P$$

avec :

pente : valeur exprimée en %, avec signe positif ou négatif

3.8.3.3. Stabilité du radier de guidage –Butée sur les bèches (Figure 2)

Dans son principe, la justification consiste à vérifier que la rupture de la butée mobilisable du sol ne se produit pas avant que l'effort de frottement susceptible de se développer entre la structure et son support n'ait atteint sa valeur caractéristique.

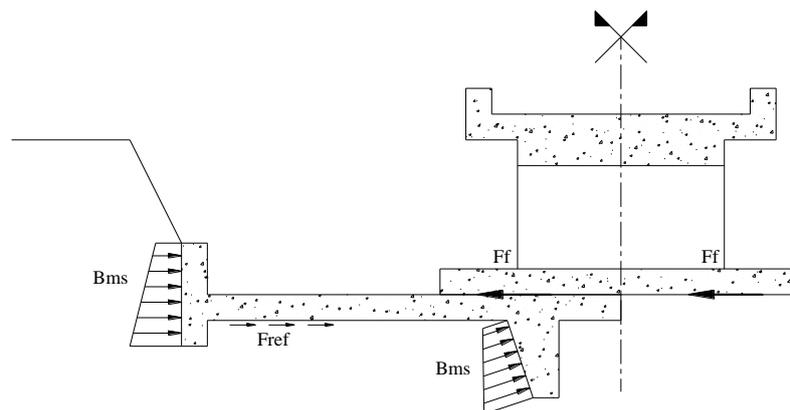


Figure 2

Le format de cette vérification s'établit ainsi :

$$F_f \cdot \gamma_{Ff} \leq \frac{B_{ms}}{\gamma_{Bms}} + \frac{F_{ref}}{\gamma_{Fref}}$$

avec :

F_f : Valeur caractéristique de l'effort de frottement susceptible de se développer entre la structure et son support.

B_{ms} : Butée mobilisable sur la bêche, évaluée suivant les formules habituelles de la mécanique des sols

F_{ref} : Résultante des forces de frottement mobilisable entre le radier de guidage et le sol

$$F_{ref} = G_{min} \cdot \text{tg } \varphi$$

avec :

G_{min} : charge permanente minimale (en général : charge permanente du radier)

de guidage lorsqu'il est quasiment déchargé, en situation de fin de ripage)

φ : angle de frottement interne ⁽¹⁾ du sol sous le radier de préfabrication

γ_{Ff} : coefficient partiel de sécurité (γ_Q voir art. 3.5) $\gamma_{Ff} = 1,5$

γ_{Bms} : 1,2 coefficient partiel de sécurité $\gamma_{Bms} = 1,2$

γ_{Fref} : 1,2 coefficient partiel de sécurité $\gamma_{Fref} = 1,2$

Commentaire

⁽¹⁾ En l'absence d'essais, φ est pris égal à 30°, et en présence d'eau, la masse volumique déjaugée du sol est prise en compte.

3.8.3.4. Dimensionnement des câbles du système moteur de traction ou de poussage

Le format de la vérification est le suivant : $\gamma_{Ff} \cdot F_f \leq \frac{F_e}{\gamma_M}$

avec:

F_f : valeur caractéristique de l'effort de frottement susceptible de se développer entre la structure et son support

γ_{Ff} : correspond au coefficient partiel γ_Q applicable aux actions variables dans les combinaisons aux états limites ultimes, pour tenir compte de la façon dont les frottements se développent. Voir art. 3.5 $\gamma_{Ff} = 1,5$

F_e : effort de traction correspondant à la limite d'élasticité de l'acier des câbles de traction

γ_M : coefficient partiel de sécurité, ajusté pour limiter l'effort de traction dans les câbles à 80 % de la limite élastique de l'acier. $\gamma_M = 1,25$

3.8.3.5. Capacité des vérins du système moteur

Le format de la vérification est le suivant : $\gamma_{Ff} \cdot F_f \leq F_{\text{vérin}}$

avec :

F_f et γ_{Ff} : voir article précédent

$F_{\text{vérin}}$: capacité garantie par les constructeurs dans les documentations techniques, voir art. 3.8.2.2.

3.8.3.6. Efforts dynamiques

Tout élément connecté ou posé (engin de chantier, tablier, support caténaire, mât de signalisation, etc.) sur une structure considérée comme rigide et mise en place au moyen d'un système moteur comportant des câbles doit être capable de résister aux forces d'inertie provoquées, lors des déplacements, par les éventuels à-coups.

L'accélération horizontale à prendre en compte est au minimum égale à :

- 0,25 g en situation ELS de fissuration
- 0,40 g en situation ELU de résistance et d'équilibre statique ^(*)
- 0,50 g en situation ELU accidentel ^(**)

^(*) Cette valeur est une valeur de calcul à l'état limite ultime, incluant le facteur partiel de sécurité γ_Q .

^(**) Cet effort est à considérer comme une action accidentelle.

3.8.3.7. Efforts dans le radier de l'ouvrage en cours de ripage ⁽¹⁾

Bien qu'il soit impératif de purger les plaques et les blocs de terrain dur et de combler les volumes correspondants au moyen d'un matériau méthodiquement compacté, les parties avant et arrière du radier, en contact avec le sol pendant le déplacement, sont particulièrement sollicitées lors des manœuvres de déplacement et de correction de trajectoire dans le plan vertical.

Ces parties d'ouvrage sont à dimensionner en fonction des données suivantes :

- la rigidité du radier du cadre et la position des piédroits ou des raidisseurs,
- la rigidité verticale du terrain en place (possibilité de tassement),
- la réaction du terrain sous l'avant du radier lors de l'avancement ou des corrections de trajectoire dans le plan vertical.

Un calcul justificatif basé sur l'hypothèse d'un appui sur sol élastique est à établir pour chacune des positions caractéristiques de la structure ; des ressorts modélisant les réactions élastiques du sol, et dont les caractéristiques sont à déduire du rapport géotechnique, sont appliqués à chaque nœud appui situé le long du radier.

Commentaire

⁽¹⁾ Ces règles conduisent souvent à limiter la longueur des parties en console et/ou à prévoir des raidisseurs.

a) Cas de la préfabrication sur radier fondé superficiellement (Figure 3) :

La valeur caractéristique de l'effort à prendre en compte est égale à 1,5 fois la pression au sol sous le radier.

Ce dernier est à justifier à l'état limite ultime de résistance, avec un coefficient partiel de sécurité γ_Q de 1,5 appliqué à cette valeur de l'effort.

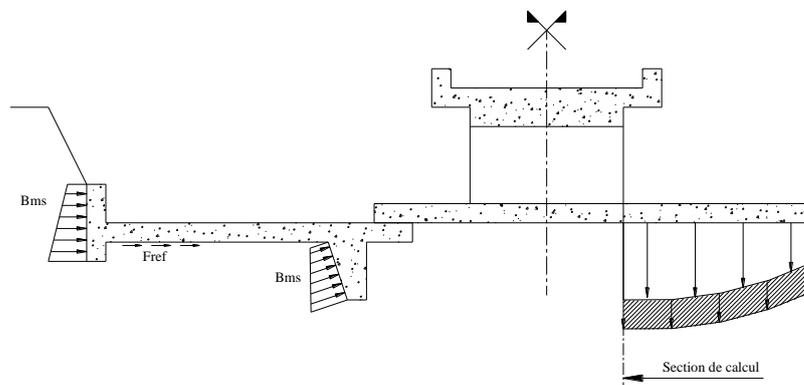


Figure 3

b) cas de la préfabrication sur fondations rigides ou profondes (pieux, barrettes...) (Figure 4)

Le radier est à justifier à l'état limite ultime avec un coefficient partiel de sécurité γ_Q de 1,5, en considérant la structure reposant sur deux appuis simples :

- l'un placé à l'extrémité avant du radier de préfabrication,
- l'autre correspondant à l'extrémité avant du radier de l'ouvrage.

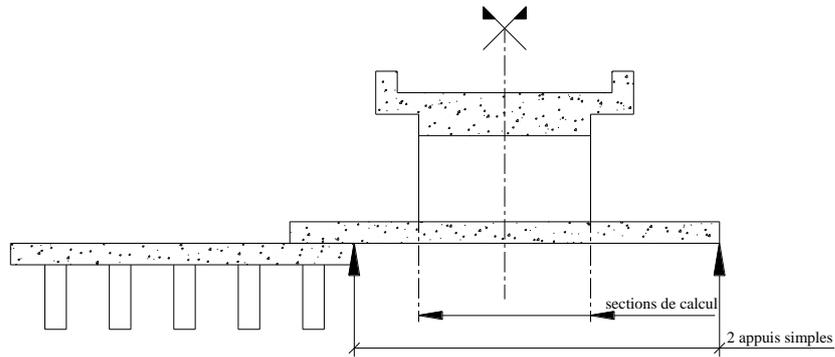


Figure 4

3.8.3.8. Efforts de « mise en crabe » - guidage latéral

Pour la justification de toutes les parties de structures provisoires (dispositif de guidage, bèches,...) comme définitives, il y a lieu d'envisager l'arrêt intempestif d'un ou plusieurs groupe de vérins et le « coincement » de l'ouvrage à déplacer (situation consécutive à une mise en crabe dans le dispositif de guidage latéral).

Il convient de justifier ces parties d'ouvrage vis-à-vis des sollicitations liées à ces situations.

Pour un cas courant avec deux groupes de vérins dont un seul reste alimenté, une situation de mise en crabe envisagée pour les opérations de ripage sur le sol ou de fonçage, figure sur le schéma suivant représentant une vue en plan de l'ouvrage :

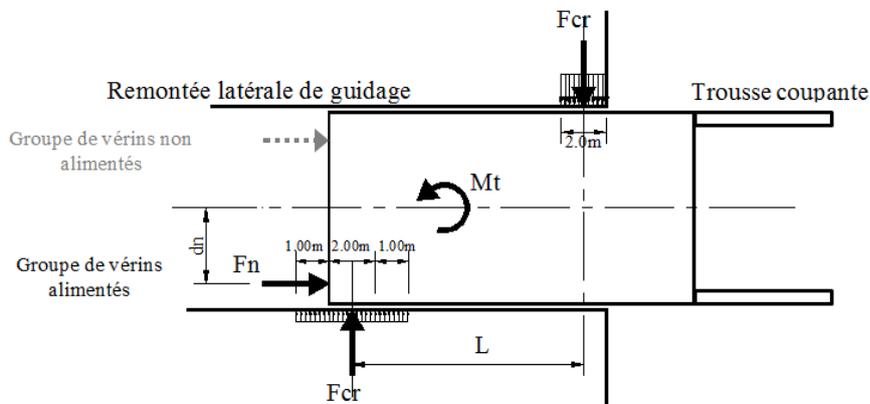


Figure 5

Dans lequel :

M_t = Moment par rapport au centre du radier des efforts développés par les vérins demeurant alimentés :

$$M_t = \sum F_n \cdot d_n$$

F_n = Valeur de calcul à l'Etat Limite Ultime de l'effort moteur

F_n correspond à la pression appliquée dans les vérins demeurant alimentés, bornée à la valeur maxi de 6% de $F_{vérin}$ défini au 3.8.3.5.

L = Longueur du crabe, dont la valeur minimale est bornée à $d/2$, avec d correspondant à la longueur à l'axe de l'ouvrage ripé ⁽¹⁾

F_{cr} = Valeur de calcul à l'Etat Limite Ultime de la force de compression sur les relevés

de guidage qui équilibre le moment M_t dû à l'effort F_n

Commentaire

⁽¹⁾ Cette distance limite de $d/2$ correspond à la situation critique lorsque le centre de gravité du cadre quitte le radier de guidage.

On vérifiera que la résistance des relevés latéraux du radier de guidage est suffisante pour équilibrer les l'effort F_{cr} , de la façon suivante :

- partie « avant » du radier de guidage : l'effort F_{cr} est à répartir sur 2 mètres
- parties « courante » et « arrière » du radier de guidage : l'effort F_{cr} est à répartir sur 4 mètres

Il est à noter que les valeurs F_n et F_{cr} sont des valeurs de calcul qui incluent le facteur de combinaison γ_Q .

3.8.3.9. Justification des trusses coupantes

Les dispositions suivantes sont à respecter dans la conception et le dimensionnement des trusses coupantes :

L'angle α des trusses coupantes par rapport à l'horizontale sera généralement pris égal à 45° , à adapter suivant la nature du sol,

Les trusses coupantes descendront au moins jusqu'à l'arase supérieure du radier de l'ouvrage définitif.

Les trusses coupantes, sont justifiées pour reprendre les efforts de poussée des terres, mais aussi de butée du terrain, appliqués sur toute leur surface.

L'ouvrage définitif devra être justifié pour reprendre les sollicitations issues de ces efforts sur les trusses coupantes. Le ferrailage complémentaire à mettre en place dans l'ouvrage définitif est à prévoir sur une longueur de 2m à partir de l'assemblage de la trousse ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ Tout ou partie de ces trusses peut être constitué par les piédroits de l'ouvrage définitif ; dans ce cas le ferrailage est à prévoir sur une longueur de 2m au-delà du mur en porte-à-faux faisant office de trousse.

Sous poussée des terres :

- Le coefficient de poussée à prendre en compte est égal à la moyenne entre le coefficient de poussée au repos (K_0) et le coefficient de poussée active (K_a).
- La flèche des trusses coupantes est limitée à $L/600$, avec L = longueur du profilé de la trousse coupante.

3.8.3.10. Profil du terrassement à l'avant du radier

Le profil de terrassement devant l'ouvrage à déplacer doit faire l'objet d'un calcul permettant de déterminer la surépaisseur de terrain qu'il convient de laisser à l'avant du radier, en fonction du poids du cadre, de la rigidité verticale du terrain et de la rigidité du radier. Un croquis définissant ce profil et précisant son altitude à chaque mètre d'avancement doit être établie. Ce profil peut être adapté en cours de terrassement en fonction du nivellement constaté (mesuré) de l'ouvrage déplacé. Ces éventuelles adaptations doivent avoir été pré-établies suivant plusieurs hypothèses de tassement de l'ouvrage ou de modification de son assiette.

3.8.4. Vérinage de tabliers

Le présent article concerne les opérations de vérinage permettant de déplacer verticalement, soit vers le haut soit vers le bas, des charges importantes comme par exemple des opérations de mise en place de tabliers sur dispositifs de ripage ou des opérations de descente sur appuis définitifs. Les opérations de vérinage en vue d'intervenir sur des appareils d'appui font l'objet du chapitre 6 de l'IN 01221 " Appareils d'appui pour ouvrages d'art "

3.8.4.1. Capacité, stabilité des vérins

Les vérins doivent être largement dimensionnés par rapport aux charges à supporter ; Il en va de même pour les pompes hydrauliques dont la capacité des réservoirs de fluide est dimensionnée en additionnant la capacité maximale de l'ensemble des vérins et en y ajoutant 50%.

3.8.4.2. Structure à véliner

Les calculs justificatifs (y compris les vérifications locales : poinçonnement, voilement d'âmes,...) doivent montrer que les efforts qui apparaissent dans la structure du fait des déplacements verticaux des points d'appui (dénivellations) restent admissibles. La valeur maximale à ne pas dépasser pour les dénivellations des différents points d'appui dans les différentes phases de l'opération doit être déterminée. Sauf étude spécifique, le déplacement vertical du tablier doit être identique sur tous les vérins d'une même file d'appui.

3.8.5. Mise en place de tabliers en béton précontraint

Se reporter à la réglementation en vigueur et aux guides existants ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Notamment le guide du SETRA pour les ponts en béton précontraints construits par encorbellements successifs, et le guide de l'AFGC pour les ponts poussés.*

3.8.6. Manutention à la grue

3.8.6.1. Masse à lever portée

La masse de la charge à lever doit être connue avec précision ; elle est généralement considérée comme étant constituée :

- du crochet ou du moufle,
- du palonnier,
- des élingues,
- de la charge proprement dite.

La masse des câbles n'est généralement prise en compte que dans les cas de levage ou descente de charge sur une grande hauteur ; il convient de se reporter aux indications du constructeur.

La portée est définie comme étant la distance, sur le plan horizontal, entre, d'une part, l'axe de rotation de la grue et, d'autre part, la verticale passant par le centre de gravité de la charge et l'axe du crochet de levage. La portée dépend de la longueur de la flèche et, pour une flèche donnée, de l'inclinaison de cette dernière.

3.8.6.2. Stabilité des grues mobiles

La charge maximale ⁽¹⁾ pouvant être levée par une grue ("charge maximale d'utilisation") varie de façon importante en fonction des conditions d'utilisation ; elle dépend :

- des conditions d'appui,
- de la portée, dépendant de la longueur et de l'inclinaison de la flèche, et de la fléchette éventuellement,
- des mécanismes de levage, relevage et télescopage,
- de la portée et de la charge des contrepoids éventuels,
- etc....

Commentaire

⁽¹⁾ *La charge maximale d'utilisation (CMU) n'a que peu de rapport avec la "force" de la grue, qui est – par convention – la charge pouvant être soulevée à une portée de 3 m.*

Des effets dynamiques se produisent lors des manutentions, par exemple à l'arrêt d'un mouvement de descente de la charge; ils peuvent ne pas être négligeables. Pour tenir compte de ces effets, un coefficient de majoration dynamique, pris égal à 1,1 en utilisation courante ⁽²⁾, est à appliquer au poids de la charge à lever.

Commentaire

⁽²⁾ *Cette valeur correspond d'ailleurs au coefficient d'épreuve dynamique pris en compte pour les épreuves dynamiques des appareils de levage.*

Pour la justification du choix d'un modèle de grue, les charges établies sur la base de leurs valeurs caractéristiques, sont à comparer aux valeurs découlant des tableaux de charges dits «à 75 %» ⁽³⁾ fournis par les constructeurs.

Commentaire

⁽³⁾ *Les tableaux qui présentent les différentes valeurs de la charge maximale sont appelés "tableaux des charges". Pour les tableaux de charges dits "à 75 %", les charges indiquées représentent 75 % des charges provoquant le basculement lorsque celui-ci est seul en cause. (A noter- les constructeurs le font quelquefois apparaître sur les tableaux de charges - que le risque de basculement n'est pas la seule cause de limitation de la capacité de l'engin ; certaines charges sont en effet limitées par la résistance mécanique d'organes tels que la flèche, la couronne d'orientation, etc...).*

La conception des opérations de levage et leur exécution doivent être guidées par les principes et recommandations suivantes :

- Une grande prudence est de mise pour les utilisations qui se situent à la limite de la stabilité, notamment dans le cas de manutentions de charges maximales autorisées dont la masse est faible ⁽⁴⁾ (en particulier il convient de réaliser ces manutentions à très faible vitesse); le risque de basculement augmente d'autant plus que la flèche et la portée de travail sont importantes (les grues mobiles ne travaillent pas à couple de renversement constant) ;
- Plus la charge d'utilisation maximale autorisée est faible, plus la masse réelle de la charge à lever doit être connue avec précision ;
- L'horizontalité de l'engin de levage doit être rigoureusement assurée, notamment dans le cas d'utilisation de flèches longues à grande portée de travail ; une inclinaison de l'engin peut, si elle est importante, conduire au basculement bien que la charge levée soit inférieure à la charge maximale autorisée.

Commentaire

⁽⁴⁾ Lors du choix d'un modèle de grue, il importe d'avoir à l'esprit que le strict respect du tableau de charges à 75 % peut correspondre à une utilisation de la grue à plus de 75 % de son moment limite de basculement ; le "coefficient d'utilisation" peut atteindre 90 % dans certains cas. L'équilibre d'un engin de levage résulte en effet non seulement de la masse de la charge à lever, mais aussi de la stabilité propre de la machine ; or aucune limite n'est imposée en ce qui concerne la stabilité propre de l'engin sans charge.

Seul le constructeur de l'engin peut préciser, pour une configuration de levage donnée, la valeur des coefficients d'utilisation de l'engin.

3.8.6.3. Justification des supports des grues mobiles**3.8.6.3.1. Charges sur les supports**

Les supports doivent être capables de reprendre les charges transmises par les stabilisateurs :

- descente de charges verticales « réaction sous patin »
- effort horizontal développé lors de la manutention : 5 % de la réaction verticale. Certains supports sont sensibles aux efforts horizontaux (appuis sur micropieux, par exemple).

3.8.6.3.2. Justifications des supports

Les charges peuvent être transmises au sol par des fondations superficielles, semi profondes ou profondes ; les justifications sont basées sur une étude géotechnique. Les règles de justification sont celles de l'IN 04470.

Les supports d'un engin de levage peuvent être une partie intégrante d'un ouvrage définitif (un tablier contigu par exemple) ; dans ce cas l'ouvrage doit être vérifié sous l'effet des charges apportées par l'engin.

3.8.6.4. Justification des accessoires de levage

Il convient de tenir compte, pour le dimensionnement des élingues, de l'effort réel qui sollicite les brins compte tenu de l'angle formé par ceux-ci.

Le coefficient multiplicateur C de la charge sollicitant une élingue, en fonction de l'angle α formé par ses brins est défini ci-après :

Tableau 8 -

α	0	45	60	90	120
coefficient C	1	1,08	1,15	1,41	2

Lorsqu'une charge est supportée par un jeu de 4 brins, l'angle α à considérer est celui formé par les brins les plus écartés, et il y a lieu d'admettre que la charge totale n'est supportée que par :

- 3 brins dans le cas d'une charge souple (déformation compatible avec une redistribution de charge),
- 2 brins dans le cas d'une charge rigide (déformation incompatible avec une redistribution de charge).

Dès que l'angle de 2 brins dépasse 90°, il convient d'utiliser soit des élingues plus longues, soit un palonnier.

3.8.6.5. Attache des colis et stabilité en cours de levage

3.8.6.5.1. Stabilité et résistance en cours de levage

En cours de levage, il s'avère que généralement les conditions d'appui sont différentes de celles de l'ouvrage en place. Par ailleurs, lors de la mise en place d'un élément de structure, celui-ci peut se trouver, pendant le levage, isolé des autres parties.

La stabilité des colis en cours de levage et la résistance des pièces constituanes doivent donc être justifiées (notamment stabilité au déversement des poutres métalliques manutentionnées). Il est possible, pour assurer la stabilité et la résistance de ces pièces :

- soit d'agir sur le colis lui-même :
 - renforcement
 - colisage par paquets de poutrelles entretoisées (plutôt qu'une seule)
 - etc.
- soit d'agir sur le dispositif d'élingage :
 - palonniers,
 - etc.
- soit d'utiliser des dispositifs provisoires de renforcement/stabilisation.

