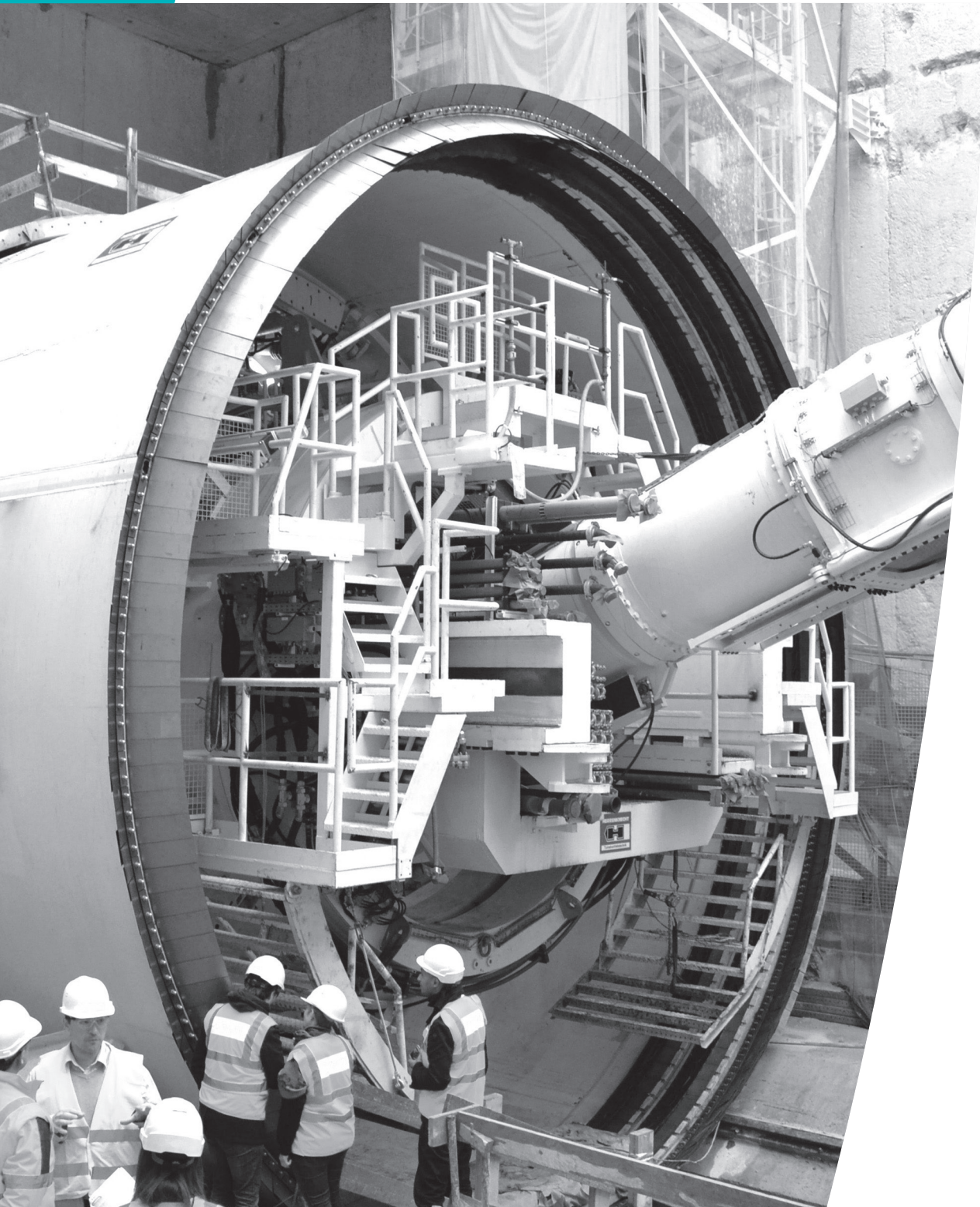


GUIDE D'APPLICATION DU FASCICULE 69 DU CCTG TRAVAUX EN SOUTERRAIN VERSION 2019



AVERTISSEMENT

Les guides sont l'aboutissement de travaux de synthèse, de réflexion méthodologique, de recherche, de retour d'expérience, menés ou commandités par le CETU. Ils ont vocation à servir de référence pour la conception, la réalisation ou l'exploitation des ouvrages souterrains. Comme tout état de l'art à un moment donné, un guide peut toutefois devenir un jour obsolète, soit du fait de l'évolution des techniques ou des réglementations, soit par la mise au point de méthodes plus performantes.