Les poutres ou tronçons de poutres non assemblés à des entretoises ou pièces de pont doivent toujours être étayés pour assurer leur stabilité transversale.

Les points de préhension des poutres doivent être suffisamment résistants et donc faire l'objet de dessins et calculs justificatifs.

3.8.6.5.2. Douilles de levage, épingles de manutention pour structures béton

Il convient d'utiliser :

- soit des dispositifs d'accrochage (douilles, inserts) ayant fait l'objet d'une procédure officielle de certification de conformité :
- produits dont le cahier des charges a été validé - sur la base de la normalisation – par des organismes agréés,
- ou produits bénéficiant d'un agrément Technique Européen (ATE) ;
- soit des épingles de manutention conformes aux dispositions du fascicule 65 du C.C.T.G.

Par ailleurs les prescriptions de l'IN 00034 sont applicables.

Les épingles de manutention sont façonnées en acier de nuance Fe E 235. L'effort sollicitant doit toujours être parallèle aux branches de l'épingle.

3.8.6.5.3. Oreilles de levage pour ossatures métalliques

Dans le principe, il faut souder le moins possible d'éléments accessoires sur les ossatures. Lorsque cela ne peut être évité, il convient alors d'adopter des dispositions répertoriées en fatigue et de les justifier par le calcul.

3.8.7. Opération de démolition

Les opérations de démolition ou déconstruction font l'objet d'études d'exécutions détaillées et complètes au même titre que les opérations de construction.

La conception des opérations de démolition doit tenir compte des phases de démolition pour s'assurer que, pour chacune d'elles, les éléments supportant l'ouvrage en cours de

démolition peuvent reprendre les efforts auxquels ils sont soumis (reports de charge) tant du point de vue résistance que pour leur stabilité.

Il y a lieu de tenir compte également des effets dynamiques que peuvent apporter les engins de démolition, BRH en particulier ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Le marché impose le cas échéant des précautions particulières et des restrictions d'utilisation de certains matériels, en se référant à l'IN 01226 (cas d'un marché sous Maîtrise d'Œuvre SNCF Réseau), ou aux prescriptions de SNCF Réseau (autres cas).*

Lors de ces opérations, il convient de porter une attention particulière à l'évaluation des masses des différents éléments. L'évaluation de ces masses devra être justifiée par l'Entrepreneur, qui devra par ailleurs indiquer la marge d'incertitude prise en compte.

4. Dispositions constructives

4.1. Généralités

Les règles de dispositions constructives du présent chapitre comme celles des documents contractuels dont la liste suit, complètent les règles des documents cités aux articles 1.1.3 et 1.1.4 du présent Livret ainsi que les obligations réglementaires.

Gabarits d'implantation des obstacles par rapport aux voies :	IC00162
implantation limite des obstacles provisoires (échafaudages, ...)	planche 4
implantation des portiques	planche 6
implantation des grues fixes pivotantes	planche 7
Gabarits d'implantation des obstacles sur les quais ou à leurs abords immédiats	IN00163
Gabarits d'isolement, panneaux grillagés de protection	IN00166

Les dispositions particulières à mettre en œuvre lors de travaux réalisés sur lignes à grande vitesse, qui nécessitent l'accord de SNCF Réseau, sont précisées au marché le cas échéant.

Il en est de même pour les prescriptions complémentaires à respecter lors de travaux à l'intérieur et aux abords des tunnels ferroviaires.

4.2. Stabilité des ouvrages ou parties d'ouvrages

L'équilibre statique des parties d'ouvrages ou des ouvrages eux-mêmes doit être contrôlé et assuré avec une sécurité suffisante dans toutes les phases de construction.

A défaut de justifications par le calcul, les ouvrages (ou parties d'ouvrages) provisoires, comme définitifs en situation provisoire, doivent être stabilisés par des dispositifs de blocage appropriés au risque de déplacement intempestif susceptible de se produire : appuis fixes - au besoin dans les trois directions - provisoires - qui peuvent être le cas échéant les appuis fixes définitifs, etc.

De même, à défaut de justifications, tous les éléments constituant ces ouvrages doivent être reliés entre eux. Les liaisons doivent bloquer les déplacements (et/ou rotations) dans les deux sens.

4.3. Etaiements

4.3.1. Etaiements proprement dits

Autant que faire se peut, toutes les pièces constitutives de l'étaieiment doivent présenter un fonctionnement isostatique (éléments horizontaux reposant sur deux appuis, tours reposant sur trois supports, notamment). Seuls peuvent généralement faire exception à cette règle les profilés métalliques formant chevêtre pour appuis des poutres et poutrelles.

Aucune pièce ne doit être simplement posée ou calée sans dispositif de fixation ou de blocage. Toutes les pièces doivent être liaisonnées entre elles.

Sauf justifications de calculs particulières, on ne doit pas laisser reposer une poutrelle métallique (poutre à treillis, profilé, notamment) sur une autre poutrelle métallique sans interposition soit d'une pièce en bois dur (chêne, azobé), soit d'une plaque en élastomère. Les calculs doivent démontrer (notamment) la stabilité au déversement et la résistance à la torsion de la poutrelle support.

Chaque profilé métallique doit comporter, au droit d'une action ponctuelle (charge, support), un système raidisseur capable de transmettre efficacement l'effort d'un profilé à l'autre (raidisseurs soudés dont l'épaisseur est du même ordre de grandeur que celle de l'âme, blochet en bois dur dont le fil est disposé parallèlement au sens de l'effort, notamment).

Toute charge appliquée à un profilé ou à tout support doit être centrée (avec une tolérance de l'ordre d'un centimètre) à moins qu'un dispositif approprié ne puisse reprendre les efforts résultant de l'excentricité de l'action.

Lorsque les pièces verticales comportent des vérins de réglage, la longueur de vis sortie hors support doit être limitée, sauf cas particulier, à 3 fois son diamètre.

Pour pouvoir utiliser à sa pleine capacité une tour, il faut que celle-ci soit munie d'un dispositif centrant les efforts.

Les éléments supports de platelage, les tours, palées, notamment, doivent être reliés entre eux et l'ensemble doit être contreventé.

Toutefois, lorsque ces supports sont constitués de tours autostables, la mise en œuvre de contreventements peut s'avérer inutile si l'état limite d'équilibre statique de la tour, considérée seule, est vérifié.

La stabilité au déversement des éléments fléchis doit être justifiée. C'est le cas en particulier des poutrelles composées et des profilés métalliques élancés. A défaut de justifications, il y a lieu de réaliser un dispositif antidéversant (contreventement des membrures comprimées, ...).

Il y a lieu d'éloigner les circulations d'engins et de véhicules de chantier des zones comportant des étaieiments. A défaut, ceux-ci doivent être signalés par une signalisation appropriée. En cas de trafic important, des mesures de protection doivent être prises (barrières, dispositifs déviateurs ou amortisseurs...).

En cas de maintien en exploitation d'une voirie publique, les mesures de protection sont définies au marché. A défaut, des glissières en béton amovibles sont utilisées.

4.3.2. Dispositifs d'assise des étaielements

Compte tenu de l'importance de l'assise des étaielements, il y a lieu :

- de contrôler la portance et la déformation du sol par des moyens simples : essai à la plaque, pénétromètre de chantier, scissomètre de chantier, ...
- de veiller à ne pas avoir de tassements différentiels entre assises (par exemple, étaielement reposant en partie sur les semelles définitives des appuis de l'ouvrage et en partie directement sur assise provisoire).

Lorsque le dispositif d'assise de l'étaielement est composé de traverses ou blochets, ceux-ci doivent être posés sur un lit de gravillons de 15 cm à 20 cm d'épaisseur.

Lorsque les efforts sont à répartir sur plusieurs traverses, cette répartition doit se faire par un profilé suffisamment rigide compte tenu de la raideur du sol et des efforts à transmettre.

Pour les étaielements de 1^{ère} catégorie, on utilisera systématiquement comme assise des dalles en béton (béton armé si nécessaire) posées sur un lit de sable ou de grave confiné de 15 cm à 20 cm d'épaisseur. En fonction de la structure à étayer et des tassements différentiels prévisibles entre les différents points d'assise, il pourra être nécessaire de réaliser un radier général.

Lorsque les charges amenées par l'étaielement, la rigidité de la structure à réaliser ou les conditions de sol l'exigent, l'étaielement peut avoir besoin de fondations profondes ou semi-profondes.

Dans la zone de l'assise, l'écoulement des eaux de ruissellement doit être prévu de manière à éviter toute accumulation d'eau ou entraînement de matériaux susceptibles de modifier les conditions de portance.

4.3.3. Dispositions particulières aux étaielements d'ouvrages en béton précontraint

Les étaielements concernés ici sont ceux d'ouvrages coulés entièrement sur cintres, ou, tout au moins, coulés par travées entières, à l'exclusion d'ouvrages coulés par voussoirs sur équipages mobiles ou sur cintres auto lanceurs.

Chaque fois que cela est possible, le cintre doit être prévu de telle sorte que, sous l'effet de la précontrainte mise en œuvre, l'ouvrage définitif se décintre complètement. On veillera, par ailleurs, à ce que les dispositions constructives permettent le libre raccourcissement du béton.

Lorsque cela ne peut être réalisé, la mise en œuvre de la précontrainte doit faire l'objet d'un phasage tenant compte de la résistance de l'ouvrage proprement dit et des ouvrages provisoires liés à sa construction, et en conséquence un programme de décintrement doit être établi ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Il arrive que pour des tabliers d'ouvrages en béton armé bétonnés en plusieurs phases (ponts à poutres notamment), il soit nécessaire de considérer les éléments de structure définitive préalablement exécutés dans le dimensionnement final de l'ouvrage comme dans celui de l'étaielement.*

4.4. Travaux à proximité des voies et des quais

4.4.1. Utilisation des engins et matériels de chantier aux abords des voies

4.4.1.1. Implantation des engins et matériels de chantier, zones d'évolution

Les engins et matériels de chantier ⁽¹⁾ ne doivent en aucun cas pénétrer à l'intérieur d'une zone - dite zone interdite - délimitée par un plan vertical situé à 3 m de l'axe des voies ⁽²⁾ ou d'installations électriques sous tension (y compris feeders). Les zones d'évolution des engins doivent être matérialisées sur le terrain ⁽³⁾ et apparaître, dans toutes les phases travaux (y compris phases de manutention), sur les dessins d'exécution.

S'il existe un risque de renversement accidentel d'un engin de chantier qui puisse conduire à la pénétration de cet engin dans la zone délimitée par le plan vertical à 3 m du rail le plus proche, son utilisation ou ses déplacements seront interdits en dehors des périodes d'interception des circulations et de mise hors tension des caténaires. Par dérogation à cette règle, l'engin de chantier (grue, etc.) peut toutefois être utilisé dans la zone ci-dessus à condition que des mesures de sécurité spécifiques (dispositifs d'alerte et d'arrêt des trains, ...) puissent être mises en œuvre pendant toute la durée du stationnement de l'engin.

Commentaires

⁽¹⁾ Les dispositions de l'article 4.4.1 concernent principalement les engins et matériels de chantier utilisés pour les travaux d'ouvrage d'art et les constructions lourdes (dont bâtiments), c'est à dire les engins dont la hauteur est supérieure à 2 m environ, soit approximativement la hauteur de la caténaire moins la zone interdite de 3m. En particulier les dispositions de l'article 4.4.1 ne concernent pas les travaux de voies.

Il est rappelé que, dans tous les cas, les engins doivent respecter la réglementation en vigueur (ministérielle ou autre), et que leur utilisation doit respecter les obligations légales pour les « travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution » (arrêté du 15 février 2012).

⁽²⁾ Cette distance de 3 m par rapport à l'axe de la voie correspond à une distance de 2,22 m environ comptée par rapport au bord extérieur du rail.

⁽³⁾ Par ailleurs, les chantiers doivent être isolés des voies exploitées par des clôtures défensives de 1.50 m de hauteur minimale, implantées à plus de 1.50 m du bord du rail extérieur le plus proche pour les lignes circulées jusqu'à 160 km/h, ou à plus de 2.00 m pour les lignes circulées à plus de 160 km/h sans dépasser 200 km/h. Ces distances sont augmentées au moins de 0.70 m (ou plus suivant les besoins et directives de SNCF Réseau) pour permettre la circulation du personnel de la SNCF. Ces diverses dispositions doivent être reprises dans le plan de prévention ou de coordination sécurité et protection de la santé relatif au chantier concerné.

Pour tous les matériels et engins qu'il compte utiliser sur le chantier (grues, engins de terrassement, engins de démolition, engin "passe-câbles"...), l'Entrepreneur doit pouvoir présenter au Maître d'Œuvre:

- les comptes-rendus d'épreuves et de contrôles techniques datant de moins de six mois, conformément à la réglementation en vigueur,
- les certificats d'entretien en cours de validité, conformément à la réglementation en vigueur,

- la ou les procédures "travaux" comprenant les dessins, croquis (et calculs justificatifs de stabilité éventuels) des dispositions proposées montrant les emplacements de travail et les déplacements des engins, les dispositions prévues pour éviter leur perte d'équilibre statique (renversement...) compte tenu de la configuration des lieux, de la nature des sols, des charges déplacées ou manutentionnées, des efforts résultant du vent...

Tous les déplacements de charges (colis manutentionnés ou éléments mobiles des grues) et toutes les manutentions de pièces à l'intérieur de la zone délimitée par un plan vertical situé à 5 m (ou 6m, dans le cas des grues à tour) de l'axe de la voie exploitée sont interdits s'il y a possibilité de circulation ferroviaire ⁽⁴⁾. Cette zone -dite zone de protection- est à augmenter pour tenir compte du ballant des charges ⁽⁵⁾ dont l'amplitude doit donc avoir été évaluée.

Commentaires

⁽⁴⁾ Le transport de charges sur des remorques n'est pas concerné par l'application de cette prescription. Le risque de renversement de charge doit toutefois être pris en compte le cas échéant, en s'assurant que cette dernière ne peut pénétrer dans le plan vertical à 3m du rail le plus proche.

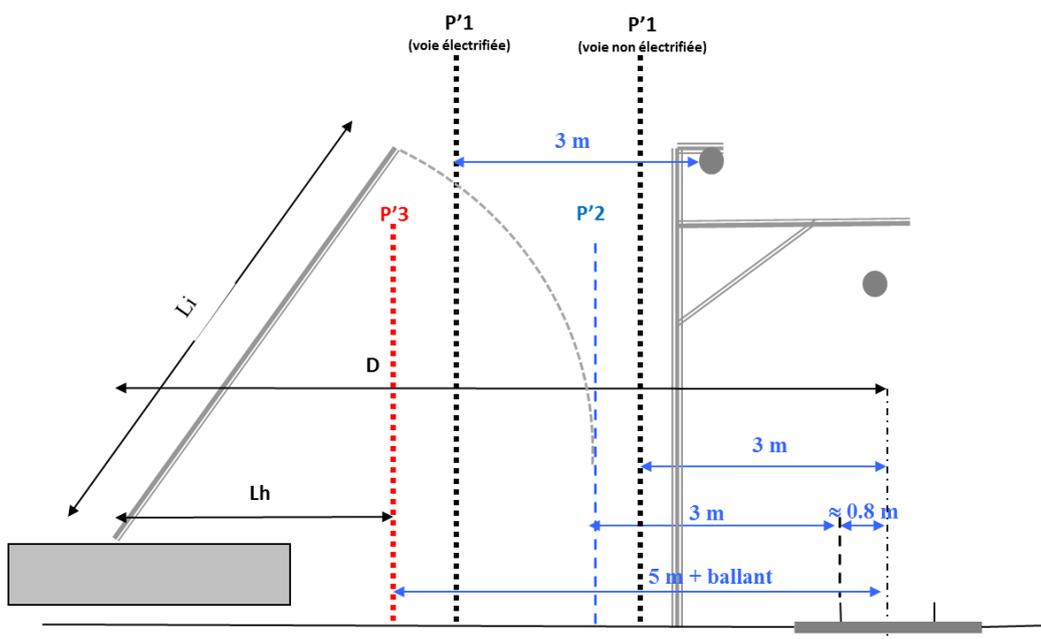
⁽⁵⁾ La notion de "ballant" des charges recouvre à la fois l'encombrement des pièces manutentionnées, leurs balancements, et leurs déplacements en rotation, qui peuvent être importants dans le cas de pièces de grande longueur (cages d'armatures de poutres, profilés métalliques,...). Ces déplacements en rotation peuvent être réduits par la mise en œuvre de cordes de guidages tenues par des élingueurs.

4.4.1.2. Utilisation des grues routières aux abords des voies ⁽¹⁾

Commentaire

⁽¹⁾ La notion de "grue routière" recouvre très largement l'ensemble des engins de manutention, à l'exception des grues à tour et apparentées (voir nota ⁽¹⁾ de l'art. 4.4.1.3.). Ce type d'engin n'est pas installé à demeure ; la flèche est déployée et repliée pour chaque opération de levage ou chaque poste de travail.

La Zone de Protection est délimitée par un plan vertical situé à 5 m de l'axe de la voie exploitée, valeur à majorer pour prendre en compte le ballant des charges.



D = distance entre l'axe du bras de la grue et l'axe de la voie circulée la plus proche.

Li = longueur du bras déployé de la grue (pour les grues à flèche relevable, Li est égale à la somme de la hauteur de fût et de la longueur de flèche)

Lh = longueur projetée horizontalement du bras déployé de la grue

P'1 = plan vertical à 3m de l'axe de la voie circulée la plus proche ou d'installations électriques sous tension : délimite la Zone Interdite

P'2 = plan vertical à 3m du rail de la voie circulée la plus proche : délimite la Zone de Risque de Renversement

P'3 = plan vertical à 5m (+ ballant) de l'axe de la voie circulée la plus proche : délimite la Zone de Protection

Figure 6

4.4.1.2.1. Dispositions générales

Conformément à l'article 4.4.1.1, les parties mobiles de l'engin, ainsi que la charge, doivent rester en dehors de la zone de protection (plan P'3) et de la zone interdite (plan P'1). Si des manutentions sont envisagées dans ces zones, elles peuvent avoir lieu uniquement :

- à l'abri d'un écran de protection physique et/ou électrique répondant aux spécifications de l'article 4.4.5.4.
- ou, alternativement, sur intervalle de circulation ferroviaire et sur consignation caténaire. Dans ce cas, l'opération concernée doit être considérée comme étant de 1ère catégorie, compte tenu des risques qu'une fausse manœuvre peut faire encourir aux installations ferroviaires

4.4.1.2.2. Cas où $D > Li + 3.8m$ ⁽¹⁾

La grue, lors de sa chute, ne pourrait pénétrer dans le plan P'2 ; il n'y a pas de prescription supplémentaire à considérer pour le risque de renversement.

Si en outre, il n'est pas possible géométriquement, quelle que soit la position de la flèche, qu'il y ait pénétration de l'engin ou de la charge dans la zone de protection (plan P'3) et la zone interdite (plan P'1), on considère que la grue n'est pas aux abords des voies circulées, et l'utilisation de la grue est classée en seconde catégorie au sens de l'IG 90033.

4.4.1.2.3. Cas où $D \leq Li + 3.8m$ ⁽¹⁾

La grue, lors de sa chute, pourrait pénétrer dans le plan P'2, c'est pourquoi cette situation est à éviter. Pour parer au risque de renversement, plusieurs solutions sont alors envisageables, parmi lesquelles :

- La grue est fondée sur un système de fondations de type massif ou radier en béton armé, ou sur fondations profondes, justifiées conformément aux normes NFP 94-261 ou NFP 94-262,
- Ou la grue est implantée de manière à travailler dos aux voies : la flèche est orientée dans un faisceau décrivant en plan un demi-cercle extérieur à la zone de protection.

En outre, SNCF Réseau peut exiger la mise en œuvre d'un dispositif limiteur de déplacement de l'axe de l'engin, et/ou une durée des travaux limitée à une courte durée (dans le cas général : moins de 8 heures) et/ou la présence sur site d'un agent représentant SNCF Réseau.

Commentaire

⁽¹⁾ La valeur $Li + 3.8m$ va de pair avec l'illustration de la Figure 6 réalisée sur un terrain « à niveau » par rapport à la plateforme ferroviaire. Si la grue est implantée en contrebas des voies, il est possible d'abaisser cette valeur limite en conservant le raisonnement de courbe de renversement.

4.4.1.3. Utilisation des grues à tour ⁽¹⁾ aux abords des voies

Commentaire

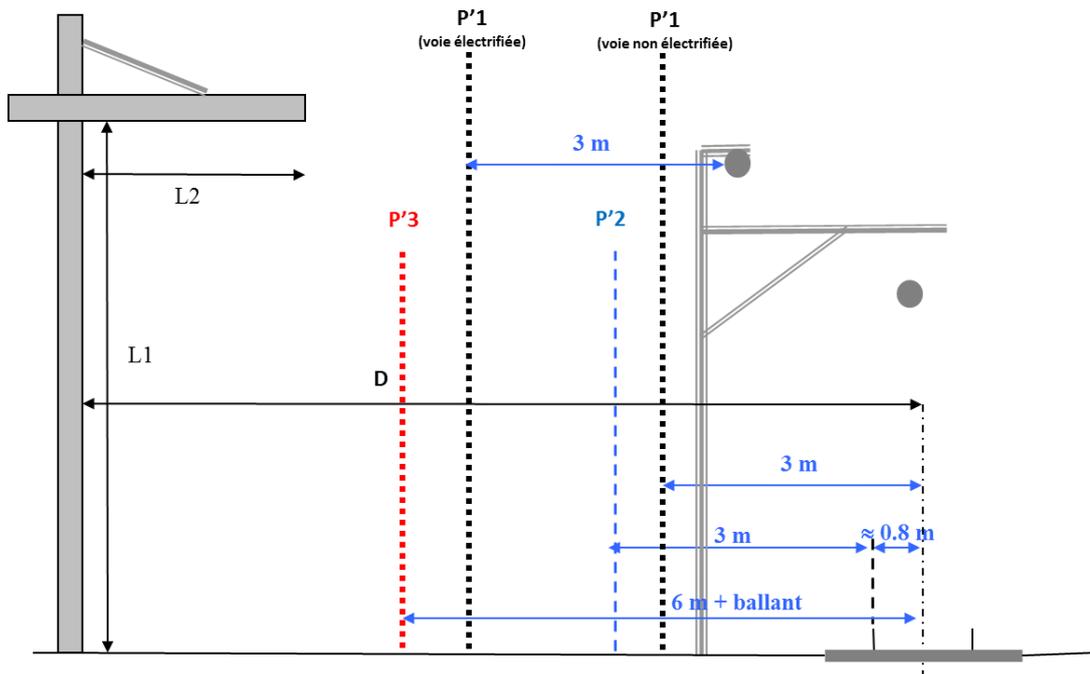
⁽¹⁾ La notion de "grue à tour" désigne les grues à tour à flèche horizontale, incluant les grues à montage par éléments (GME) et par extension les grues "mobiles de construction" (GMK), les grues à montage automatisé (GMA),... capables d'être laissées à demeure et mises en girouette entre deux postes de travail.

La Zone de Protection est délimitée par un plan vertical situé à 6 m de l'axe de la voie exploitée, valeur à majorer pour prendre en compte le ballant des charges ⁽²⁾.

Commentaire

⁽²⁾ L'augmentation, pour les grues à tour, des zones de risques ne doit pas conduire à préférer d'emblée l'utilisation de grues routières qui, du reste, ne présentent pas que des avantages (notamment la maîtrise de l'évolution est généralement plus délicate sur les grues routières). C'est l'analyse de la configuration du site, l'étude des conditions de manutention (charges,...) et l'organisation du chantier (durée d'utilisation,...) qui doivent conduire à retenir tel ou tel type d'engin de levage. Le choix en incombe à l'Entrepreneur.

La grue est mise en girouette en dehors des périodes de travail : le crochet dépourvu de charge doit être relevé en position haute avec verrouillage du mécanisme de descente, le chariot ainsi que le dispositif éventuel de translation de la grue doivent être verrouillés.



D = distance entre le mât et l'axe de la voie circulée la plus proche.

L1 = hauteur du mât du sol jusqu'à la flèche

L2 = longueur de la flèche

P'1 = plan vertical à 3m de l'axe de la voie circulée la plus proche ou d'installations électriques sous tension : délimite la Zone Interdite

P'2 = plan vertical à 3m du rail de la voie circulée la plus proche : délimite la Zone de Risque de Renversement

P'3 = plan vertical à 6m (+ ballant) de l'axe de la voie circulée la plus proche : délimite la Zone de Protection

Figure 7

Pour l'utilisation des grues à tour aux abords des voies, il convient de distinguer trois cas :

4.4.1.3.1. $D > L1 + L2 + 3.8m$

La grue, lors de sa chute, ne pourrait pénétrer dans le plan P'2. On considère dans ce cas que la grue n'est pas aux abords des voies circulées, et l'utilisation de la grue est classée en seconde catégorie ⁽¹⁾ au sens de l'IG 90033.

Commentaire

⁽¹⁾ Attention, le montage de la grue peut toutefois être classé en première catégorie.

4.4.1.3.2. $L2 + 3m < D < L1 + L2 + 3.8m$

La grue, lors de sa chute, peut pénétrer dans le plan P'2. On considère que la grue est aux abords des voies circulées. La grue, incluant ses massifs de fondations, son montage et son utilisation sont classés en première catégorie car le renversement de la grue interfère sur l'exploitation ferroviaire.

Il est donc nécessaire de justifier de la maîtrise du risque de renversement. Pour ce faire, il y a lieu :

- de réaliser toutes les justifications nécessaires des assises des grues,
- de faire établir des missions de contrôle technique par un organisme accrédité dans le domaine du Contrôle Technique de la Construction : M1 (examen environnemental du site), M2 (avis technique de stabilité des grues), M2C (vérification des fondations de la grue sur site avant montage), M3 (vérification des grues à la mise en service); et le cas échéant MF (assistance technique en cas d'effet de site constaté en mission M1) et M4 (vérification du dispositif de contrôle des mouvements de grues à tour à zones d'interférences et/ou zones interdites pour les 2 grues)
- de prendre un abonnement météorologique afin d'être averti le plus tôt possible et au moins deux heures à l'avance de la survenue d'un coup de vent dépassant la vitesse de pointe définie par le constructeur, et d'équiper la grue d'un anémomètre. L'anémomètre à hélice ou à impulsion, utilisera de préférence une technique de comptage d'impulsions ou une technique électromagnétique;
- d'intégrer dans la procédure d'utilisation de la grue l'organigramme de procédure d'alerte en cas d'accident sur la voie et ses équipements (comprenant les coordonnées des services et des personnes de SNCF Réseau à contacter) ;
- En outre, bien qu'il n'y ait pas de survol des voies circulées (ni par la flèche, ni par la contreflèche), il est nécessaire aussi de justifier de l'absence de pénétration de la charge dans la zone de protection (plan P'3) et la zone interdite (plan P'1) ⁽¹⁾. S'il est possible, du point de vue géométrique, que l'une au moins de ces situations puisse se produire, il est nécessaire d'y pallier par l'une des deux mesures suivantes :
 - équiper la grue d'un limiteur de course agréé au titre de la mission M4 de contrôle technique,
 - réaliser un écran de protection physique et/ou électrique répondant aux spécifications de l'article 4.4.5.4.

Commentaire

⁽¹⁾ La charge peut toutefois pénétrer dans la zone de protection comme dans la zone interdite sur intervalle de circulation ferroviaire et sur consignation caténaire.

4.4.1.3.3. $D < L2 + 3m$

On considère alors qu'il y a survol des voies circulées par la flèche et/ou la contreflèche.

Compte tenu des risques accrus en particulier pour la pénétration de la charge ⁽¹⁾, cette situation est interdite dans le cas général, sauf avis favorable de SNCF Réseau sur une demande d'autorisation spéciale. La constitution de cette demande est indiquée en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Les conditions techniques à vérifier sont les suivantes :

- Respect de toutes les règles applicables au cas $L2 + 3m < D < L1 + L2 + 3.8m$, définies au chapitre précédent,
- Dans le cas de mise en girouette, la flèche ou l'un quelconque de composants de la grue ne peut être en aucun cas à une distance verticale et horizontale inférieure à 3m des installations électriques sous tension (caténares, feeders,...). Le crochet ainsi que le dispositif éventuel de translation de la grue sont bloqués.
- La zone de protection et la zone interdite sont matérialisées sur le terrain. L'ensemble des personnels est formé à la signification de ces zones.
- Si SNCF Réseau l'estime nécessaire, le raccordement électrique de l'ossature métallique de la grue au circuit de retour du courant de traction, en complément de la mise à la terre.
- Un dispositif de surveillance électronique agréé au titre de la mission M4 de contrôle technique (de type superviseur SGC 240 SMIE) est mis en œuvre et contrôlé périodiquement, avec enregistrement en temps réel de tous les événements (positions, shuntages, coupures dues aux interférences, mises hors service, défauts éventuels) et transmission à une personne habilitée nominativement, joignable en permanence, dont le nom est communiqué à SNCF Réseau.
- Les données enregistrées sur un serveur sécurisé restent consultables sur simple demande de SNCF Réseau tout le long de l'opération.
- Ce responsable devra être le seul capable de procéder au shuntage des grues, étant entendu que tout shuntage pour le besoin des travaux doit être programmé en accord avec SNCF Réseau en dehors des périodes de circulation des trains avec coupure de l'alimentation électrique (DFV + C).
- Pour les shuntages rendus nécessaires par un dysfonctionnement ponctuel et imprévisible, pour remise en sécurité de la ou des grues, il y aura lieu d'avertir SNCF Réseau sans délai et de suspendre l'utilisation de la grue jusqu'à nouvel avis de SNCF Réseau.

L'accord de SNCF Réseau sur la demande d'autorisation spéciale est un prérequis au début des travaux d'installation de la grue. Une fois celle-ci accordée, et avant mise en service de la grue, le demandeur envoie un second courrier auquel il joint une lettre de rapport des missions de contrôle sans réserve pour les missions M3 et M4 (cette dernière tenant compte explicitement du système superviseur).

Commentaire

⁽¹⁾ *La charge peut toutefois pénétrer dans la zone de protection comme dans la zone interdite sur intervalle de circulation ferroviaire et sur consignation caténaire.*

4.4.1.4. Engins et matériels de chantier aux abords des lignes électrifiées

Les dispositions des articles et 4.4.1.2 et 4.4.1.3 sont applicables aux travaux réalisés aux abords des lignes non électrifiées ⁽¹⁾ ; toutefois la zone interdite de 3 m visée à l'article 4.4.1.1 peut être ramenée à 2,30 m si les règles de sécurité du personnel le permettent.

Commentaire

⁽¹⁾ *Pour les manœuvres d'engins et les opérations de manutention sur voies non électrifiées, les zones de protection de 5 et 6 m (augmentées du ballast des charges) sont conservées car elles tiennent compte d'autres considérations que le risque électrique: surveillance, caractère difficilement contrôlable des déplacements,...*

4.4.1.5. Engins et matériels induisant des vibrations

Le recours au vibrofonçage ⁽¹⁾ et au lançage de tubes ou profilés à moins de 50 m des installations ferroviaires est interdit. Entre 50 m et 200 m, l'utilisation de telles techniques est soumise à l'accord préalable du Département des Ouvrages d'Art de SNCF Réseau ⁽²⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *En cours de réalisation des travaux, dans le cas où le marché n'autorise pas explicitement le procédé du vibrofonçage, une éventuelle demande de dérogation présentée par un Entrepreneur ne saurait être recevable que dans la mesure où elle serait étayée par des reconnaissances de sols appropriées et un avis favorable délivré par un laboratoire spécialisé en mécanique des sols (avis émis après évaluation des risques – remaniement, tassement et éventuellement liquéfaction des sols – vis-à-vis des installations ferroviaires et de leur environnement), par des essais préalables dans des configurations identiques aux travaux avec mesures des vibrations (sols et installations ferroviaires) ainsi que par des références de chantiers similaires.*

En cas de travaux réalisés pour le compte de tiers à l'intérieur ou à proximité des emprises ferroviaires, la possibilité de recourir au vibrofonçage est également soumise à l'accord préalable de SNCF Réseau, dans les mêmes conditions que précédemment.

⁽²⁾ *Les restrictions d'utilisation peuvent découler notamment de l'IN 01226 de SNCF Réseau.*

L'utilisation d'autres engins et matériels susceptibles d'induire des vibrations peut également apporter des nuisances au fonctionnement des installations de SNCF Réseau (bâtiments, ouvrages d'art, équipements de signalisation ferroviaire, systèmes et matériels informatiques, etc.). Certains engins puissants peuvent également induire des tassements et/ou des déformations de voies.

L'utilisation de ces autres engins doit systématiquement avoir reçu l'accord préalable du représentant de SNCF Réseau ⁽³⁾.

Commentaire

⁽³⁾ *Les restrictions d'utilisation peuvent découler notamment de l'IN 01226 de SNCF Réseau.*

4.4.2. Terrassements et blindages à proximité des voies

4.4.2.1. Définition

Sont considérés comme étant réalisés « à proximité des voies ferrées » les travaux de terrassements, fouilles et blindages dont l'exécution est susceptible de modifier la géométrie et/ou la stabilité des voies ferrées.

Dans le silence du marché on admet que c'est le cas lorsque les fouilles ou déblais pénètrent sous un **plan P0** incliné à 2 (sens horizontal) pour 1 (sens vertical) passant par un point situé à 3 mètres de l'axe de la voie⁽¹⁾ (soit 2,22 m environ du bord extérieur du rail), au niveau inférieur des traverses.

Il faut également inclure les fouilles ou déblais aux abords d'ouvrages dont les déplacements seraient susceptibles de modifier indirectement la géométrie et/ou la stabilité des voies ferrées ou plus généralement, la sécurité des circulations (fondations d'ouvrages avoisinants, par exemple).

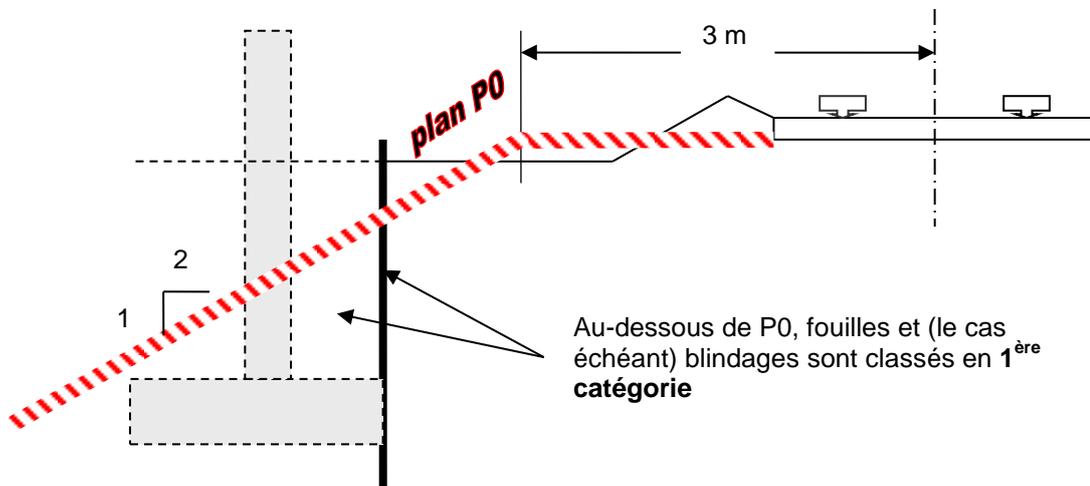


Figure 8

Commentaire

⁽¹⁾ La voie à considérer est la plus proche, qu'elle soit exploitée ou non pendant la réalisation ou l'utilisation des blindages et fouilles. En effet, ces travaux peuvent la déstabiliser et ne pas permettre la reprise des circulations dans des conditions acceptables.

Toutefois, SNCF Réseau peut déterminer qu'une voie n'est pas concernée par l'application de cet article. C'est le cas par exemple, d'une voie fermée pendant tous les travaux sous le régime S9A3 pour laquelle la procédure de reprise d'exploitation prévoit des contrôles particuliers préalables.

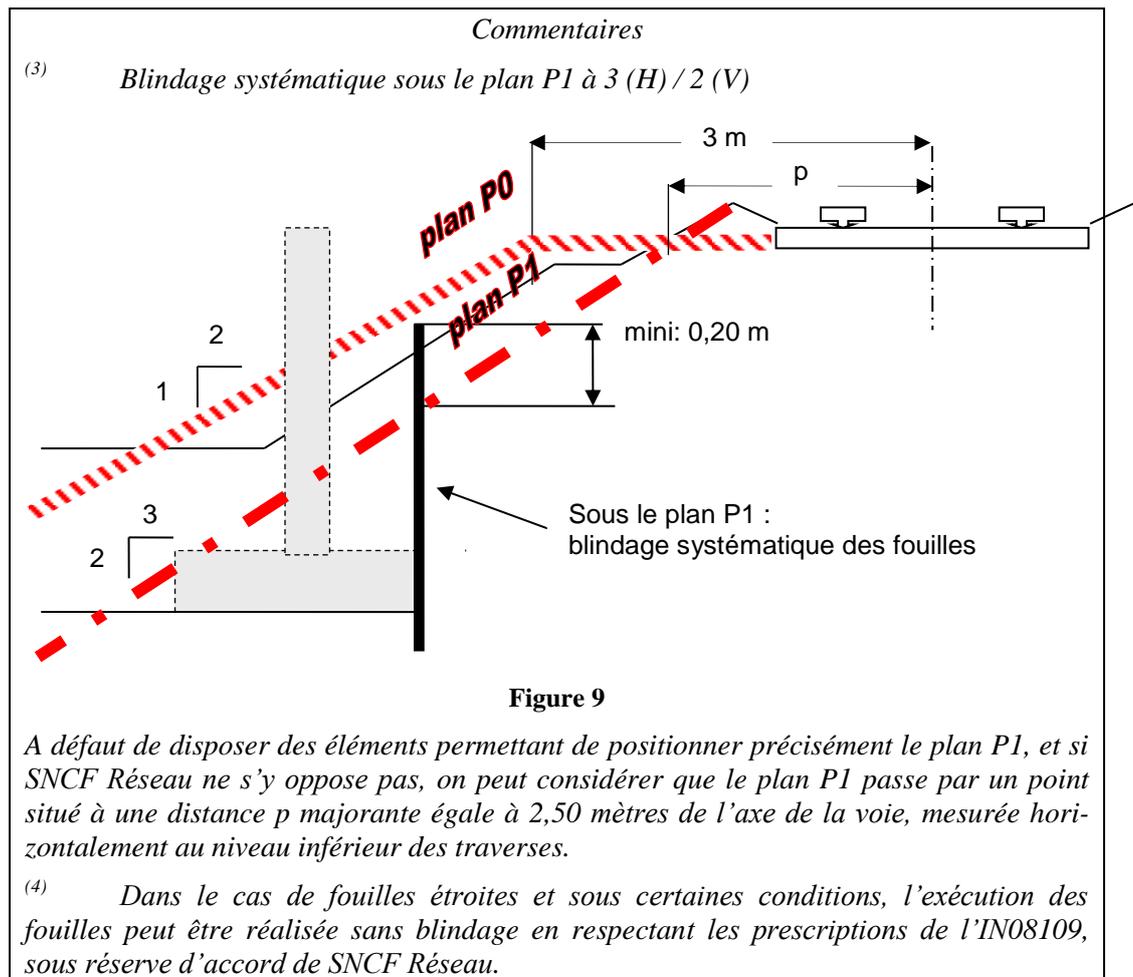
Sauf indication contraire du marché (nécessitant l'accord de SNCF Réseau), l'exécution de terrassements (fouilles, déblais ou remblais) à **moins de 3 m** de l'axe d'une voie exploitée est **interdite**⁽²⁾.

Commentaire

⁽²⁾ Cette disposition peut permettre généralement de s'affranchir des restrictions de l'IN 00271.

Des blindages ou soutènements sont obligatoires dès lors que le volume excavé pénètre sous le **plan P1**⁽³⁾ incliné à 3 (sens horizontal) pour 2 (sens vertical) passant par la droite joignant la crête de ballast de la voie la plus proche⁽⁴⁾.

Ces ouvrages, provisoires (ou définitifs si le marché l'y autorise), sont à considérer comme des ouvrages provisoires de première catégorie.



4.4.2.2. Exigences relatives aux blindages

La conception et la réalisation des blindages respectent, à toute étape de leur construction et de leur utilisation, les dispositions suivantes :

- Un blindage de type écran doit comporter une fiche au moins égale aux valeurs indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 9 -

Configuration du terrain en arrière du blindage	Blindage butonné (ou tirant) en tête.	Fiche minimale f
Horizontal	oui	max. (0,2H, 0,50m, f _c)
	non	max. (1,5H, 1m, f _c)
En pente	oui	max. (0,5H, 0,50m, f _c)
	non	max. (2H, 1m, f _c)

Avec :

f = fiche = profondeur de blindage située sous le niveau du fond de fouille

f_c = fiche exigée par le calcul

H = hauteur comptée depuis le fond de fouille jusqu'à la tête de l'écran

- Tout blindage réalisé à proximité des voies doit être muni de liernes (dont la continuité mécanique est assurée chaque fois que possible) dans les cas suivants :
 - blindages comportant des butons ou des tirants,

- blindages type « berlinoise »,
 - rideaux de palplanches, lorsque la longueur en plan du rideau est supérieure à 3m.
- Tout blindage de type paroi moulée, paroi parisienne ou lutécienne, paroi de pieux sécant ou tangent, réalisé à proximité des voies, doit être muni d'une longrine en béton armé en tête.
 - Les éléments constitutifs du blindage (montants, liernes, butons, tirants...) doivent être liaisonnés entre eux. Les éléments métalliques doivent être assemblés par boulonnage ou soudage (soudures résistantes et non de positionnement) et doivent comporter des raidisseurs au droit du point d'application des efforts ponctuels.
 - Lorsqu'une lierne est mise en place contre un rideau de palplanches, toutes les palplanches doivent être calées contre la lierne.
 - Les vides résiduels éventuels entre le blindage et le terrain doivent être comblés de manière à ne laisser à ce dernier aucune latitude de se déformer. Le matériau à mettre en œuvre est soit de la grave, soit tout autre matériau reconnu apte à cet effet par le Maître d'Œuvre, et doit être compacté. Le matériau de comblement doit être approvisionné sur le chantier avant le démarrage des travaux de fouilles et blindage.
 - La hauteur des passes de terrassement et de blindage doit être adaptée à la tenue du terrain. Elle n'est en aucun cas supérieure à un mètre, et n'est supérieure à 50 cm qu'après des essais préalables justifiant la stabilité du terrain sur une durée représentative des conditions d'exécution, et accord écrit du Maître d'Œuvre sur leur interprétation.
 - Les parois des blindages prévus être abandonnés à l'issue de leur durée d'utilisation doivent être constituées de matériaux pérennes (béton par exemple).
 - Le marché peut imposer, en fonction des risques pour la stabilité de la voie et de la présence d'ouvrages ou installations sensibles, la réalisation des blindages et fouilles suivant un phasage donné (travail par "plots") dans le sens longitudinal de la plateforme.
 - Pendant l'exécution des fouilles blindées, l'Entrepreneur met en place un suivi des déplacements (en y et z) de repères placés sur les blindages, selon les prescriptions ci-après⁽¹⁾. La fréquence des mesures est au minimum journalière ; elle est augmentée lorsque les travaux de terrassement ont lieu pendant les périodes de circulation des trains (voir article 4.4.2.3.1). La précision des mesures est de 1 mm. Le nombre de profils suivis est au minimum de un par fondation et de un tous les 10 m le long d'une ligne parallèle à la voie. Pour chaque profil, un repère est placé en tête de blindage, et un repère complémentaire est placé par lit de buton ou tirant, aux hauteurs où les déplacements attendus sont les plus grands. Le nombre et l'implantation des repères sont soumis par l'Entrepreneur à l'approbation du Maître d'Œuvre. Avant le commencement des travaux, un premier levé du réseau de repères (mesures "zéro") est réalisé en présence du Maître d'Œuvre. La fiche de suivi des contrôles topographiques journaliers est fournie chaque jour au Maître d'Œuvre, accompagnée de l'analyse – par l'Entrepreneur – des écarts constatés entre les mesures et les valeurs issues du calcul. Cette analyse permet à l'Entrepreneur et au Maître d'Œuvre d'arrêter, le cas échéant, les mesures de sécurité qui s'imposent, et qui auront été définies et validées au préalable par SNCF Réseau.