*GUIDE D'APPLICATION
DU FASCICULE 69 DU CCTG
TRAVAUX EN SOUTERRAIN
VERSION 2019*

mai 2019

Centre d'Études des Tunnels

25, avenue François Mitterrand

Case n°1

69674 BRON – France

Tél. 33 (0)4 72 14 34 00

Fax. 33 (0)4 72 14 34 30

cetu@developpement-durable.gouv.fr

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

PRÉAMBULE

Le fascicule 69 du CCTG Travaux relatif aux travaux en souterrain est annexé à l'arrêté interministériel du 28 mai 2018 [1]. Il est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2012.

Le présent guide d'application a pour objectif d'aider à l'élaboration du dossier de consultation des entreprises (DCE) et à la mise au point du marché, en application des principes définis par le fascicule 69. Il attire notamment l'attention sur la nécessaire qualité du DCE, dont dépendra directement la qualité du marché en résultant.

Diffusé par le Centre d'Études des Tunnels (CETU), ce guide version 2019 vient actualiser la première édition parue fin 2013. Il est disponible en téléchargement sur le site internet du CETU (<http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr>), rubrique Documentation.

Afin d'en faciliter la lecture, ce guide rappelle intégralement le texte du fascicule 69 (texte encadré avec bandeau « F69 ») dans lequel sont insérés des renvois numérotés faisant l'objet d'un commentaire.

Les principales modifications par rapport à la première édition portent sur les commentaires relatifs au management des risques et à l'application des nouvelles règles d'achat public.

Ce guide comprend en sus des commentaires au texte du fascicule 69 :

- la présentation du contexte et des objectifs de la révision du fascicule 69, telle qu'elle figurait en préambule du texte du fascicule lors de sa publication en 2012 ;
- une annexe sur la terminologie des risques ;
- une proposition de cadre de registre des risques et de fiche de risque ;
- une proposition de plan type de CCTP ;
- une bibliographie.

Les noms des personnes ayant participé à la rédaction du fascicule 69 puis de son guide d'application version 2013 sont rappelés en annexe.

Cette version 2019 du guide d'application a été rédigée avec la participation des personnes suivantes :

Gilles Hamaide, Catherine Cabut, Florent Robert, Didier Subrin, Odile Vannière – CETU, Daniel Couffignal – Cabinet Clément & Associés, Alain Robert et Frédéric Bultel – Egis Tunnels.

Et pour la relecture :

Michel Deffayet – CETU, Hubert Tournery – Egis, Michel Pré – Setec TPI, Yann Leblais – Arcadis, Elena Chiriotti – INCAS Partners.

Le CETU recevra avec intérêt les observations de chaque utilisateur de ce document. Il est prévu la publication de mises à jour qui intégreront autant que possible les retours d'expérience de l'application du fascicule 69 du CCTG.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	5
LISTE DES ABRÉVIATIONS	9
TITRE I – DISPOSITIONS GÉNÉRALES	11
Chapitre I.1 – Champ d’application	12
Chapitre I.2 – Spécificités des travaux en souterrain	13
Article I.2.1 – Le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique	15
Article I.2.2 – Le plan de management des risques	18
Chapitre I.3 – Organisation de la qualité	26
Article I.3.1 – Plan qualité	26
Article I.3.2 – Contrôle extérieur	30
Chapitre I.4 – Protection de l’environnement	31
Article I.4.1 – Principes généraux d’organisation	31
Article I.4.2 – Protection de l’environnement durant le chantier	32
Chapitre I.5 – Prévention des risques professionnels relatifs à la santé et à la sécurité	33
Article I.5.1 – Principes Généraux de Prévention (PGP)	33
Article I.5.2 – Risques professionnels des travaux souterrains	34
Chapitre I.6 – Documents fournis par le titulaire	34
Article I.6.1 – Programme d’exécution des travaux	35
Article I.6.2 – Les documents d’exécution	35
Article I.6.3 – Le projet des installations de chantier	36
Article I.6.4 – Les documents transcrivant les résultats du contrôle intérieur	37
Article I.6.5 – Les documents fournis après exécution des ouvrages	37
TITRE II – CONCEPTION DES OUVRAGES	39
Chapitre II.1 – Définition des ouvrages	39
Article II.1.1 – Lignes de référence	39
Article II.1.2 – Définition des ouvrages linéaires par profils types	40
Article II.1.3 – Définition des ouvrages singuliers	41
Chapitre II.2 – Tolérances d’implantation	41
Chapitre II.3 – Contraintes en site sensible	41
TITRE III – EXÉCUTION DES TRAVAUX	43
Chapitre III.1 – Préparation du chantier	43
Article III.1.1 – Période de préparation	43
Article III.1.2 – Gestion électronique des documents (GED) d’exécution et des données de suivi des travaux	44
Article III.1.3 – Piquetage	44