Commentaire

⁽¹⁾ *Sur la base d'une analyse de risques, le marché peut proposer des adaptations de ces exigences (adaptations en fonction du phasage travaux ou de la position en plan de la fouille par rapport à la voie, par exemple) portant sur le nombre et l'implantation des*

repères comme sur la fréquence des mesures et les modalités de fourniture au Maître d'Œuvre des informations issues du suivi topographique.

En particulier, un suivi de la géométrie de(s) la voie(s), associé à des critères de déplacements admissibles pour la voie et l'écran, et la mise en place de procédures adéquates en cas de dépassement des seuils, peut être exigé par SNCF Réseau.

- Ce suivi des déplacements est maintenu après la construction du blindage, avec une périodicité adaptée aux mouvements observés. La périodicité reste en tout état de cause au plus hebdomadaire.
- Aucune surface ne doit rester non blindée entre les postes de travail (la nuit et le week-end notamment).
- Les pompages ou rabattements de la nappe à l'intérieur ou à l'extérieur de la fouille ne sont autorisés qu'après étude géotechnique montrant qu'il n'y a pas de risque de provoquer d'entraînement ou d'arrangement de matériaux situés dans ou sous la plateforme ferroviaire. Il convient également de s'assurer que ce risque est acceptable pour les avoisinants (bâtiments riverains, réseaux, ...).
- Si le niveau de la nappe phréatique est situé au-dessus du fond de fouille, la stabilité de celui-ci doit être assurée et justifiée en tenant compte de cette situation.

4.4.2.3. Conditions d'exploitation ferroviaire

4.4.2.3.1. Pendant l'exécution des fouilles et blindages

Pour les travaux de terrassement entre les plans P0 et P1, les travaux peuvent être réalisés dans le respect des conditions de l'article 4.4.1 sans interruption du trafic, sauf en présence d'ouvrage en terre sensible. En présence de blindages, la vitesse des circulations est limitée par la valeur de dimensionnement de l'article 3.7.10.

Sauf indication contraire du marché (nécessitant l'accord de SNCF Réseau), les travaux de fouilles blindées « à proximité des voies ferrées » sous le plan P1 sont à exécuter en dehors des périodes de circulation des trains. Cependant, le marché peut permettre leur réalisation sous circulations (à une vitesse de 80 km/h au plus ⁽¹⁾) lorsque certaines conditions favorables sont remplies, comme par exemple :

- Les terrains sont de bonne tenue, et la hauteur des passes est inférieure à 50 cm ; dans le silence du marché, sont considérés comme n'étant pas de bonne tenue les sols suivants :
 - Les craies molles ⁽²⁾,
 - Les argiles et limons très mous à mous ⁽²⁾,
 - les sables et graves ainsi que les sols intermédiaires sableux,
 - les terrains sensibles à l'eau (cas de certaines argiles)
 - les terrains constitutifs de la plateforme ferroviaire au sein desquels les pompages, le cas échéant, seraient susceptibles de provoquer l'entraînement de matériaux.
- La technique mise en œuvre garantit un confinement très rapide du terrain. C'est le cas notamment de la technique du havage,
- La longueur de la fouille et du blindage (mesurée parallèlement à la voie) est faible (inférieure à 5 m environ),
- Les premiers blindages, réalisés hors trafic, apportent toutes les garanties quant à la stabilité du terrain sur la hauteur terrassée.

Commentaires

⁽¹⁾ L'article 4.4.2.3.2. donne des cas où la vitesse d'exploitation maximale peut être inférieure à 80 km/h. D'autres cas peuvent se présenter selon les méthodologies employées, par exemple la réalisation de tirants dans certaines configurations, selon l'IN 01884.

⁽²⁾ Le tableau B.2.1 de la norme NF P 94-262 donne les valeurs de pression limite pl au pressiomètre Ménard et de résistance de pointe qc au pénétromètre statique caractérisant ces sols :

- $pl \leq 0,7$ MPa ou $qc \leq 5$ MPa pour les craies molles,

- $pl \leq 0,4$ MPa ou $qc \leq 1$ MPa pour les argiles et limons très mous à mous.

4.4.2.3.2. A l'issue des travaux de fouille et blindage

Cette phase démarre après avoir atteint le fond de fouille sur toute la longueur du blindage.

La vitesse d'exploitation maximale est alors limitée par la valeur utilisée pour le dimensionnement des écrans, selon l'article 3.7.10 du présent Livret⁽¹⁾. Elle peut toutefois être inférieure dans les cas suivants :

- pour la prise en compte de la sécurité du personnel SNCF,
- pour un problème de géométrie de la voie indépendant des travaux de blindage,
- lors de tout écart entre le projet d'exécution et la réalisation effective des travaux, ou le cas échéant, lors de l'atteinte d'un seuil défini au préalable dans le suivi des déplacements de la voie (voir commentaire 1 du 4.4.2.2). Ces situations sont de nature à prendre des mesures de réduction de la vitesse,
- si les fouilles ou déblais sont descendus sous un **plan P2**⁽²⁾ de pente 1/1 passant par l'arête inférieure des têtes de traverses. Dans ce cas, la vitesse d'exploitation est limitée à 80 km/h au plus⁽³⁾ :
 - pendant une période d'observation de 72 h (période pendant laquelle la ligne est effectivement exploitée),
 - à l'issue de cette période d'observation : si une nouvelle excavation⁽²⁾ est réalisée sous le niveau du fond de fouille.

Commentaires

⁽¹⁾ Il est rappelé que pour les blindages autostables, la vitesse ne peut être supérieure à 160 km/h (voir art. 3.7.10 du présent Livret).

⁽²⁾ Représentation du plan P2 et d'une excavation sous le niveau du fond de fouille :

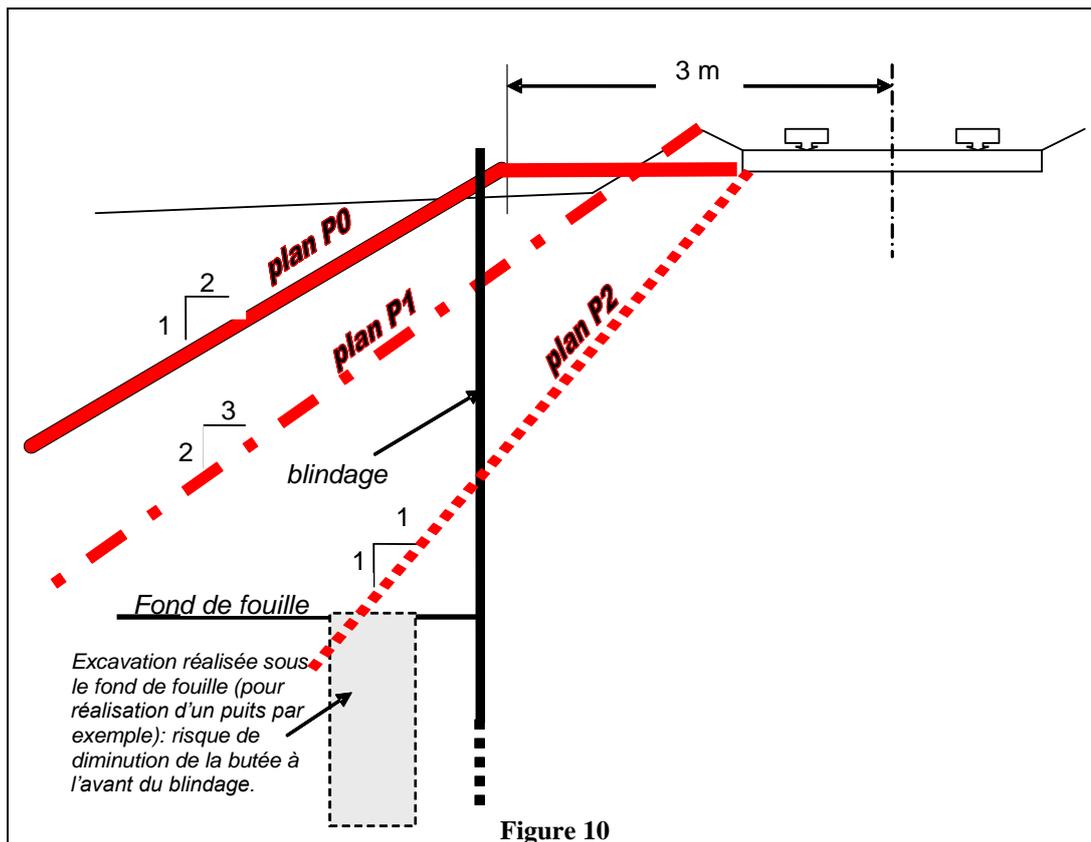


Figure 10

⁽³⁾ Cette restriction concerne tous les types de blindages (parois « berlinoises », parois « parisiennes » ou de pieux tangents, rideaux de palplanches, etc.) à l'exclusion des écrans jointifs en béton armé (parois de pieux sécants et parois moulées) dès lors que le béton les constituant a atteint les performances requises et que leur conception prévoit cette excavation.

Cette restriction ne s'applique pas non plus dans l'un des deux cas suivants :

- si le béton mis en œuvre dans cette excavation (le cas échéant) a acquis une résistance à la compression suffisante pour supporter les efforts liés à la présence du blindage (dans le silence du marché, une valeur minimale de 5 MPa est requise).
- si les parois de l'excavation sont conçues et dimensionnées pour supporter les efforts qui leur sont appliqués (notamment ceux liés au fonctionnement du blindage), et les modalités de réalisation des travaux excluent tout risque de déconsolidation des terrains en place sous le fond de fouille.

Ces conditions permettent de garantir pour le blindage des conditions de butée en pied compatibles avec leur bonne tenue et le maintien de la géométrie de la voie ferrée.

4.4.2.4. Exigences relatives aux tirants

4.4.2.4.1. Dispositions générales

Sont considérés comme étant réalisés « à proximité des voies ferrées » les travaux de réalisation de tirants interceptant le plan P1 d'une ou plusieurs voies ferrées.

L'exécution des tirants doit respecter les dispositions communes suivantes :

- Le forage est d'un diamètre inférieur à 150mm,
- Le forage est situé au minimum à 2 mètres sous le niveau inférieur de traverse (mesuré sur le côté le plus proche de la traverse).

- Les manchettes ou points d'injection doivent être situés à une profondeur minimale de 4 mètres sous le niveau inférieur de traverse dans le cas d'une injection IRS ou IGU. Cette profondeur minimale peut être augmentée en cas de sol de couverture de faible consistance.
- Dans l'attente de la publication de la norme d'essai de mise en tension des tirants d'ancrage NF EN ISO 22477-5, chaque tirant fait l'objet d'une procédure complète de mise en service telle que décrite dans les recommandations T.A. 95.

4.4.2.4.2. Exigence de maintien des parois de forage

Le forage avec maintien des parois (tubage à l'avancement, ou procédé autoforant avec coulis) est préconisé. Toutefois, le forage sans maintien des parois est autorisé si les conditions suivantes sont respectées :

- Le forage est réalisé dans un terrain dont les caractéristiques garantissent la stabilité des parois. Sauf essai in situ, ce n'est pas le cas des remblais ferroviaires,
- Le forage est situé au minimum à 3 mètres sous le niveau inférieur de traverse (mesuré sur le côté le plus proche de la traverse),
- Le forage, l'équipement et l'injection sont exécutés sous une même interception des circulations.

4.4.2.4.3. Exigence pour l'exploitation ferroviaire

L'exécution des tirants hors période de circulation doit toujours être recherchée, en particulier pour la phase d'injection (IRS ou IGU) le cas échéant. A l'issue des travaux réalisés sous ITC, un contrôle de la géométrie de(s) la voie (s)est obligatoire avant la reprise des circulations.

Toutefois, elle peut être réalisée sous circulations ferroviaires si les conditions suivantes sont respectées :

- Le forage est réalisé avec maintien des parois,
- Le forage est situé au minimum à 3 mètres sous le niveau inférieur de traverse (mesuré sur le côté le plus proche de la traverse).
- Un contrôle de la géométrie de la (des) voie(s) est réalisé selon des modalités définies par SNCF Réseau (un contrôle continu est préconisé).
- La vitesse maximale ⁽¹⁾ des circulations est limitée aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10 -

Hauteur entre forage et niveau inférieur de traverse (mesuré sur le côté le plus proche de la traverse)	Phase de forage et équipement	Phase d'injection (IRS ou IGU) le cas échéant
3 à 10 mètres	160 km/h	Entre 40 et 100 km/h ⁽²⁾
> 10 mètres	220 km/h	160km/h

Commentaires

⁽¹⁾ *La vitesse maximale est limitée également par la vitesse de ligne, et/ou la prise en compte de la sécurité du personnel SNCF, et/ou un problème de géométrie de voie indépendant des travaux de tirants.*

⁽²⁾ *La valeur retenue dépend de l'étude de sol, de la profondeur du tirant, ainsi que de la typologie de voie. Elle est nécessairement soumise à validation de SNCF Réseau.*

4.4.3. Fondations profondes forées à proximité des voies

4.4.3.1. Définition

Sont considérés comme étant réalisés « à proximité des voies ferrées » les travaux de fondations profondes dont l'exécution est susceptible de modifier la géométrie et/ou la stabilité des voies ferrées.

Dans le silence du marché on admet que c'est le cas lorsque les forages pénètrent sous le **plan P1** défini à l'article 4.4.2. par rapport à la voie la plus proche ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *La voie à considérer est la plus proche, qu'elle soit exploitée ou non pendant la réalisation des fondations profondes. En effet, ces travaux peuvent la déstabiliser et ne pas permettre la reprise des circulations dans des conditions acceptables.*

Toutefois, SNCF Réseau peut déterminer qu'une voie n'est pas concernée par l'application de cet article. C'est le cas par exemple, d'une voie fermée pendant tous les travaux sous le régime S9A3 pour laquelle la procédure de reprise d'exploitation prévoit des contrôles particuliers préalables.

4.4.3.2. Tenue des parois avant la prise du béton ou coulis

4.4.3.2.1. Dispositions communes

Les fondations profondes forées (micropieux, pieux, barrettes, parois moulées ou préfabriquées) situées à proximité de voies exploitées doivent être réalisées de manière à garantir la stabilité de la plate-forme des voies et donc, en premier lieu, la tenue des parois du forage sur toute sa hauteur. L'attention est attirée sur le fait que les charges ferroviaires, de par leur intensité et les vibrations qu'elles amènent dans le sol, sont particulièrement agressives vis à vis de la tenue des parois de forage.

En conséquence, les prescriptions suivantes s'imposent, en complément des normes d'exécution en vigueur :

- Les fondations profondes forées simples sur toute leur profondeur sont interdits.
- A l'exception des cas de terrains rocheux, le forage à l'air comprimé (ou par toute méthode susceptible d'introduire de l'air dans le forage), est interdite. Seuls sont autorisés les fluides de perforation : eau, bentonite ou bentonite-ciment.
- L'utilisation d'une boue bentonitique, ou le forage à la tarière creuse⁽¹⁾, n'est pas considéré comme une disposition suffisante pour garantir, sur les premiers mètres, la stabilité des parois de forage.

Commentaire

⁽¹⁾ *Nonobstant les restrictions éventuelles du marché, le forage à la tarière creuse est autorisé s'il est continu avec enregistrement des paramètres (forage et bétonnage) et dispositif de bétonnage rétractable de 0,8 m minimum.*

In fine, la tenue des parois est réputée obtenue lorsque le béton ou coulis a fait sa prise (dans le silence du marché, on considère que la prise est suffisante lorsque le béton ou le coulis a atteint une résistance à la compression f_c de 5 MPa).

4.4.3.2.2. Exigence complémentaire pour les pieux et micropieux

Pour les pieux et micropieux, si des circulations ferroviaires ont lieu entre le début du forage et la prise du béton ou coulis, la mise en place d'un tubage provisoire en tête sur une hauteur minimale de 3 m est obligatoire⁽¹⁾. Ce tubage est mis en place à l'avancement ; pour les pieux, il est mis en place par battage ou vérinage, de telle sorte que la base du tube soit toujours située au-dessous du fond du forage.

Commentaire

⁽¹⁾ *Dès lors que l'on s'éloigne significativement de la voie, l'effet de la poussée ferroviaire s'atténue et peut être largement compensé par la pression de la boue bentonitique. En outre, le volume excavé pour le forage d'un pieu ou micropieu isolé est réduit, ce qui limite l'impact d'une éventuelle déconsolidation du sol. Pour un sol de qualité correcte en l'absence de nappe d'eau et une plateforme ferroviaire à niveau du terrain naturel, on peut ainsi considérer que le tubage provisoire n'est plus exigé quand la distance à la voie est supérieure à 8 mètres (ou 5 mètres, pour les forages isolés de diamètre inférieur à 300mm).*

Pour les micropieux en plateforme ferroviaire, les manchettes ou points d'injection doivent être situés à une profondeur minimale de 4 mètres sous le niveau des rails dans le cas d'une injection IRS ou IGU. Cette profondeur minimale peut être augmentée en cas de sol de couverture de faible consistance.

4.4.3.2.3. Exigence complémentaire pour les barrettes et panneaux de parois moulées

Pour les barrettes et panneaux de parois moulées, si des circulations ferroviaires ont lieu entre le début du forage et la prise du béton ou coulis, la mise en place d'une virole métallique en tête du forage est obligatoire, sauf si toutes les conditions suivantes a) à e) sont réunies⁽¹⁾ :

- a) distance à l'axe de la voie la plus proche supérieure à 8 mètres, avec une plateforme ferroviaire à un niveau voisin du terrain naturel,
- b) absence de nappe d'eau dans le terrain,
- c) réalisation préalable d'un essai de tenue des parois concluant. A noter que des renforcements de sol (type injections) peuvent être envisagés pour remédier à un défaut de tenue des parois,
- d) limitation de la vitesse des circulations à 80 km/h maximum,
- e) mise en œuvre d'un suivi de la géométrie de(s) la voie(s), associé à des critères de déplacements admissibles et la mise en place de procédures adéquates en cas de dépassement des seuils, élaborées avec SNCF Réseau.

Commentaire

⁽¹⁾ *Le raisonnement tenu dans le commentaire précédent, concernant l'équilibre des poussées, reste valable. Cependant, le volume excavé pour le forage d'une barrette isolée est significatif, et rend non négligeable l'impact d'une éventuelle déconsolidation du sol. C'est pourquoi, la condition de distance à la voie est une condition nécessaire, mais non suffisante, pour se dispenser d'une virole métallique.*

4.4.3.3. Règles dimensionnelles pour les barrettes et parois moulées

Pour la réalisation de barrettes et parois moulées, les prescriptions suivantes s'appliquent en outre :

- La distance aux voies d'un forage pour barrette ou paroi moulée est au moins égale à 3 m,
- La dimension parallèle aux voies d'un panneau de barrette ou paroi moulée est définie pour garantir la stabilité de la plate-forme chargée ; cette dimension ne peut excéder une valeur maximale L_{max} définie (en m) en fonction de la distance d (en m) à l'axe de la voie la plus proche ⁽¹⁾ :
 - Si $3m \leq d \leq 4,70m$: $L_{max} = (d - 1,70m)$
 - Si $4,70m < d \leq 6m$: $L_{max} = 3m$
 - Si $d > 6$: $L_{max} = d / 2$

Commentaire

⁽¹⁾ *Cette règle vise à tourner les barrettes orthogonalement à la voie ou éloigner les barrettes de la voie ; il faut garder à l'esprit que pour une paroi moulée, la multiplication des panneaux pose des problèmes de qualité d'exécution.*

4.4.3.4. Modalités de réalisation et de surveillance

Pour ce qui concerne les modalités de réalisation et de surveillance, les exigences des normes en vigueur sont précisées, complétées et éventuellement modifiées par les dispositions suivantes :

- Le forage d'un élément de fondation n'est entrepris qu'après prise du béton (voir art. 4.4.3.2.1) de l'élément précédent contigu, c'est-à-dire lorsqu'ils sont distants de moins de 5 fois la plus grande dimension ou diamètre.
- La procédure d'exécution doit impérativement définir les dispositions à prendre en cas de perte brutale du fluide de forage.
- En cours des travaux, l'Entrepreneur exerce une surveillance continue des voies exploitées et des constructions voisines, souterraines ou non ; il arrête immédiatement le creusement et informe aussitôt le Maître d'Œuvre s'il s'aperçoit, en particulier :
 - d'une baisse brutale du niveau du fluide de forage,
 - de l'apparition d'un défaut géométrique sur la plate-forme des voies,
 - d'un désordre quelconque des constructions,
 - de l'arrivée du fluide de forage dans une canalisation ou ouvrage voisin.
- Le chantier est organisé de telle sorte qu'aucun forage non tubé sur toute sa hauteur ne reste ouvert à la fin d'un poste de travail.
- Exceptionnellement, sous réserve que les terrains le permettent et de l'accord préalable écrit du Maître d'Œuvre, il est admis qu'un forage reste ouvert en dehors des heures de fonctionnement normal du chantier (nuits, week-end, jours fériés notamment), à la condition expresse que l'Entrepreneur assure une surveillance constante par du personnel qualifié, capable de mettre en œuvre la procédure d'exécution prévue au plan qualité en cas de perte brutale de fluide de forage. Cette procédure impose d'avertir immédiatement le Maître d'Œuvre. S'il existe un doute quant à la tenue des parois avec la boue (notamment dans des sols de faible cohésion et/ou compacité), la procédure doit imposer de remplir le forage en fin de poste jusqu'à la base du tubage, avec un matériau adapté à cet effet, qui doit être stocké en

quantité suffisante à proximité (le volume stocké est au moins égal à deux fois le volume théorique d'un forage).

4.4.4. Travaux d'injection

Les contraintes de réalisation de ces travaux (ralentissement des circulations, obligation d'intervenir pendant des interruptions de circulation,...) sont définies au marché (après validation de SNCF Réseau), en fonction de la nature des terrains, des pressions et débits d'injection, de la distance des travaux d'injection aux voies, et de la vitesse d'exploitation.

Toutes les mesures utiles doivent être prises au moment des travaux d'injection pour éviter toutes montées en pression intempestives et éviter tout cheminement anarchique de coulis.

L'Entrepreneur met en place un suivi ⁽¹⁾ continu de la géométrie des voies. Les enregistrements de ce suivi sont transmis quotidiennement au Maître d'Œuvre.

Commentaire

⁽¹⁾ Indépendamment de la surveillance et du suivi effectués par l'Entrepreneur et le Maître d'Œuvre, SNCF Réseau exerce une surveillance des voies pendant les travaux. Cette surveillance comprend au moins, après chaque période journalière de travail, une inspection et un relevé de la géométrie des voies, et ceci, tant que le traitement par injections est à moins de 10 m du rail. La réalisation d'écrans étanches en bordure des voies peut permettre d'alléger les contraintes de réalisation et la surveillance de SNCF Réseau

Les injections sont arrêtées dès qu'une anomalie de la géométrie des voies est détectée. Le Maître d'Œuvre en est informé immédiatement. Les travaux d'injection ne peuvent reprendre qu'après autorisation écrite du Maître d'Œuvre.

Des matériels d'injection à débit très lent doivent être utilisés.

Des regards (tubes métalliques de 100 mm de diamètre) sont fournis et disposés par l'Entrepreneur dans les emprises ferroviaires, en rive de la banquette de ballast et sur indication du représentant de la Maîtrise d'Œuvre, de façon à vérifier que le coulis d'injection ne remonte pas dans le ballast.

L'Entrepreneur exerce une surveillance continue de ces regards par un examen et un relevé deux fois par jour. Les résultats sont communiqués au Maître d'Œuvre qui vise les fiches de suivi correspondantes.

Aussitôt après chaque perforation non tubée, le coulis de gaine et l'équipement du forage sont impérativement mis en place en se substituant au fluide de perforation.

4.4.5. Dispositifs de protection au-dessus des voies et des quais, et en bordure des voies

4.4.5.1. Généralités

Lorsque les travaux sont exécutés :

- au-dessus de la plateforme ferroviaire en exploitation, dans la zone délimitée par un plan vertical situé à 5 m de l'axe de la voie;
- ou au-dessus de quais (travaux dans une gare),
- ou en bordure des voies,

des dispositifs de protection sont mis en place en vue d'éviter toute chute accidentelle d'objets, de matériels ou d'outils susceptibles d'être manutentionnés.

Ces dispositifs doivent être réalisés en conformité avec les règles des textes IN00162, IN00163 et IN00166 relatifs aux gabarits.

Lorsque ces travaux sont exécutés au-dessus d'éléments sous tension, ces dispositifs sont placés de manière à réserver une marge minimale de :

- 0,50 m au-dessus des parties sous tension 25 000 V monophasé ;
- 0,30 m au-dessus des parties sous tension 1 500 V continu.

Les matériaux et matériels nécessaires à la mise en place des dispositifs de protection doivent être approvisionnés en empruntant en priorité les parties d'ouvrage déjà réalisées.

Une liaison équipotentielle de tous les éléments métalliques constitutifs est à réaliser.

Les éléments métalliques de ces dispositifs sont à relier électriquement au circuit de retour du courant de traction (travaux à la charge de l'Entrepreneur mais exécutés par SNCF Réseau). Ces dispositifs peuvent être des planchers de protection, des auvents ou des filets de protection.

4.4.5.2. Planchers de protection

Le plancher de protection est un plancher jointif; toutes précautions doivent être prises pour qu'aucune projection ou chute de matériaux ou de liquides (mortier, eau,...) ne puisse atteindre les éléments sous tension.

Le plancher de protection doit déborder au moins de :

- 2 m de part et d'autre de la zone de travail (en principe, les rives du tablier),
- 1 m de part et d'autre des parties sous tension,

Lorsqu'il est accessible pendant les périodes de circulation des trains et/ou en présence d'éléments sous tension, le plancher de protection doit être bordé latéralement par des écrans verticaux de 1,80 m de hauteur minimale. Ces écrans sont pleins, en partie inférieure, sur une hauteur de 1 m ; au-dessus - sur une hauteur de 0,80 m - ils sont constitués d'un grillage métallique à fine maille. Au voisinage des éléments sous tension, les écrans sont pleins sur toute leur hauteur, cette dernière pouvant excéder 1,80m pour couvrir la zone de 3m autour des éléments sous tension.

Lorsqu'il est n'est pas accessible pendant les périodes de circulation des trains, et en l'absence d'éléments sous tension, le plancher de protection doit au minimum être équipé d'un garde-corps continu d'au moins 1.50 m de hauteur, ce garde-corps comportant une plinthe pleine de 0,50 m de hauteur. L'Entrepreneur doit préciser les moyens mis en œuvre pour réglementer son accès.

Les déformations des planchers doivent être prises en compte dans la détermination des cotes de positionnement par rapport aux gabarits et par rapport aux marges vis à vis des éléments sous tension.

Un dispositif de collecte des eaux doit être mis en place.

Lorsque le plancher de protection a une fonction de cintre, il y a lieu de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour tenir compte de l'éventualité de pertes de laitance lors du bétonnage.

4.4.5.3. Filets ou auvents de protection

Les filets ou auvents de protection (et leurs fixations) doivent pouvoir stopper la chute des objets indiqués, sans que leur déformation ne les amène à moins de 0,5 m des installa-

tions électriques sous tension ou du gabarit ferroviaire. La maille ne doit pas avoir une dimension supérieure à 2 cm. Ils ne peuvent être utilisés que lorsque les travaux ne comportent pas d'opération de bétonnage.

4.4.5.4. Ecrans de protection verticaux en bordure de voies ⁽¹⁾

Sauf accord de SNCF Réseau, les écrans de protection sont implantés en dehors de la Zone Interdite définie à l'article 4.4.1.1., et des pistes et itinéraires du personnel SNCF Réseau.

La constitution de ces écrans est fonction du niveau de protection souhaité ⁽²⁾. Ce niveau de protection (hauteur, efforts susceptibles d'être appliqués ⁽³⁾) et la constitution de l'écran, y compris son mode de fondation, sont définis par le marché.

Ce sont des ouvrages de première catégorie.

Commentaires

⁽¹⁾ Ces écrans assurent généralement une protection vis-à-vis d'un risque d'engagement du gabarit ferroviaire et/ou vis-à-vis d'un risque lié à la proximité d'installations électriques.

⁽²⁾ Le niveau de protection recherché découle d'une analyse de risques à mener dès le stade de la conception. Il convient d'intégrer, dans cette analyse, les risques liés à la construction et à la démolition de ces écrans (opérations qui peuvent nécessiter des interceptions des circulations ferroviaires et des coupures des installations électriques de traction).

⁽³⁾ Voir article 3.7.3.2.

4.4.6. Planchers de travail au-dessus des voies et des quais, et en bordure des voies

Les prescriptions de l'article 4.4.5.2 relatives aux dispositions constructives des planchers de protection sont applicables aux planchers de travail.

Les coffrages horizontaux de dalles ou d'encorbellements de tabliers sont aussi des planchers de travail.

4.4.7. Bétonnage au-dessus des voies maintenues en exploitation

L'approvisionnement du béton se fait obligatoirement à la pompe.

L'approvisionnement du béton et le bétonnage des parties de tablier ou de dalle au-dessus des voies sont interrompus pendant le passage des trains, que la partie en question soit coffrée et étayée de manière fixe ou qu'elle soit coulée au moyen d'un outil coffrant ou d'un équipage mobile.

Dans le silence du marché, le bétonnage de la travée au-dessus des voies est exécuté à la faveur d'interceptions des circulations ferroviaires et mise hors tension des installations électriques de traction ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *Il existe deux situations qui permettent de se dispenser d'interceptions des circulations ferroviaires et mise hors tension des installations électriques :*

Situation 1 : bétonnage de deuxième phase (reprise de bétonnage) de dalles en béton armé et poutrelles enrobées dès lors que la première phase a été entièrement réalisée et a acquis les performances mécaniques requises,

Situation 2 : bétonnage au-dessus de prédalles (préalablement mises en œuvre sous interception des circulations ferroviaires), si les dispositions suivantes sont respectées :

- *Il existe un dispositif efficace d'arrêt des trains en urgence validé par SNCF Réseau,*
- *Des joints étanches équipent le périmètre de chaque prédalle pour éviter tout risque de fuite de laitance,*
- *Toutes les structures (notamment les prédalles) et toutes les opérations sont classées en première catégorie,*
- *Des plots de bétonnage ont été réalisés au préalable à titre d'essai sous interception des circulations ferroviaires (ou en dehors du volume ferroviaire) dans des conditions strictement identiques (notamment, mêmes prédalles, même hauteur de bétonnage) et ont permis de vérifier l'adéquation de la méthodologie.*

Les dispositions relatives aux rives des écrans de protection, décrites à l'article 4.4.5.2 sont applicables.

4.4.8. Construction d'ouvrages en béton ou en poutrelles enrobées

Les opérations de mise en place ou de déplacement au-dessus des voies des poutres ou éléments en béton armé (cas où ils sont préfabriqués), des poutrelles métalliques, des éléments supports de coffrage des pièces en béton coulées en place, sont exécutées pendant des interdictions de circulations ferroviaires et avec mise hors tension des caténaires.

C'est également le cas, en l'absence de plancher de protection, pour la mise en œuvre des armatures, et des plaques de coffrage perdu formant fond de coffrage des tabliers à poutrelles enrobées.

De même, la mise en œuvre des coffrages eux-mêmes (horizontaux, verticaux, inclinés) et des planchers de travail et/ou de protection, des garde-corps, barrières de sécurité et écrans de protection, des bordures, corniches ou autres équipements de rive est réalisée avec interdiction des circulations ferroviaires et mise hors tension des caténaires.

La mise en œuvre du ferrailage n'est autorisée avec le maintien des circulations ferroviaires qu'avec un plancher de protection conçu et réalisé conformément aux dispositions du présent Livret.

Le bétonnage doit être exécuté conformément aux dispositions de l'article 4.4.7 du présent Livret.

La stabilité des poutrelles métalliques (constructions de ponts à poutrelles enrobées ou d'ouvrages provisoires) pendant toutes les phases de construction (manutentions, bétonnage) doit être justifiée par le calcul.

Dans tous les cas une première passe de bétonnage de 15cm de hauteur maximale est imposée.

4.4.9. Travaux à proximité d'ouvrages souterrains ou remblayés

Les travaux (en particulier déblais et remblais) à proximité des tunnels, ouvrages souterrains ou remblayés (voutes, ponts cadres ou portiques) peuvent induire des variations de contraintes au niveau de ces ouvrages. L'Entrepreneur doit respecter strictement les phasages prévus (le renforcement préliminaire de l'ouvrage lorsqu'il est nécessaire, constituant un point d'arrêt) ainsi que les documents d'exécution (dimensions des fouilles, calages par rapport à l'ouvrage, etc.).

Les dispositions de l'article 4.4.2 concernant le suivi des déformations de la plate-forme ferroviaire sont applicables.

4.4.10. Réalisation de petits ouvrages sous voies

Les règles techniques et administratives concernant la mise en place des petits ouvrages sous voies sont définies par l'IN 01252 et par l'IN 01884.

En aucun cas, les travaux ne pourront débuter sans que le représentant de la Maîtrise d'Œuvre n'en ait donné l'autorisation.

Les dispositions de l'article 4.4.2 relatives aux travaux de terrassements et blindages à proximité des voies ferrées sont applicables (notamment les dispositions concernant le suivi des déformations de la plate-forme ferroviaire). Tout désordre entraînant un écart de position des repères par rapport à leur situation initiale, supérieur aux valeurs prescrites, entraîne de facto, outre les mesures propres à assurer la sécurité des circulations ferroviaires, l'arrêt des travaux. Ceux-ci ne peuvent alors reprendre qu'après accord du représentant de la Maîtrise d'Œuvre.

Lors des opérations de fonçage de tuyaux, l'Entrepreneur doit veiller à ne jamais excaver au-delà de la trousse coupante. Une revanche, la plus grande possible, doit être prévue suivant la nature des terrains rencontrés. Dans tous les cas, le front de taille doit être soutenu en période d'arrêt de travail.

4.5. Opérations de levage à la grue

4.5.1. Vérifications des équipements de travail utilisés pour le levage de charges ⁽¹⁾

Les appareils de levage et leurs supports⁽²⁾, ainsi que les accessoires de levage⁽³⁾ sont soumis à des vérifications à la charge de l'Entrepreneur, qui comportent autant que de besoin :

- des examens d'adéquation des appareils de levage et leurs supports,
- des essais de fonctionnement des appareils de levage,
- des examens d'adéquation des accessoires de levage,
- des épreuves statiques des accessoires de levage,
- des examens de l'état de conservation des appareils de levage,
- des épreuves statiques des appareils de levage,
- des épreuves dynamiques des appareils de levage.

Commentaire

⁽¹⁾ Il y a lieu de se référer aux textes réglementaires en vigueur, en particulier les articles suivants du Code du Travail :

- art. R4322-1, qui mentionne l'obligation de maintien en état de conformité des équipements,

- art. R4323-23, qui traite des vérifications périodiques, et les arrêtés relatifs pris pour son application : arrêté du 1^{er} mars 2004 pour les appareils et accessoires de levage, arrêté du 2 mars 2004 relatif au carnet de maintenance des appareils de levage, arrêté du 3 mars 2004 pour l'examen approfondi des grues à tour.

⁽²⁾ Les supports sont des dispositifs ou aménagements non liés à l'appareil comme les voies de roulement des grues à tour, des portiques, ... etc., ainsi que les charpentes supportant les palans ou monorails, les tronçons de voies ou massifs de béton servant de bases à des appareils utilisés à poste fixe.

⁽³⁾ Les accessoires de levage sont les équipements non incorporés à la machine et placés entre la machine et la charge, tels qu'élingues, palonniers,

Les résultats des examens, essais et épreuves réalisés lors des différentes vérifications sont consignés sur le registre de sécurité prévu par l'article L4711-1 du Code du Travail. Sur ce document figurent également les résultats des diverses mesures effectuées au cours des vérifications. Toutefois, les appareils de levage non installés à demeure, soumis à des déplacements fréquents et ne nécessitant pas l'aménagement de supports particuliers (grues routières) sont dispensés de ces obligations de consignation à condition qu'une copie du dernier rapport de vérification générale périodique soit tenue à disposition au poste de commande de l'appareil.

Lorsqu'il est techniquement impossible de réaliser, notamment du fait de l'importance de la charge, l'essai de fonctionnement d'un appareil de levage ou ses épreuves statiques et dynamiques, ces vérifications doivent être remplacées par une vérification de nature expérimentale permettant de s'assurer que l'appareil de levage peut être utilisé en sécurité. Cette vérification doit être effectuée par un organisme accrédité.

L'Entrepreneur doit être en mesure de présenter sur le chantier la preuve que les vérifications exigées par la réglementation en vigueur ont bien été effectuées dans les conditions et délais prévus, par des personnes ou organismes ayant la compétence requise. Pour les opérations de 1^{ère} catégorie, les documents afférents sont à annexer aux procédures travaux.

4.5.2. Utilisation des grues aux abords des voies

Les règles applicables sont définies à l'article 4.4.2 " Utilisation des engins et matériels de chantier aux abords des voies".

4.5.3. Essais et manœuvres des engins de levage

Dans les situations suivantes, il est nécessaire que soient prises les mêmes précautions qu'au cours des manutentions proprement dites :

- montage et démontage des engins,
- essais et épreuves,
- manœuvres.

En particulier une analyse de risques doit être menée par l'Entrepreneur préalablement à ces opérations.

4.5.4. Essai préalable de levage

Chaque opération de levage et chaque mise en station donnent lieu à un essai préalable réalisé par l'Entrepreneur au minimum 48 h avant l'opération proprement dite.

Au cours de l'essai, la charge doit être soulevée complètement et maintenue levée quelques minutes. Le bon comportement des éléments souples à lever (poutres,...) doit être vérifié, éventuellement en les soumettant à des chocs répétés.

4.5.5. Conditions d'utilisation en fonction du vent

Les conditions d'utilisation des engins de levage en fonction du vent doivent être précisées par l'Entrepreneur dans la procédure travaux relative à l'opération de manutention, en conformité avec la réglementation en vigueur.

Sauf dispositions contraires du marché, aucune manutention ne sera réalisée pour une vitesse du vent supérieure à 60 km/h.

4.5.6. Accessoires de levage

4.5.6.1. Généralités

Les accessoires de levage - câbles, chaînes, élingues, appareils de levage (crochets, palonniers,...) - portent les indications suivantes :

- Marque d'identification du fabricant,
- Numéro ou série de lettres identifiant l'accessoire et assurant le lien avec la déclaration de conformité,
- Valeur de la charge maximale d'utilisation,
- Marquage "C.E."

Les accessoires de levage doivent être utilisés conformément à leur notice d'instruction qui, pour chaque accessoire, ou chaque lot commercialement indivisible, indique non seulement les conditions normales d'utilisation, mais aussi les instructions pour le montage et la maintenance, ainsi que les limites d'emploi.

Une protection contre les arêtes vives doit être mise en place.

Dans le cas où le colis est manutentionné à partir d'élingues ou câbles enveloppant directement la pièce, d'une part un dispositif particulier sera prévu pour éviter tout glissement de l'élingue ou câble et d'autre part une protection sera interposer au contact de la pièce à l'élingue pour éviter toute détérioration de cette dernière.

4.5.6.2. Elingues textiles

Les élingues textiles regroupent les élingues plates en sangles tissées et les cordages de sécurité.

Elles sont constituées exclusivement de polyamide (PA) ou de polyester (PES); l'utilisation de cordages en fibres naturelles (chanvre), en polypropylène (PP) ou en polyéthylène (PE) est proscrite.

Le marquage doit faire figurer la matière, la longueur nominale et la charge maximale d'utilisation selon le mode d'élingage, en complément des indications requises listées au 4.5.6.1.

Les éléments ne doivent comporter aucun nœud.

4.5.6.3. Câbles

La jonction comme l'amarrage des câbles ne doivent pas être réalisés au moyen de nœuds, mais de crochets, mailles ou manilles destinés à cet usage.

Pour les élingues à brins multiples, le marquage doit faire figurer les angles d'application des charges en complément des indications requises listées au 4.5.6.1 .

4.5.6.4. Chaînes

Le marquage doit faire figurer la classe ou le grade de l'élingue en complément des indications requises listées au 4.5.6.1 .

4.5.6.5. Organes de liaison

Les organes de liaison sont les équipements disposés entre les organes de levage et la charge : manilles, crochets, palonniers...

Les organes de liaison doivent comporter les indications requises listées au 4.5.6.1 .

Les crochets doivent comporter un dispositif (linguet de sécurité à ressort) s'opposant au décrochage accidentel de la charge.

Les systèmes d'accrochage doivent interdire toute possibilité de glissement ou déplacement du point de préhension ; il est notamment proscrié d'accrocher un colis au moyen d'agrès dont le bon fonctionnement repose sur la mobilisation d'un frottement des surfaces en contact comme c'est le cas pour certains crochets, « C » ou pinces.

4.5.6.6. Ventouses et aimants

L'utilisation de ventouses et aimants est interdite.

4.5.7. Organisation du chantier

4.5.7.1. Instructions

La notice du constructeur de la grue (notice d'utilisation ou d'instruction) ou tout au moins un extrait reprenant les instructions nécessaires au personnel, doit être disponible sur le chantier.

Des instructions écrites doivent être fournies au personnel de chantier (encadrement et grutiers), définissant notamment :

- les contrôles réguliers de fonctionnement des anémomètres et des alarmes,
- les conditions nécessitant la mise hors service de la grue,
- les attributions respectives du grutier, de l'encadrement du chantier et du chef d'entreprise concernant en particulier la décision d'arrêt et de mise en girouette,
- la remise en service de la grue.

Les consignes au personnel de chantier doivent lui être expliquées autant que de besoin. Une organisation bien conçue peut permettre d'alléger ces consignes.

4.5.7.2. Communication

La synchronisation des opérations élémentaires, jusqu'à la mise en place de la charge et la vérification de sa stabilité, ne peut être réalisée que si tous les intervenants (grutier, chef de manœuvre, signaleurs, personnes préposées au guidage et à la recette du colis) sont en mesure de communiquer efficacement.

Toutes les informations météorologiques obtenues, y compris date, heure, qualification et signature de la personne ayant appelé la station, doivent être consignées sur un support au chantier.

Les gestes et signaux sont complétés utilement par d'autres moyens de transmission radio, téléphone, voire vidéo.

Un double poste de commande peut être nécessaire lorsque le grutier ne peut pas voir le lieu où doit être déposée la charge.

Chantiers comportant plus de 2 grues : les moyens nécessaires à la transmission des informations entre les grutiers et le responsable du chantier doivent être mis en œuvre : radiotéléphone, pupitre de centralisation des informations en provenance des grutiers, etc.

4.5.7.3. Eclairage

Dans le cas d'opérations de manutention et / ou translation avec contraintes de délai, le dispositif d'éclairage des zones de travail doit être testé avant le démarrage de l'opération pour permettre, le cas échéant, de réaliser à temps les mises au point.

4.5.8. Dispositifs d'accrochage incorporés au béton

Les prescriptions du fascicule ministériel n° 65 relatives aux dispositions constructives des dispositifs d'accrochage incorporés dans le béton sont applicables.

4.5.9. Oreilles de manutention

Lors du soudage des oreilles de manutention, il y a lieu de s'assurer que la tôle support ne comporte pas de défaut du type "feuilletage" par un contrôle de compacité.

Les oreilles soudées ne peuvent être maintenues en situation définitive que si les conditions géométriques et les calculs justificatifs de la structure le permettent (notamment vérifications à la fatigue). La forme des cordons au contact de la tôle doit être particulièrement adoucie et soignée.

Si les oreilles sont déposées, il est nécessaire d'araser soigneusement et en totalité les cordons de soudure et de contrôler qu'aucun défaut ne subsiste. Dans le cas d'oreilles boulonnées, il y a lieu de prévoir le parachèvement des perçages dans la structure définitive en peinture (injection de résine ou comblement du trou par un boulon éventuellement, puis système anti-corrosion).

4.6. Opérations de translation d'ouvrages ou parties d'ouvrages (tabliers, cadres,...) : dispositions communes ⁽¹⁾

Commentaire

⁽¹⁾ Le marché peut prescrire des dispositions particulières en se référant à l'IG 06033 « ouvrages d'art : mise en place de structures préfabriquées ».

4.6.1. Généralités

Le présent chapitre concerne les opérations de translation de structures ou d'ouvrages (tabliers, cadres, structures en U,...). Des prescriptions complémentaires sont données au chapitre 4.7 pour les translations par lancement, au chapitre 4.8 pour les opérations de translation par ripage, et au chapitre 4.9 pour les opérations de glissement sur le terrain.

En fonction, soit des prescriptions du marché soit des conclusions de l'analyse préalable de risques menée par l'Entrepreneur, ce dernier devra être tenu :

- d'approvisionner sur le chantier un double des matériels dont la défaillance pourrait entraîner des retards ; il devra alors envisager tous les scénarios possibles en cas d'indisponibilité de l'un ou l'autre des dispositifs (vérin hors d'usage, système de contrôle d'avancement, contrôle hydraulique, etc. ...) ;
- de réaliser un essai de tout son matériel (en particulier hydraulique) avant les travaux ;
- d'assurer la présence sur le chantier d'un technicien de maintenance spécialisé vis-à-vis des problèmes hydrauliques, électriques ou électroniques.

4.6.2. Dispositifs de guidage

Tout système de translation doit comporter des dispositifs matériels assurant une fonction de guidage permettant la maîtrise de la trajectoire dans le plan horizontal.

Les butées doivent être conçues et réalisées, non seulement pour servir de guide et de repère, mais également pour aider au redressement de la structure mise en place.

4.6.3. Séance de formation du personnel

Une séance de formation du personnel (opération de contrôle interne) doit être organisée avant toute opération de translation de structure, préalablement à l'essai de déplacement.

Doit y assister tout le personnel de l'Entreprise qui participera à la mise en place.

La N.O.P. décrit cette dernière en plusieurs opérations. La procédure relative à chacune d'entre elles doit donner la liste nominative du personnel utilisé (y compris personnel de réserve), son poste, les roulements.

La séance de formation comprend également la sensibilisation aux risques et à la mise en œuvre des parades.

A l'issue de la séance de formation, chacun des participants doit émarger la fiche de présence qui fait en particulier apparaître son nom et son poste, ainsi que les observations qu'il peut être amené à faire. Le chef de chantier, le Maître d'Œuvre et le C.O.P. - qui organise cette réunion - doivent aussi émarger.

A l'issue de l'opération de préripage, suivant les constatations faites, une nouvelle séance de mise au point peut s'avérer nécessaire.

4.6.4. Essai de déplacement

Chaque opération de mise en place d'ouvrage ou partie d'ouvrage donne lieu à un essai préalable de déplacement réalisé par l'Entreprise sur une longueur minimale de :

- 1 m au minimum ou 2 courses de vérins en cas de ripage ;
- 2 m au minimum en cas de lancement.

L'essai est réalisé au plus tard 48 h avant le démarrage de l'intervalle d'interruption des circulations dédié à l'opération de translation. A l'issue de l'essai, l'Entrepreneur remet au Maître d'Œuvre l'enregistrement des efforts.

L'essai de déplacement est une opération essentielle qui est à réaliser dans tous les cas. Ses buts sont multiples. On peut citer entre autres :

- L'assurance que la séance de formation a bien atteint son rôle et que chaque opérateur connaît son poste et les manœuvres à effectuer, que la coordination d'ensemble est efficace,
- La vérification de l'adéquation entre appuis (chemin de ripage,...) et système moteur (système de ripage,...) et la possibilité de procéder aux derniers ajustements (absence de butées, parasites,...),
- La vérification de la présence du matériel de secours prévu à la procédure de translation proprement dite,
- Un essai en vraie grandeur hors intervalles de circulation.
- Une fiche de contrôle relative à cette opération doit être rédigée. Elle doit faire apparaître la vérification de la connaissance par chaque opérateur de la tâche qu'il a à accomplir, de la présence du matériel de secours, de la conformité du matériel et des dispositions mises en œuvre. Elle doit aussi signaler les constatations faites lors de l'essai proprement dit et les conclusions à en tirer pour l'opération de translation.

4.6.5. Enregistrement des efforts moteurs

Un dispositif d'enregistrement en continu des efforts moteurs est mis en place pour chaque opération de translation d'ouvrage ou partie d'ouvrage. Ce dispositif doit être étalonné. Il doit être opérationnel pour l'essai de déplacement.

4.6.6. Contrôle d'avancement du tablier

La fiche de contrôle d'avancement doit faire apparaître la nature et la fréquence des contrôles, à priori à prévoir à la fin de chaque "course" du système moteur, au maximum tous les 50 cm (30 cm pour la majorité des vérins).

Elle doit mentionner toutes les vérifications faites lors de chacune de ces courses. Ces vérifications doivent permettre de garantir la validité de toutes les hypothèses prises en compte.

Chaque ligne d'appui devant être équipée d'un système de contrôle d'avancement (mètre ruban métallique correctement fixé par exemple), pour chacune des courses la fiche doit faire apparaître : l'avancement, le contrôle de la distance butée /guide de butée , l'état du système (compressibilité de néoprène par exemple) comme toutes constatations utiles.

Une fiche doit être tenue pour chaque poste de contrôle dûment recensé dans la procédure de translation (au moins un par ligne d'appui, voire deux suivant le nombre de butées).

La procédure de translation doit faire apparaître la manière dont ces informations sont transmises au poste de commande. En effet, ces informations doivent être, d'une part écrites sur la fiche de contrôle au niveau de chaque poste de contrôle, d'autre part transmises au poste de commande à l'occasion de chaque course, pour décision éventuelle et si nécessaire traitement des anomalies.

Une fiche de contrôle spécifique est à prévoir pour le poste de commande. Sur cette fiche seront consignées a minima, course par course, les pressions dans les vérins et les efforts afférents par ligne d'appui.

4.6.7. Descente sur appuis

Les hauteurs de descente sur appuis doivent être les plus limitées possibles. Les opérations font l'objet des prescriptions complémentaires de l'article 4.12 du présent Livret.

4.6.8. Réception de l'ouvrage avant scellement des appareils d'appui

Le scellement des appareils d'appui conditionne en grande partie la tenue de l'ouvrage dans le temps. L'expérience a montré qu'une grande partie des désordres rencontrés sur les ouvrages anciens proviennent d'un mauvais comportement de leurs appareils d'appui dû en grande partie à une défektivité du scellement.

Lors de cette opération de contrôle, les appareils d'appui doivent se trouver, en situation définitive, correctement plaqués sous le tablier, sans aucun jeu (ce dont il faut s'assurer). Le tablier, quant à lui, doit se trouver au nivellement prévu. Le contrôle doit porter également sur l'horizontalité des appuis et le parallélisme de leur partie inférieure et supérieure.

4.6.9. Protection électrique

Au-dessus des lignes électrifiées, des mesures de protection électriques sont à prendre. Des connexions électriques permettant de relier les parties métalliques des ossatures (y compris avant et arrière-becs) au rail ou à la terre peuvent s'imposer.

4.7. Opérations de lancement de tabliers (ou éléments de tabliers)

4.7.1. Aire de montage et de lancement

Si le projet le permet, l'ossature est assemblée et lancée à un niveau tel qu'aucune descente sur appuis importante (supérieure à 40 cm) ne soit nécessaire en fin de lancement.

Les appuis des chaises de lancement sont constitués de camarteaux en béton. Lorsque les supports de chaises sont réalisés en charpente métallique, tous les constituants sont assemblés entre eux par boulons ou soudures.

4.7.2. Avant-becs et arrière-becs

Les avant becs et les arrière becs comportent des contreventements verticaux et horizontaux.

Les avant et arrière becs sont assemblés aux ossatures principales de préférence par soudage (soudures bout à bout); ces assemblages soudés sont contrôlés.

Les assemblages par platines boulonnées HR (boulons serrés au couple) sont interdits. Ne sont autorisés que les assemblages par platines et boulons qui ont été dimensionnés comme des assemblages par boulons ordinaires mais qui sont réalisés au moyen de boulons HR non galvanisés serrés à 60% du couple.

La géométrie des avant-becs et arrière-becs – principalement le nivellement de la semelle inférieure des poutres principales – doit être compatible avec les hypothèses de calcul⁽¹⁾. Pour cela les tolérances sur ce nivellement doivent être les mêmes que celles retenues pour le tablier métallique à lancer.

Commentaire

⁽¹⁾ *Le risque principal est de créer des reports de charges excessifs (non couverts par les coefficients de sécurité du calcul).*

4.7.3. Dispositifs de retenue

Un système de retenue est mis en place si le lançage est réalisé en descendant ou à l'horizontale, ou encore si les poutres de l'ossature principale sont de hauteur variable par le bas.

Après chaque phase de lançage, un blocage efficace de l'ossature est réalisé, tant dans le sens longitudinal du mouvement que dans le sens transversal.

4.7.4. Dispositifs de marche arrière

Un dispositif permettant le retour en arrière de la structure est mis en place lorsque le porte-à-faux (tablier ou/et avant bec) est situé dans une travée comportant une ou plusieurs voie ferrée.

4.7.5. Enregistrement des efforts

Un dispositif de mesure et d'enregistrement en continu des efforts moteurs est mis en place pour chaque opération de translation de tablier ou élément de tablier. Ce dispositif doit être étalonné. Il doit être opérationnel pour l'essai de déplacement.

4.7.6. Mesures de déplacement

Les déformations réelles de la structure et de l'avant ou arrière bec doivent être mesurées pendant le lançage, pour être comparées aux valeurs issues du calcul.

Le nivellement (nivellement de précision) est réalisé à des intervalles réguliers à définir au cas par cas.

4.7.7. Essais

Avant lançage, des essais sont réalisés sur plateforme (voir art. 3.3).

Un essai de pré lançage est également réalisé avant l'opération proprement dite (voir art. 4.6.4).

4.7.8. Conditions d'exécution vis-à-vis de l'exploitation ferroviaire

D'une manière générale, les opérations de lançage d'ossature ou éléments d'ossatures au-dessus des voies ferrées (y compris opérations de vérinage) ne sont autorisées que lors de périodes d'interdiction des circulations ferroviaires et mise hors tension des installations électriques (caténaires, feeders). La remise sous tension des installations électriques et la reprise du trafic ne peuvent être autorisées qu'après que le Maître d'Œuvre se soit assuré que les éléments mis en place sont convenablement stabilisés sur leurs appuis, ces appuis et les dispositifs de stabilisation ayant fait l'objet, au préalable, de dessins et calculs justificatifs vérifiés par le Maître d'Œuvre et d'une vérification sur le chantier (point d'arrêt).

Le tableau suivant précise les conditions d'exploitation des voies ferrées en fonction des phases de lançage. La distinction est faite entre les phases de lançage proprement dites (ossature en mouvement) et les périodes d'immobilisation du tablier.

Tableau 11 -

Situation des voies par rapport au tablier:	Phases de mise en place du tablier			
	Tablier immobilisé	Tablier en cours de lançage		Tablier en cours de vérinage (voir art. 4.12)
Voie située sous la structure en porte-à-faux (tablier ou/et avant bec)	Circulation sous réserve des conditions (a) à (e), détaillés ci-après et (α) à (γ)	Circulation interdite		Circulation interdite
Voie située sous la travée de structure ne comportant pas de porte-à-faux (tablier ou/et avant bec)	Circulation sous réserve des conditions (a) à (e) détaillés ci-après	Avant ou après accostage, sur appui, de l'extrémité en porte-à-faux du tablier lui-même :		Circulation interdite
		Avant :	Après :	
		circulation interdite	circulation sous réserve des conditions (a) à (e) détaillées ci-après	

Les actions à mener en cas d'anomalie constatée dans le comportement de la structure font l'objet d'une note établie par l'Entrepreneur et soumise au visa du Maître d'Œuvre. Cette note met en évidence les moyens à mettre en œuvre pour un retour à la normale, les délais d'intervention ainsi que des propositions de mesures de sécurité à prendre vis à vis de l'exploitation ferroviaire.

Les opérations sont conduites en présence de l'ingénieur de l'entreprise responsable des études d'exécution de mise en place de l'ossature métallique.

Tout déplacement de l'ossature métallique (ou de l'une de ses parties) au-dessus des voies ferrées ne peut avoir lieu qu'en période d'interdiction des circulations ferroviaires et avec mise hors tension des caténaires. Toutefois, pendant le lançage, il peut être admis que le trafic soit maintenu sous les travées ne comportant pas de porte-à-faux, sous réserve que toutes les mesures générales de sécurité aient été prises et que les conditions suivantes a) à e) soient remplies :

- absence d'ouvriers sur l'ossature, sauf si un plancher de protection muni d'écrans latéraux a été installé au préalable ;
- équipement de tous les appuis par des dispositifs de guidage capables de résister aux efforts de guidage et aux efforts de vent. En cas de renversement accidentel des chaises à galets, l'ossature doit rester sur ses appuis (piles, palées provisoires, etc...);
- réalisation, avant lançage, d'une visite détaillée de l'ossature, qui est l'occasion de s'assurer –en particulier– que tous les éléments ou outils non solidement amarrés sont enlevés et que la structure est équipée d'un platelage léger ou d'un filet de protection destiné à retenir les pièces ou matériels légers susceptibles de se désolidariser de l'ensemble ;
- un treuil de retenue est mis en place si le lançage est conduit en descendant ou à l'horizontale, ou encore si les poutres de l'ossature principale sont de hauteur variable par le bas ;
- la résistance et la stabilité de l'ossature, dans sa configuration la plus défavorable, ont été préalablement contrôlées expérimentalement sur l'aire de lançage et ont permis de valider les résultats du calcul (voir art. 3.3).

Les voies sous la parties en porte-à-faux font l'objet d'interdiction de circulations ferroviaires et de mise hors tension des installations électriques; le trafic ne peut être rétabli pour ces voies qu'après accostage sur appui de l'extrémité en porte-à-faux de l'ossature elle-même (et non pas de l'avant bec) et blocage latéral de cette ossature (par mise en service du système de guidage latéral, par exemple).

Il peut être admis de rétablir le trafic ferroviaire sous une partie d'ossature ou d'avant-bec en porte-à-faux, immobile; pour cela les conditions supplémentaires suivantes doivent être remplies :

α) L'ossature est convenablement immobilisée et solidarisée aux appuis, de sorte qu'aucun mouvement longitudinal, transversal ou de rotation n'est possible. Dans le sens longitudinal, deux dispositifs de blocage sont mis en place (par exemple : le(s) treuil(s) légèrement sous tension, et un blocage sur une file d'appuis).

β) La stabilité de l'ensemble est vérifiée par le calcul avec l'hypothèse de pression de vent correspondant à la durée de phase du chantier la plus longue, déterminée selon la NF EN 1991-1-6. En dérogation à la note a) du tableau 3.1. de ce document, la période de retour minimale à considérer est de 5 ans, même si des mesures appropriées sont prises.

γ) L'ossature, dans sa configuration la plus défavorable et compte tenu de sa déformation) est située à plus de 1.00 m de toute partie sous tension des installations caténares (caténaire proprement dite, feeder,...).

Il n'est pas admis d'opération de rabotage d'éléments principaux d'ossature métallique au-dessus du domaine ferroviaire.

4.8. Opérations de ripage d'ouvrages ou parties d'ouvrages (tabliers, cadres, portiques,...)

4.8.1. Généralités

Les règles du présent chapitre sont applicables à toutes les opérations de mise en place de structures par ripage, y compris les opérations de ripage sur longrines, ces dernières constituant des chemins de ripage.

L'implantation des chemins de ripage, leur parallélisme, leur nivellement et leur rectitude doivent être soigneusement vérifiés avant ripage. Les chemins de ripage doivent être aussi peu déformables que possible (déformations à évaluer au stade de l'étude). Dans la mesure du possible ils doivent être mis en place avant l'intervalle travaux (le cas échéant) afin d'éviter tous réglages, positionnement et rabotage dans des conditions difficiles.

Dans la mesure du possible il y a lieu d'auto-équilibrer les efforts de traction/poussage sur le chemin de ripage (système fermé) afin d'éviter les éléments d'ancrage extérieur. En cas d'ancrage dans les maçonneries existantes, des précautions doivent être prises pour le choix du mode de scellement.

Les dispositifs de ripage doivent être rigoureusement horizontaux, sauf cas particuliers faisant l'objet d'une étude spécifique.

Le système de ripage doit être conçu de façon à ce que l'ouvrage déplacé puisse être vériné, verticalement, en tout point du mouvement, et de manière à pouvoir résorber tout mouvement parasite.

Toutes les dispositions nécessaires au contrôle d'avancement doivent être définies, mises en œuvre et suivies au cours du ripage afin de détecter et compenser sans retard toute mise en travers de la structure à riper.

4.8.2. Glissement

4.8.2.1. Graisses

Les graisses utilisées doivent être adaptées : graisse au molybdène ou graphitée, ou encore poudre de graphite.

Les bords des éléments mobiles doivent être chanfreinés et arrondis.

Les extrémités des patins de glissement et de guidage doivent être évasées (ou tout au moins meulées).

Les faces supérieures des rails de ripage doivent comporter un méplat et des doucines de façon à ne pas présenter d'angle vif. Les rails doivent être continus, sans joint éclissé, et les âmes doivent être larges (rails de pont roulant par exemple).

Pour des masses importantes, le chemin de ripage peut être constitué de deux rails pour la même file d'appui, sous réserve de mettre en œuvre des dispositifs d'équilibrage des charges entre les rails.

4.8.2.2. Glissement sur « PTFE » ou « Téflon »

Dans le cas de glissement sur "PTFE" ou "Téflon", les patins de glissement équipés de "Téflon", "Alvéoflon" ou tout autre produit doivent être fixés ou enchâssés sur des plaques liaisonnées à la partie à déplacer pour éviter tout risque de glissement parasite.

La partie inox du plan de glissement doit être continue, rigide, d'épaisseur suffisante et soudée continûment pour éviter tout risque de déformation. La propreté de ces éléments est impérative.

L'interposition d'une plaque de néoprène (épaisseur maximale 10 mm) est indispensable lorsque le parallélisme des deux plans de contact ne peut être assuré.

4.8.2.3. Glissement sur le terrain

L'article 4.9 du présent Livret précise les dispositions relatives au glissement sur le terrain.

4.8.3. Roulement

Les dispositifs à roulement, à l'exception des systèmes de chariots élévateurs, sont réservés au déplacement de petits tabliers isostatiques (masse inférieure à 300 T).

4.8.3.1. Roulement sur galets ou rouleaux

Les rouleaux doivent être pleins, et réunis entre eux par des biellettes destinées à maintenir constante la distance entre rouleaux.

4.8.3.2. Roulement sur chariots élévateurs automoteurs (type « Cochez » par exemple)

Il y a lieu de prendre un soin particulier de l'état de surface du chemin de roulement, en raison du faible diamètre des roues qui peut être à l'origine d'une butée sur un défaut géométrique de soudure, par exemple.

4.8.3.3. Roulement sur remorques routières automotrices (type « Kamag » par exemple)

Des liaisons rigides doivent être mises en place entre les remorques de manière à empêcher tout mouvement relatif de l'une par rapport à l'autre pendant le déplacement de l'ouvrage déplacé.

Les éléments portés doivent également être liaisonnés :

- les palées ou chevêtres doivent être solidarisiées aux remorques en pied (par boulonnage, soudures ou taquets) : la reprise des efforts par frottement est interdite,
- des taquets doivent être prévus, si possible, dans les deux directions entre le colis à lever et le haut de la structure de support (palées, chevêtres,...).

Un dispositif de contrôle continu de l'avancement des remorques l'une par rapport à l'autre doit être mis en place.

Pendant toutes les phases de mise en place (transport y compris rotation, vérinage,...) un contrôle permanent de l'altimétrie de l'ouvrage déplacé (en 4 points au minimum) et des pressions du système hydraulique (avec enregistrement) doit être assuré. La procédure travaux indique les différences de niveaux admissibles entre les différents points de nivellement du tablier compte tenu de la flexibilité de ce dernier.

Le chantier doit être équipé d'un anémomètre.

Des liaisons radio sont mises en place entre les différents opérateurs.

4.8.3.4. Roulement sur « Rouleurs Sans Cesse Express »

Deux rouleurs au plus sont disposés par file d'appui, sauf si des dispositifs spéciaux sont mis en place tels que des balanciers répartissant les charges ou un attelage rigide assemblant les rouleurs.

Une plaque de néoprène est interposée entre le rouleur et la structure.

Le chemin de roulement, constitué de profilés métalliques renforcés et raidis ou de rails (rails "Vignole" rabotés ou rails de ponts roulants) doit présenter une surface parfaitement plane, continue (raboutage par soudure et soudure meulée) sur une largeur au moins égale à 0,8 fois la largeur du rouleau.

La mise en œuvre de rouleurs à poste fixe "à l'envers" (plateau supérieur disposé en bas) nécessite une étude spécifique.

4.8.4. Dispositifs moteurs

Dans le cas de tabliers à travée unique, les deux files d'appui doivent être équipées de moyens de traction ou de poussage. Dans le cas de tabliers continus, il est possible de n'équiper qu'un nombre réduit de lignes d'appui, avec un minimum de deux ; les lignes d'appui équipées doivent être celles qui reçoivent les réactions verticales les plus importantes.

Il y a lieu de s'attacher à minimiser la hauteur entre les points d'application des efforts moteurs et les points d'appuis de la structure sur les supports (voir art. 3.8.2.4).

Il est nécessaire que le système moteur soit conçu pour permettre un mouvement arrière.

Les systèmes à câbles (hors câbles et vérins de précontrainte spécialisés) sont interdits pour les opérations de ripage de structures de masse supérieure à 200 T. Ils peuvent toutefois être réservés aux systèmes de secours, sous réserve qu'ils soient testés.

L'élasticité des câbles ou des barres utilisés pour le tirage de structures doit être la plus faible possible (sections d'acier fortes, longueurs faibles) pour limiter les "à coups".

En cas d'utilisation de câbles, pour éviter les effets de fouet en cas de rupture, des dispositifs de sécurité doivent être mis en œuvre : par exemple utilisation d'anneaux le long du câble.

Les treuils doivent être équipés de cliquets anti-retour ou de dispositifs de retenue.

Par rapport aux systèmes à câbles, les systèmes hydrauliques (vérins) permettent de limiter les efforts liés à l'accélération au cours du déplacement.

Les circuits hydrauliques alimentant les vérins doivent permettre de rendre indépendants ces derniers pour, notamment, permettre les corrections de trajectoire. En cas d'équipement de plus de deux files d'appui, il est admis de disposer une pompe d'alimentation pour (au plus) deux files d'appui.

En fonctionnement "découplé", lorsque l'alimentation et la commande des vérins sont assurées par des opérateurs différents, ces derniers doivent être reliés par radio à un chef opérateur.

4.8.5. Dispositifs de guidage

La mise en œuvre d'un guidage latéral est impérative, ainsi que la réalisation d'un contrôle géométrique continu de l'avancement. L'avancement correct de la structure (avancement sans déviation) est obtenu avant tout en agissant sur l'intensité des efforts moteurs sur chaque file d'appui, le guidage permettant de sécuriser ce mode de fonctionnement.

Le guidage doit être bilatéral : il doit être capable d'empêcher les déviations latérales de trajectoire dans les deux sens.

Les mesures géométriques permettant le contrôle d'avancement sont réalisées - avec une précision de 1 millimètre - sur au moins deux files d'appui. L'écart d'avancement maximal à ne pas dépasser pendant l'opération est fixé par la procédure travaux ; il dépend du jeu admis pour le système de guidage. Ce jeu doit être déterminé et justifié par l'Entrepreneur en fonction de la conception du système de guidage et de la tolérance de positionnement de l'ouvrage définitif.

Les dispositifs de guidage doivent être visibles et leur accès facile.

Pour les travées simples, le guidage doit être réparti sur les deux files d'appui; toutefois si ces tabliers sont peu déformables (cas des dalles de faible portée), une seule file peut être équipée d'un système de guidage bilatéral. Pour les tabliers continus, il est préférable de disposer les dispositifs de guidage sur les files d'appui qui reçoivent les systèmes de poussage ou tirage les plus puissants.

Dans le cas de tabliers de masse inférieure à 200 T et si l'opération est à contrainte forte de délai, il est impératif de mettre en œuvre un système de guidage à jeu faible (jeu inférieur à 5 mm).

Lors des opérations de ripage mettant en œuvre des dispositifs de roulement tels que des rouleaux, galets, rouleurs Express ou chariots, un système de guidage indépendant de ces dispositifs doit être prévu.

La mise en œuvre d'un dispositif de guidage tel qu'évoqué dans le présent article peut s'avérer peu compatible avec certains procédés de ripage. Dans ce cas il convient de mettre en place un dispositif probant et efficace permettant – à tout moment de l'opération de ripage – de replacer l'ouvrage dans sa trajectoire si nécessaire. Ce dispositif de correction doit être conçu suffisamment tôt pour être opérationnel avant l'essai de ripage et pour que l'ouvrage définitif soit réalisé de manière à être capable de supporter

les éventuelles sollicitations supplémentaires qui pourraient être générées lors de la correction.

4.8.6. Tolérances de géométrie des chemins de ripage

Sauf prescriptions particulières au marché, les tolérances suivantes sont applicables à la géométrie des chemins de ripage.

Tableau 12 - Tolérances géométriques de nivellement des chemins de ripage, à la pose

Mode de translation	Tolérance sur nivellement du plan de roulement ou glissement
Roulement	- défaut maximum : +/- 1 mm par rapport au nivellement théorique - la demi-longueur d'onde du défaut ne doit pas être inférieure à 3 m.
Glissement sur graisse ou sur PTFE	- défaut maximum : +/- 2,5 mm par rapport au nivellement théorique - la demi-longueur d'onde du défaut ne doit pas être inférieure à 3 m.
Glissement sur coussins d'air	défaut maximum : +/- 1 mm mesuré à la règle de 3 m
Glissement sur le terrain ⁽¹⁾	voir article 4.9

Tableau 13 - Tolérances géométriques en plan des chemins de guidage, à la pose

Dispositif	Tolérance sur tracé en plan des chemins de guidage
Guidage intégré au chemin de ripage (cas des rails par exemple)	tolérance maximale en alignement : +/- 2 mm par rapport à l'alignement théorique
Guidage réparti sur plusieurs lignes d'appui	tolérance sur parallélisme des lignes de ripage : +/- 2 mm par rapport à l'écartement théorique
Glissement sur le terrain ⁽¹⁾	voir article 4.9

Commentaire

⁽¹⁾ Pour les tolérances d'implantation définitive applicables aux ouvrages complets mis en place par déplacement sur le sol, il y a lieu, sauf indication contraire du marché, de se référer à l'article 4.9.2, quelle que soit la méthodologie de roulement ou glissement sur sol.

4.8.7. Réception des chemins de ripage

La réception d'un chemin de ripage doit faire l'objet d'une fiche de contrôle, qui est la formalisation de l'accord entre tous les intervenants sur la qualité du chemin de ripage et sur son adéquation avec le système de ripage. Les points suivants, au minimum, sont à vérifier :

- la stabilité des appuis de ripage,
- la continuité du chemin de ripage,
- la qualité du chemin de ripage (absence d'angles vifs, meulage de soudures, absence de joints,...),

- la géométrie du chemin de ripage (planéité, parallélisme,...). Les tolérances de géométrie doivent figurer dans la procédure de mise en place du chemin de ripage, et le C.O.P. doit s'assurer que ces tolérances sont compatibles avec le système de ripage.

4.8.8. Conditions d'exécution vis-à-vis de l'exploitation ferroviaire

Les translations d'ouvrages ainsi que les opérations de vérinage associées sont réalisées sous interception des voies à proximité et consignation caténaire.

4.9. Opérations de ripage de structures par glissement sur le terrain

4.9.1. Glissement sur le terrain - généralités

Quels qu'ils soient, les procédés de mise en place par glissement sur le terrain avec ou sans fonçage doivent satisfaire :

- aux exigences du présent Livret (justifications et dispositions constructives⁽¹⁾ notamment celles des chapitres 4.6, 4.8, 4.9),
- et, le cas échéant, aux exigences particulières du marché.

Commentaire

⁽¹⁾ *La validité des règles de calcul et des coefficients de sécurité prescrits au chapitre 3 du présent Livret suppose que soient également prises en compte les exigences du chapitre 4 relatives aux dispositions constructives, au contrôle de la qualité d'exécution et au suivi en temps réel du déplacement de l'ouvrage.*

Dans le cas où certaines de ces exigences ne seraient pas adaptées à un procédé particulier non évoqué dans le présent Livret, l'Entrepreneur devra proposer des dispositions offrant des garanties - de résultats notamment - au moins équivalentes à celles découlant de l'application du Livret.

Le Maître d'Œuvre se réserve le droit de refuser tout procédé, variante de procédé ou disposition pour lequel (ou laquelle) les preuves de garantie d'équivalence ne seraient pas apportées par l'Entrepreneur vis-à-vis :

- de la qualité des ouvrages provisoires et de l'ouvrage définitif (matériaux, tolérances de réalisation et de positionnement final par exemple),
- et des conditions de bon déroulement de la mise en place de l'ouvrage (durée des opérations et pertinence/efficacité des moyens de secours, assurance de la régularité et de la sécurité de l'exploitation, sécurité des tiers, respect des exigences environnementales, ...).

Lubrification : Dans tous les cas, une lubrification doit être assurée sur toutes les surfaces en contact avec le terrain, que celles-ci soient horizontales, verticales ou inclinées.

Fonçage sous voies exploitées : Le fonçage sous voies exploitées n'est envisageable que si ces dernières sont supportées par des dispositifs rigides de type tabliers auxiliaires, appuyés sur des camarteaux dont les fondations présentent toutes les garanties de résistance et de stabilité.

4.9.2. Implantation et nivellement de l'ouvrage

L'ouvrage est implanté en X, Y et Z à partir des données d'implantation figurant sur les dessins joints au marché.

L'implantation du radier de guidage est définie sur le plan de préfabrication du cadre. L'Entrepreneur dispose, à proximité de l'ouvrage, un ou plusieurs repères de nivellement, servant de base aux opérations de nivellement.

Dans le silence du marché, la tolérance de positionnement de l'ouvrage définitif est de +/- 5cm dans les trois directions X, Y et Z. Cette tolérance est à prendre en compte, en amont des études, dans la géométrie de l'ouvrage : hauteur libre, épaisseur de recouvrement (ballast, corps de chaussée,...), ouverture (position des piédroits par rapport au tracé).

4.9.3. Terrassements - Assainissement

4.9.3.1. Terrassements - généralités

Les terrassements ne sont autorisés par le Maître d'Œuvre que lorsqu'un système d'évacuation et/ou de drainage des eaux a été défini et accepté. En aucun cas, il ne peut être autorisé de laisser de l'eau stagner en pied de talus ferroviaire. La continuité des éventuels fossés doit être assurée.

Afin de préfabriquer l'ouvrage le plus près possible de son emplacement définitif et de limiter la longueur à riper, il peut être envisagé - à condition de ne pas déconsolider l'assise de la plateforme ferroviaire - de pré-terrasser les talus. Dans ce cas des précautions sont à prendre ; notamment :

- l'arrachage des éventuels arbres ou arbustes et le dessouchage sont proscrits ; seule la coupe est autorisée ;
- les talus fraîchement terrassés doivent être revêtus de polyane.
- l'Entrepreneur doit justifier la stabilité du profil de terrassement (voir art. 3.7.10) par une étude géotechnique de stabilité des talus, en tenant compte - le cas échéant - de la nécessité de maintenir, au droit du chantier, la continuité de la piste permettant la circulation du personnel.

4.9.3.2. Terrassements pour réalisation du radier de préfabrication

Les terrassements nécessaires à la réalisation du radier de préfabrication sont exécutés juste avant le coulage du béton de propreté du radier afin d'éviter les dégradations du fond de fouille sous l'effet des intempéries et de la circulation des engins de chantier.

Les bèches doivent être coulées à pleine fouille. En alternative il peut être envisagé de les coffrer sous réserve de procéder au remblaiement (confinement) au moyen de grave traitée à 3% de ciment et méthodiquement compactée. A noter que les coffrages type "coffrages perdus" sont proscrits.

4.9.3.3. Assainissement

Un réseau d'assainissement doit être mis en œuvre, dès le début des travaux de terrassement, sur toute la périphérie du radier de préfabrication, de manière à évacuer les eaux de pluie et les eaux de ruissellement des talus vers l'arrière du radier.

Cet assainissement périphérique du radier de guidage doit être particulièrement soigné afin d'éviter toute stagnation d'eau à l'avant et sur les côtés ; ce phénomène pourrait en-

traîner une réduction de la butée et de la portance escomptées du terrain, et donc un accroissement du risque d'aléa lors du ripage. L'assainissement doit être opérationnel jusqu'à la date de la mise en place.

4.9.4. Construction du radier de guidage et du massif d'ancrage

L'efficacité et la qualité de la mise en place de la structure dépendent en grande partie de la qualité d'exécution et d'implantation du radier de guidage.

Le radier de guidage est implanté en X, Y et Z conformément aux dispositions du plan d'implantation visé par le Maître d'Œuvre.

Ce radier fait l'objet d'une étude d'exécution détaillée : plans de coffrage et de ferrailage, note de calculs justificative (stabilité au glissement et résistance),...

Le blocage du radier de guidage est assuré par une ou plusieurs bèches, complétées ou remplacées par un massif de butée réalisé à l'arrière de ce radier. Dans le sens transversal (perpendiculairement à la direction du déplacement), des butées assurent le blocage du radier de guidage.

Les tolérances de réalisation sont les suivantes :

- Après coulage et talochage à la règle vibrante avec adjonction d'un produit de lissage, la surface du radier de guidage ne doit pas présenter de creux ou de bosses d'amplitude supérieure à 3 mm à la règle de 3 m.
- Les tolérances de planéité du radier de préfabrication, telles qu'indiquées par l'IG 06033, sont complétées par la règle suivante : les creux et les bosses doivent avoir une amplitude inférieure à 8 mm sur une base de 20 m. Les hors tolérances sont à ragréer avec soin en mortier sans retrait.
- Le radier à proprement parler est implanté suivant les tolérances courantes; par contre le dispositif de guidage est à réaliser avec une grande précision. Le défaut de parallélisme entre chaque guide ne doit pas dépasser 3mm, et l'alignement de chaque guide ne doit pas présenter de variation supérieure à +/-1.5 mm par rapport à l'alignement théorique. La distance entre les guides placés à l'avant du radier ne doit pas être inférieure à la distance entre les guides situés à l'arrière, ceci pour éviter tout risque d'effet de coin.

La vérification de l'implantation de l'axe de l'ouvrage, du parallélisme, de la rectitude et de l'alignement des guidages, de la planéité et de l'état de surface et du nivellement du radier constituent des points d'arrêt dans la procédure du contrôle.

4.9.5. Construction de l'ouvrage définitif sur le site

L'ouvrage est construit sur le radier de préfabrication et de guidage.

4.9.5.1. Exécution du radier de l'ouvrage définitif

La construction de l'ouvrage définitif sur son radier de préfabrication et guidage ne peut commencer qu'après réception de ce dernier (résistance et stabilité, géométrie et état de surface,...) : l'Entrepreneur chargé de l'opération de déplacement proprement dite doit en effet se prononcer sur la qualité du support livré par l'entreprise chargée de l'exécution du radier de préfabrication et guidage ainsi que sur la compatibilité de ce radier avec le procédé de ripage.

Si le procédé ou en particulier le système de lubrification requiert la mise en place d'éléments à l'interface entre les radiers (éléments métalliques ou autres), les mesures

nécessaires doivent être prises pour s'assurer de la bonne tenue de ces éléments tant pendant les opérations de bétonnage que durant les opérations de déplacement.

L'Entrepreneur doit proposer les dispositions propres à :

- limiter l'effet de blocage, par le terrain, à l'avant du radier de l'ouvrage (et donc à limiter la résistance à l'avancement) ;
- permettre les manœuvres de correction de trajectoire dans le plan vertical.

Ces dispositions portent notamment sur la géométrie de la partie avant de l'ouvrage et, le cas échéant, sur les équipements spécifiques liés au procédé.

Au droit des inserts liés au procédé de ripage (inserts nécessaires pour la lubrification, inserts liés au système moteur,...), l'enrobage des armatures résistantes de la structure doit être au moins de 1,7 cm.

L'injection de tous ces inserts est exigée en situation finale.

Quelle que soit la valeur de la contrainte de cisaillement dans le radier de l'ouvrage définitif, des armatures d'effort tranchant sont à mettre en place (ferraillage minimal).

Des éléments de structures complémentaires ou des renforts de l'ouvrage peuvent être nécessaires en fonction du procédé de ripage, et notamment en fonction des spécificités du système moteur (câbles, vérins de poussée,...). En ce qui concerne les éventuels renforts et avant-becs qui doivent être démolis en situation définitive, la conception doit prendre en compte les contraintes correspondantes; en particulier un ferraillage de fermeture des parties en béton armé conservées doit être prévu.

4.9.5.2. Fonçage dans le terrain

Lorsque l'opération de ripage par glissement sur le terrain comporte un fonçage, des avant-becs de forme triangulaire - solidaires de la structure définitive - sont implantés dans le prolongement des piédroits. Ils ont pour fonction de maintenir le terrain en place dans le sens transversal par rapport au déplacement, tout en « découpant » ce terrain au fur et à mesure de l'avancement, sans toutefois procéder à un terrassement préalable au droit, précisément, de ces avant-becs.

4.9.6. Dispositif moteur

Les matériels, câbles, fluides, carburants, lubrifiants, etc..., font l'objet d'une description détaillée au chapitre "moyens spécifiques" de la procédure établie par l'Entrepreneur. Ils doivent garantir la vitesse d'avancement prévue au programme d'exécution.

Le système moteur doit comporter des dispositifs de limitation des efforts permettant de garantir que la résistance globale de la « chaîne » (câbles, flexibles hydrauliques, l'ouvrage lui-même,...) ne sera pas dépassée et qu'aucun des éléments constitutifs ne sera endommagé.

4.9.7. Dispositif de retenue

La mise en œuvre d'un système de butée ou de blocage de l'ouvrage est impérative dans le cas où le ripage se fait en descendant selon une pente supérieure ou égale à 5 %. Dans certains cas (sol argileux et pente importante), un système de retenue est à réaliser.

L'étude du dispositif de retenue est à fournir et à soumettre à l'accord du Maître d'Œuvre.

4.9.8. Lubrification

La procédure de ripage doit comporter la composition du lubrifiant proposé (coulis à base de bentonite ou autre produit d'efficacité au moins équivalente) ainsi que ses modalités de mise en œuvre.

Le système de lubrification, muni d'injecteurs et d'évents, doit être conçu pour être :

- protégé pendant la construction de l'ouvrage et pendant le déplacement,
- étanche pendant toute la durée du déplacement.

Le système de lubrification peut être mis à profit pour faciliter le « décollage » de l'ouvrage sur le radier de préfabrication.

4.9.9. Mesure de la position de l'ouvrage en cours de ripage

4.9.9.1. Contrôle de la trajectoire de la structure en niveau

Un dispositif de suivi des éventuels mouvements ascendants ou descendants de l'ouvrage est impérativement mis en place. Il consiste en une instrumentation (laser, Théodolite, lever de précision effectué par un géomètre,...) qui permet à l'Entrepreneur d'établir - dans le respect du planning de l'opération - un graphique précis de progression de l'ouvrage (tracé de la trajectoire réelle) permettant à la fois de situer à tout moment la position exacte de l'ouvrage dans le plan vertical et de régler la hauteur de la revanche de sol à l'avant du radier⁽¹⁾.

Deux points de mesure (cibles ou traceurs) sont à prévoir sur des parties non déformables de chaque piédroit. Pour chaque point de mesure il est établi une courbe que l'on peut comparer aux autres courbes et au nivellement théorique. La comparaison des différentes courbes permet de détecter les tendances à monter ou à descendre.

La précision des mesures est de 0,1 mm/m. Les mesures sont faites tous les 50 cm d'avancement de l'ouvrage.

L'analyse permanente des courbes, en permettant en temps réel les corrections à apporter à la trajectoire (par rapport à la trajectoire théorique), constitue une aide essentielle à la « conduite » de l'ouvrage.

4.9.9.2. Contrôle de la position de la structure en plan

Les dispositifs de contrôle suivants sont à mettre en œuvre :

- télémètres laser et cibles⁽¹⁾ ;
- ensemble constitué de double-décamètres (ou de roues métriques) disposés de part et d'autre de l'ouvrage. Leur mesure directe par des caméras fixées sur l'ouvrage à déplacer doit fournir les indications utiles sur :
 - ❖ la distance restant à parcourir sur chaque côté de l'ouvrage (ce système permet de détecter une éventuelle rotation de l'ouvrage autour d'un axe vertical.),
 - ❖ l'avancement parallèle de l'ouvrage,
 - ❖ une éventuelle déviation latérale de la trajectoire de l'ouvrage.

Il est exigé un système de lecture de ces indications comportant des caméras de télévision avec écran de contrôle sur le poste de commande du système moteur (pompes hydrauliques par exemple).

Les modèles de fiches de contrôle et de correction du positionnement doivent indiquer de façon précise les diverses lectures et mesures à réaliser. Leur interprétation doit être portée sur ces mêmes fiches.

La procédure de ripage doit fixer l'écart maximal admissible entre les valeurs mesurées sur les deux double-décamètres. La valeur maximale de cet écart est fonction de la géométrie de l'ouvrage, des jeux du système de guidage, de la résistance de ce dernier et des tolérances de mise en place.

Commentaire

(1) Les instruments de mesures (télémètres, théodolites, ...) doivent être installés sur des supports stables placés dans des zones ne subissant pas de déplacement induit par le mouvement de l'ouvrage, afin d'éviter que les mesures soient faussées.

4.9.10. Enregistrement des efforts moteurs

Un suivi continu des pressions dans les vérins, avec enregistrement automatique sur bande, est obligatoire tout au long de l'essai préalable de ripage, puis durant toute l'opération de ripage proprement dite. L'enregistrement est communiqué au Maître d'Œuvre.

4.9.11. Essai de pré-ripage

A la première mise en charge du système moteur (essai réalisé au plus tard 48 h avant le démarrage de l'intervalle d'interruption des circulations dédié à l'opération de translation), pour parvenir au « décollage » de l'ouvrage, il convient de ne pas dépasser une pression maximale dont la valeur est à fixer dans la procédure de ripage.

4.9.12. Ripage proprement dit

Le dégagement devant le radier et les piédroits est réalisé à la pelle hydraulique équipée d'un godet curage sans dent.

Les contrôles en niveau et en plan sont réalisés en continu pendant toute la durée du ripage. L'avancement symétrique des 2 côtés du cadre est contrôlé en permanence; les valeurs sont mesurées et reportées sur les fiches de contrôle.

La fiche de correction de positionnement indique les mesures à prendre en cas de constatation d'un défaut.

L'attention de l'Entreprise est attirée sur les points suivants :

- Il est important d'apporter soin et précision à la réalisation des tous premiers mètres du déplacement de la structure.
- Un défaut s'entend dès l'apparition d'un écart par rapport une position théorique.
- Les opérations de correction du positionnement doivent être impérativement entreprises immédiatement après la constatation de l'écart entre la position mesurée et la position prévue sur la procédure travaux ; l'avancement ne peut être poursuivi qu'après correction du défaut.

Les principales mesures de correction de positionnement sont de 2 types :

- Action sur le système moteur, se traduisant par une différence de pression d'un vérin à l'autre (correction de trajectoire en plan),

- Adaptation, à l'avant du radier, de la hauteur de la revanche (couche de terrain d'épaisseur 0 à 10 cm), en fonction de la nature et l'état du terrain, des conditions de terrassement, ou de la tendance à la levée ou à la descente de l'avant de la structure. Une attention particulière est à porter lorsque le radier de préfabrication est sur fondation profondes : dans ce cas, lorsque le centre de gravité de l'ouvrage sort du radier, il peut avoir tendance à plonger et la revanche à l'avant doit être majorée pour compenser cette déviation de trajectoire. La procédure de terrassement définit les valeurs à considérer suivant différentes hypothèses sur la valeur numérique de la raideur verticale du terrain.

Ces mesures de correction doivent être mises en œuvre dès le démarrage de l'opération, et réalisées de manière continue, de manière à permettre à temps la correction de la quasi-totalité des défauts de trajectoire.

La mise en œuvre "permanente" ou récurrente d'une action de correction (exemple : action sur les câbles ou des vérins) peut résulter de la survenance répétée du même défaut.

4.9.13. Ouvrage en position définitive

A l'issue de l'opération de ripage, un coulis de ciment - destiné à assurer la liaison sol/radier - est injecté sous le radier de l'ouvrage (et autres parties d'ouvrage en contact avec le sol le cas échéant). Ce coulis, qui se substitue au lubrifiant, est destiné à combler tous vides et inserts éventuels laissés sous le radier, à renforcer les terrains superficiels éventuellement remaniés et - le cas échéant - à protéger de la corrosion les profilés d'injection.

Cette opération d'injection doit être réalisée immédiatement après le ripage.

Le rétablissement des circulations ferroviaires ne peut être autorisé qu'à l'issue de cette opération d'injection.

Certains ouvrages en cadres à travées simples ou multiples comportent des travées supplémentaires dont les piédroits d'extrémité sont inclinés. Ce procédé de construction implique l'injection ou le comblement des vides résiduels entre la structure (piédroits inclinés) et le terrain en place ; ces travaux d'injection ou de comblement sont réalisés durant l'interception de circulation ferroviaire nécessaire à l'opération de mise en place du cadre.

La stabilité de la plate-forme ferroviaire aux extrémités de l'ouvrage doit être assurée avant le rétablissement des circulations ferroviaires; les talus définitifs en quarts de cônes sont réalisés suivant des plans d'exécution définissant la géométrie complète de la tête et du pied des talus.

Des opérations de remblaiement destinées à rétablir des pentes à 3/2 peuvent s'avérer indispensables avant la mise en service de l'ouvrage.

4.10. Opérations de poussage de tabliers en béton précontraint

(Réservé).

4.11. Construction de tabliers par encorbellements successifs

4.11.1. Géométrie du tablier

Pour obtenir une géométrie du tablier aussi proche que possible de la géométrie théorique, compte tenu de la fiabilité des calculs, il est nécessaire de s'assurer de la meilleure connaissance possible des sollicitations.

Les dispositions suivantes doivent être mises en œuvre :

- La déformation de l'équipage mobile sous le poids du béton mou est contrôlée par des mesures.
- Les déformations du fléau sous l'action de la précontrainte sont systématiquement contrôlées par des mesures de nivellement pour tenir compte des corrections à apporter au calcul.
- Les déformations sous l'action du gradient thermique sont appréciées au mieux au moyen de mesures de nivellement en corrélation avec des mesures de température prises dans le béton.

4.11.2. Fixation du fléau sur la pile

Les ancrages des câbles de bridage du fléau sur la pile doivent être positionnés sur l'extrados du tablier. L'ancrage de câbles au niveau de la partie inférieure de l'entretoise n'est pas admis.

L'ancrage des câbles de bridage doit être conçu et réalisé de manière à ce qu'ils puissent être détendus au moyen des vérins ayant été utilisés pour leur mise en tension.

Il n'est pas admis de couper les câbles au chalumeau.

4.11.3. Contrôle des réactions d'appui

Si le fléau est construit sur des appuis provisoires ou s'il est nécessaire de le vériner pour libérer ces appuis provisoires, il convient de munir les vérins de manomètres de manière à pouvoir contrôler les réactions d'appui. Les vérins doivent être étalonnés.

4.11.4. Clavage

Les principaux efforts auxquels sont soumis les voussoirs de clavage sont des efforts dus aux gradients thermiques.

Les dispositions suivantes sont à mettre en œuvre :

- Procéder au bétonnage de ce voussoir dans une période de la journée où le durcissement du béton peut se faire avec un minimum de gradient thermique.
- Procéder à la mise en précontrainte le plus tôt possible (entre 12 et 20 h après bétonnage) du fait des faibles contraintes développées dans ce voussoir. D'un point de vue pratique, il y a lieu de couler ce voussoir en fin d'après-midi, laisser la prise se faire pendant la nuit, et mettre en œuvre la précontrainte le matin.
- Après clavage du voussoir, libérer l'encastrement le plus tôt possible.
- Dans le cas où le fléau et la partie de tablier déjà construite ne sont pas alignés, procéder au réaligement des deux parties soit par vérinage de la partie déjà réalisée soit par vérinage du fléau.

Si l'Entrepreneur propose d'aligner les deux parties par développement d'efforts dans l'une ou l'autre des parties du tablier, il doit demander l'accord du Maître d'Œuvre et apporter toutes les justifications sur la valeur des efforts à prendre en compte et leur contrôle.

4.12. Opérations de vérinage

4.12.1. Dispositions générales

L'assise des vérins (constituée soit d'appuis provisoires soit d'appuis définitifs), comme les calages, doit offrir toutes garanties de résistance et de stabilité non seulement vis à vis des charges verticales, mais aussi vis à vis des efforts horizontaux.

La stabilité des vérins vis à vis des efforts horizontaux ou des déformations imposées à la structure portée, notamment celles d'origine thermique, doit être assurée. Au besoin les têtes de vérins sont équipées d'appareils d'appui glissants.

Les vérins doivent disposer d'écrous de sécurité ou de systèmes de clapet anti-retour. Alternativement et si la géométrie le permet, des calages métalliques sont disposés ou retirés au fur et à mesure du déplacement vertical.

Les vérins doivent être asservis de manière à ce que les déplacements n'excèdent pas les valeurs prévues dans la procédure.

L'Entrepreneur doit prévoir l'approvisionnement de matériels de secours (vérins, flexibles, pompe ou centrale hydraulique) conformément à l'article 2.2.4 du présent Livret.

4.12.2. Contrôles pendant l'opération

Les mouvements sont réalisés de manière synchronisée, ou par passes successives dont la valeur tient compte de la capacité des matériels et de la souplesse de la structure ⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ *A titre d'exemple, les descentes sur appuis des tabliers métalliques se font généralement par passes de 10 à 20cm.*

Les déplacements verticaux au sein d'une même ligne d'appui et entre les différentes lignes d'appuis, sont suivis à l'aide de comparateurs et comparés aux valeurs limites évaluées conformément à l'article 3.8.4.2.

Les pressions sont contrôlées à l'aide de manomètres. Ils doivent être installés sur les vérins eux-mêmes si les flexibles sont longs, et étalonnés avant l'opération.

4.12.3. Conditions d'exécution vis-à-vis de l'exploitation ferroviaire

Les opérations de vérinage sont réalisées sous interception des voies ferrées portées et des voies franchies, et consignation caténaire de voies franchies le cas échéant.

4.13. Appui de camarteaux supports de T.A. ⁽¹⁾ en crête de talus ⁽²⁾

Commentaires

⁽¹⁾ *T.A. : Tablier Auxiliaire*

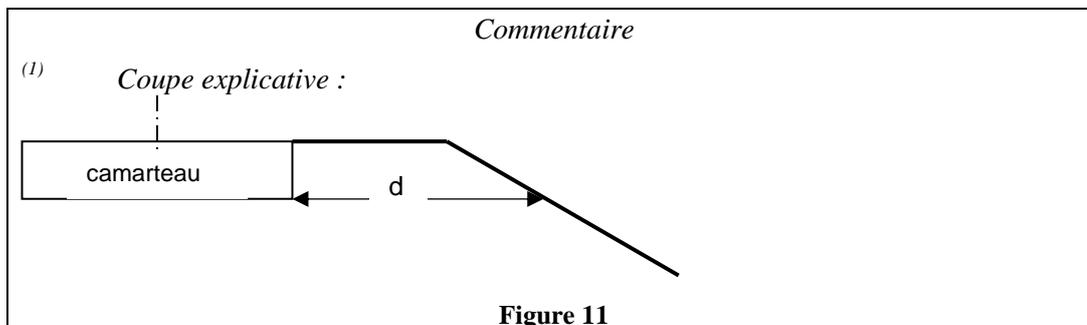
⁽²⁾ *Il y a lieu de se reporter à l'article 8.3. de l'IN 01265 « Matériel de ponts provisoires » pour plus d'informations.*

4.13.1. Distance camarteau / talus

La distance ⁽¹⁾ mesurée dans le plan de la sous face du camarteau, entre la face avant de ce dernier et la crête de talus, est égale à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- 2 m (cas des fondations superficielles) ou 1 m (cas des fondations profondes) ;
- distance résultant du calcul.

La cote d est mesurée perpendiculairement à la ligne de crête du talus.



4.13.2. Pente du talus

La pente qui pourra être donnée au talus n'est pas une donnée intrinsèque des terrains ; elle dépend de nombreux paramètres :

- la nature des terrains,
- la proximité du camarteau,
- la charge amenée par ce dernier,
- la profondeur du déblai ou la hauteur de la plateforme ferroviaire existante,
- la présence de l'eau,
- la protection de surface qu'il recevra, etc.

4.13.3. Protection du talus

La protection du talus contre les intempéries influe fortement sur la sécurité de l'ouvrage.

Cette protection a pour but d'éviter les ravinements lors des fortes précipitations et de confiner les sols pour conserver, autant que possible, leur cohésion.

La meilleure protection consiste en un revêtement en béton projeté, dans lequel sont placées des barbacanes (un tube PVC Φ 50 mm tous les 3 m²). Ce dispositif, très efficace et ne demandant aucun entretien en cours de chantier, présente l'avantage de permettre la mise en évidence, par sa fissuration, d'un éventuel processus de rupture du talus.

La protection au moyen d'un film de polyane est également envisageable, pour des terrains peu sensibles aux intempéries (sols non argileux) ; ce dispositif apporte des garanties moindres de protection.

4.13.4. Rabattement de nappe

Un rabattement de nappe sous des camarteaux ⁽¹⁾ doit être conçu et réalisé avec beaucoup d'attention. Il est impératif de veiller notamment :

- à son impact sur l'environnement (du fait des tassements),
- au fait qu'il peut nécessiter les procédures d'autorisation ou de déclaration au titre de la Loi sur l'eau,
- à la définition de mesures de sécurité prenant en compte la possible défaillance des installations réalisant le rabattement (la remontée de la nappe est de nature à déstabiliser le talus ou la fondation).

Commentaire

⁽¹⁾ *Les études sont nécessairement soumises au Département des Ouvrages d'Art de SNCF Réseau.*

4.13.5. Contrôles de stabilité

Pendant toute la durée d'utilisation des T.A., des contrôles périodiques de stabilité et de nivellement sont à réaliser, pour les appuis (camarteaux et palées le cas échéant), et pour les talus. La fréquence est quotidienne jusqu'à la fin des terrassements, puis hebdomadaire par la suite.

4.14. Exécution et contrôle des constructions métalliques⁽¹⁾

Les constructions métalliques classées en 1^{ère} catégorie ⁽²⁾ sont réalisées et contrôlées conformément aux prescriptions des documents suivants :

- pour les tabliers de pont ferroviaires : IN 00035,
- pour les structures (y compris appaux) : NF EN 1090-2, classe d'exécution EXC3 ou supérieure,
- pour les accessoires (écrans, garde-corps) : NF EN 1090-2, classe d'exécution EXC2 ou supérieure.

Les structures de réemploi n'ayant pas été réalisées selon ces normes peuvent être admises⁽³⁾, sous réserve des points suivants :

- elles sont conformes aux normes d'exécution et de contrôle françaises en vigueur lors de leur construction ⁽⁴⁾,
- toute réparation doit être mentionnée et réalisée suivant la NF EN 1090, classe d'exécution EXC3 ou supérieure ⁽⁴⁾,
- elles sont contrôlées et acceptées selon les dispositions de l'article 2.2.4.1 du présent Livret.

Commentaires

⁽¹⁾ *Le présent article ne concerne que les structures réalisées pour les besoins du chantier.*

⁽²⁾ *Les structures classées en 2^{ème} catégorie sont placées sous la seule responsabilité de l'Entrepreneur.*

⁽³⁾ *En tout état de cause, le réemploi de la boulonnerie est proscrit.*

⁽⁴⁾ *L'Entrepreneur doit disposer d'un dossier de suivi en attestant.*

4.15. « Protections spéciales » pour travaux sur câbles aériens

La conception de protections spéciales en porte-à-faux au-dessus des voies est interdite. En conséquence, les grues et les engins de type "Passe-Câbles® – SMMI-PS" ou « Securyline® – SMMI-PS » disposent d'un pied d'assise du côté opposé des voies franchies par rapport à l'implantation de l'engin⁽¹⁾.

Commentaire

⁽¹⁾ Une fois installés, ces engins fonctionnent comme des portiques lors des phases de travaux sur les câbles aériens, et ils échappent alors aux exigences sur l'absence de survol des grues des articles 4.4.1.2 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et 4.4.1.3 du présent document.

Les opérations de déploiement ou de mise en œuvre et de repliement des protections spéciales ainsi que la mise en tension des câbles franchissant les voies sont réalisées sous interceptions des circulations ferroviaires et consignation des installations électriques de traction.

De même, les épreuves en charge ne peuvent être réalisées qu'en dehors des périodes de circulations des trains et sous consignation des installations électriques de traction.

Cependant, il est autorisé de réaliser les opérations de **remplacement des câbles par Déroulage Sous Tension Mécanique (DSTM)**⁽¹⁾ ou de **reprise d'efforts sur conducteurs**, sans interception de circulations ni consignation caténaire des installations électriques de traction si toutes les conditions suivantes sont réunies :

- Protection intégrale de la zone dangereuse ferroviaire au moyen d'une protection spéciale (notamment en cas de biais des câbles électriques). La largeur à couvrir⁽²⁾ s'étend de part et d'autre du câble sur une distance de 5% de sa hauteur h maximale au-dessus de la protection, augmentée d'un mètre soit $2 \times (0,05 \times h + 1 \text{ m})$, en tenant compte du biais le cas échéant⁽³⁾,
- Vérification de la résistance et de la stabilité de la protection spéciale sous l'effet des charges de service, ainsi que des charges de vent réglementaires (y compris vérification des appuis au sol et du haubanage),
- Présence d'un filet de protection⁽⁴⁾, hormis si l'intervalle entre deux points d'appui du câble est inférieur à la distance entre la protection spéciale et la zone dangereuse la plus proche ($e \leq h$),
- Stabilisation par haubanage (ou système équivalent) de la protection spéciale afin d'assurer sa tenue en position de surplomb des voies. La stabilité de l'ouvrage doit être assurée en toutes circonstances,

La réalisation conjointe d'autres opérations ou le non-respect d'une de ces exigences entraîne la nécessité d'interruption des circulations ferroviaires et consignation des installations électriques de traction pour réaliser les travaux.

Commentaire

(1) Le déroulage des câbles sous tension mécanique est une méthode de déroulage des câbles qui permet d'assurer une certaine tension (faible) en permanence dans le câble afin d'assurer qu'il ne se pose pas sur les obstacles entre deux points d'appui (pylônes). La tension dans le câble est contrôlée en continu, et assurée par son ancrage à une enrouleuse (treuil + enregistrement de tension) et une freineuse à ses extrémités.

(2) Représentation de la largeur à couvrir :

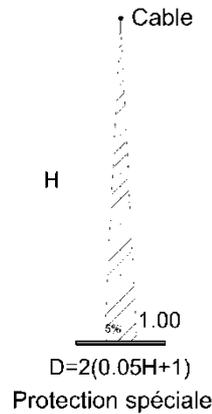


Figure 12

(3) Représentation en plan de la zone à protéger en fonction du biais de franchissement du câble :

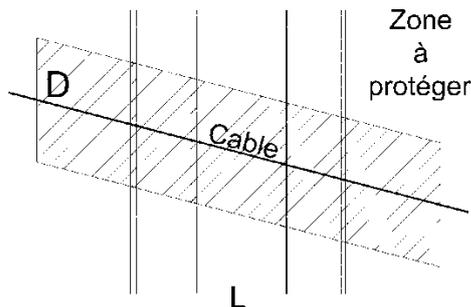


Figure 13

(4) Illustration de la zone dangereuse et condition géométrique nécessitant un filet complémentaire : $e \geq h$

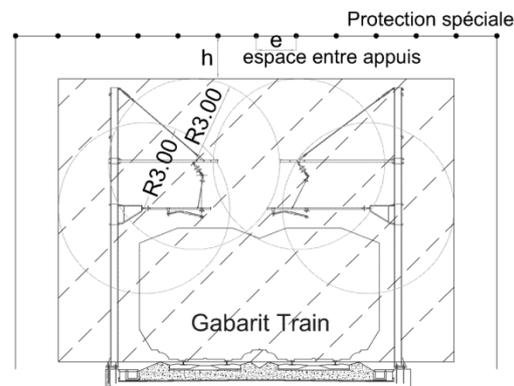


Figure 14

COPIE non tenue à jour du 18/09/2023

Annexe 1. Constitution d'une demande d'autorisation spéciale de survol

Une demande d'autorisation spéciale de survol se compose de deux volets distincts. Le premier volet doit justifier l'impérieuse nécessité d'implanter la grue dans cette zone proche des voies circulées. Le second volet doit décrire l'engagement du demandeur à respecter les règles décrites dans le chapitre 4.4.1.3.3.

1 Volet 1

Cette justification s'appuie sur une note accompagnée d'un plan (à l'échelle 1/500e ou supérieure), comprenant vue en plan et coupes, reprenant :

- Le contour du chantier,
- L'implantation de la construction,
- Les voies ferrées circulées,
- Les installations électriques sous tension,
- L'emplacement envisagé pour la grue,
- Le contour à l'échelle de l'aire survolée par la flèche et la contreflèche de la grue. Dans le cas de grue sur rails, les enveloppes maximales devront apparaître clairement.
- L'aire de travail de la grue sectorisée,
- Le cas échéant : l'implantation des grues des chantiers voisins dont les aires d'évolution peuvent recouper celles de la grue.
- Le cas échéant, l'impérieuse nécessité de survol par la contreflèche doit elle aussi être justifiée.

2 Volet 2

Le second volet reprend point par point les mesures exigées aux chapitres 4.4.1.3.2 et 4.4.1.3.3 en décrivant de quelle manière elles sont remplies.

Ce document comporte en annexe une lettre de synthèse de validation sans réserve pour les missions M1, M2, M2C et le cas échéant, MF, émanant d'un organisme accrédité dans le domaine du Contrôle Technique de la Construction.

COPIE non tenue à jour du 18/09/2023

Fiche d'identification

Identification du texte

Titre	Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction
Référentiel	Référentiel Ingénierie
Nature du texte Niveau de confidentialité	Règle Ouvert Epic
Sécurité	Sécurité de l'Exploitation Ferroviaire
Émetteur	I&P OA
Référence Index utilisateur (plan de classement) Complément à l'index utilisateur Ancienne référence	IG90033 (AG 4 A) IN00033
Date d'édition	02-01-2018
Version en cours / date	Version 01 du 02-01-2018
Date d'application	Applicable à partir du 15-01-2018
Mode de distribution initiale	Standard

Approbation

Cliquez sur les mots en rouge et entrez vos infos. (Texte à effacer)

Rédacteur		Vérificateur	
GUILLAUME GARNIER I&P OA.SEP	01-12-2017	BERNARD PLU I&P OA	01-12-2017
Approbateur		Administrateur	
THOMAS JOINDOT DIRECTEUR TECHNIQUE I&P IGT	02-01-2018		

Textes de référence (Textes Pères)

Voir article 1.1

Textes interdépendants

Voir article 1.1

Textes remplacés

IN 00033, Edition du 29/05/2006, Version 1, *Procédure*, Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction.

Textes abrogés

NLD 0359, *Lettre directive*, Utilisation des grues à tour aux abords des voies ferrées circulées, dont les dispositions sont intégrées au présent référentiel.

Historique des éditions et des versions

<i>Edition</i>	<i>Version</i>	<i>Date de version</i>	<i>Date d'application</i>
05-1995	Version 01 (sous la réf. IN00033)	01-01-1995	Dés réception
29-05-2006	Version 01 (sous la réf. IN00033)	29-05-2006	Dés réception
02-01-2018	Version 01	02-01-2018	Applicable à partir du 15-01-2018

Mise à disposition / distribution

Type de média : Intranet / Papier

Distribution

Organismes de la direction de l'entreprise sans distribution par indicatif	I&P IGT, MTMDT, DPF PPP
Organismes de la direction de l'entreprise avec distribution par indicatif	
Entités supra régionales et territoriales	DIIP, MTP
Sièges régionaux	
Établissements	SV, SVQS, SVO , SVITX , SV99 , SV10
Organismes rattachés	UFVOIE, ESCI, UDI, CIDF
Collections individuelles	57, 88, 89
Entités concernées	Toutes.
Entités hors périmètre concernées	
Particularités de distribution	

Services chargés de la distribution

	Nom de l'organisme	Coordonnées
Distribution initiale	Direction déléguée de l'Environnement de travail Pôle Système de Prescription	Répartition, tél. : 38 49 57 Routage, tél. : 21 82 91 ou 21 82 92 ou 21 82 96
Distribution complémentaire	Prestataire de stockage	Site de commande du prestataire accessible aux seuls gestionnaires de documentation à partir du Système de Prescription

Résumé

Le présent texte définit les règles de conception, réalisation et contrôle des ouvrages provisoires et des opérations de construction concernant le génie civil, les travaux de bâtiment, les terrassements et soutènement ainsi que les traversées des plateformes ferroviaires.

Accompagnement du texte

L'IG90033 s'adresse à l'ensemble des intervenants des opérations de construction d'ouvrages d'art et apparentés, et sous-entend une formation de base dans ce domaine.

Le document est assorti de commentaires destinés à faciliter la compréhension et/ou la mise en application de certaines règles techniques ou organisationnelles.

Sa mise en application ne nécessite aucun dispositif d'accompagnement particulier.

COPIE non tenue à jour du 18/09/2023

Fiche d'observations et d'amélioration IG90033

Afin d'enrichir ce document, les remarques et observations communiquées sont mémorisées pour une prise en compte lors de la prochaine version du document.

COORDONNÉES DE L'ÉMETTEUR DE LA FICHE

Nom : Prénom : Date :

Poste occupé : Organisme :

Adresse :
.....
.....

☎ : 🖨 : @✉ :

OBSERVATIONS

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

SUITES DONNÉES PAR LE SERVICE ÉMETTEUR ET RÉPONSE À L'ÉMETTEUR (Après avis du hiérarchique)

.....
.....
.....
.....
.....

SERVICE GESTIONNAIRE

SNCF RÉSEAU
SIÈGE SNCF RÉSEAU
DJC Organisation Documentation – Pôle PTR
15 /17 rue Jean-Philippe RAMEAU
CS 80001
93418 LA-PLAINE-SAINT-DENIS CEDEX
CRT : PARIS-NORD

@✉ infra.irh-ptr-fch-obs-tr@snf.fr