Chapitre III.2 – Organisation et pilotage du chantier	45
Article III.2.1 – Rapports journalier et mensuel	45
Article III.2.2 – Pilotage du chantier en conditions normales de creusement	45
Article III.2.3 – Pilotage du chantier en cas d'occurrence d'un événement prévu au PMR	47
Article III.2.4 – Pilotage du chantier en conditions imprévues	48
Chapitre III.3 – Renforcement et traitement des terrains en place	48
Article III.3.1 – Les inclusions rigides longitudinales	49
Article III.3.2 – Traitements spéciaux	50
Chapitre III.4 – Exécution des travaux d'abattage	52
Article III.4.1 – Généralités	52
Article III.4.2 – Reconnaissances à l'avancement	52
Article III.4.3 – Excavation par méthode conventionnelle	53
Article III.4.4 – Excavation au tunnelier	55
Article III.4.5 – Contrôle des vibrations	56
Article III.4.6 – Contrôle des déplacements sur les avoisinants	56
Article III.4.7 – Exécution des déblais en présence de venues d'eau	57
Chapitre III.5 – Soutènement	58
Article III.5.1 – Généralités	58
Article III.5.2 – Obligations du titulaire	58
Article III.5.3 – Prescriptions de mise en œuvre	58
Article III.5.4 – Remplissage des cavités naturelles	58
Article III.5.5 – Responsabilité du titulaire	59
Article III.5.6 – Contrôles qualité des soutènements	59
Chapitre III.6 – Auscultations	59
Chapitre III.7 – Étanchéité	60
Article III.7.1 – Étanchéité avec un revêtement coulé en place	61
Article III.7.2 – Étanchéité avec un revêtement en béton projeté	61
Article III.7.3 – Étanchéité avec un revêtement en voussoirs préfabriqués	61
Chapitre III.8 – Revêtement	62
Article III.8.1 – Généralités	62
Article III.8.2 – Revêtement en béton coulé	62
Article III.8.3 – Revêtement en béton projeté	63
Article III.8.4 – Revêtement en voussoirs préfabriqués	63
Chapitre III.9 – Ouvrages annexes non prévus au marché	63
TITRE IV – CONSISTANCE DES PRESTATIONS ET DÉTERMINATION DES QUANTITÉS	65
Chapitre IV.1 – Installations de chantier	65
Article IV.1.1 – Généralités	65
Article IV.1.2 – Contenu des prestations	65
Article IV.1.3 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	66

Chapitre IV.2 – Réalisation des ouvrages en méthode conventionnelle	66
Article IV.2.1 – Contenu des prestations	66
Article IV.2.2 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	68
Chapitre IV.3 – Réalisation des ouvrages définis par des plans et coupes	70
Article IV.3.1 – Généralités	70
Article IV.3.2 – Contenu des prestations	70
Article IV.3.3 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	70
Chapitre IV.4 – Réalisation des déblais en présence de venues d'eau	71
Article IV.4.1 – Généralités	71
Article IV.4.2 – Contenu des prestations	71
Article IV.4.3 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	71
Chapitre IV.5 – Réalisation des ouvrages au tunnelier	72
Article IV.5.1 – Contenu des prestations	72
Article IV.5.2 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	73
Chapitre IV.6 – Réalisation des renforcements et traitements des terrains en place	73
Article IV.6.1 – Généralités	73
Article IV.6.2 – Contenu des prestations	73
Article IV.6.3 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	74
Chapitre IV.7 – Réalisation des reconnaissances	74
Article IV.7.1 – Généralités	74
Article IV.7.2 – Contenu des prestations	74
Article IV.7.3 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	75
Chapitre IV.8 – Réalisation des auscultations	75
Article IV.8.1 – Généralités	75
Article IV.8.2 – Contenu des prestations	75
Article IV.8.3 – Modalités de prise en compte et mode de rémunération	76
ANNEXE A – PRÉSENTATION DE LA RÉVISION DU FASCICULE 69 EN 2012	77
ANNEXE B – TERMINOLOGIE DES RISQUES	81
ANNEXE C – CADRES DE REGISTRE DES RISQUES ET DE FICHE DE RISQUE	83
ANNEXE D – PLAN TYPE DE CCTP TUNNEL	89
BIBLIOGRAPHIE	91

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AIPR	Autorisation d'Intervention à Proximité des Réseaux
BPU	Bordereau des Prix Unitaires
CCAG	Cahier des Clauses Administratives Générales
CCAP	Cahier des Clauses Administratives Particulières
CCP	Code de la Commande Publique
CCTG	Cahier des Clauses Techniques Générales
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CSPS	Coordination Sécurité et Protection de la Santé
DAJ	Direction des Affaires Juridiques
DE	Détail Estimatif, ou Détail des quantités Estimées
DCE	Dossier de Consultation des Entreprises
DOE	Dossier des Ouvrages Exécutés
DT	Déclaration de projet de Travaux
DICT	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
F69	Fascicule 69 « Travaux en souterrain » du CCTG Travaux
GED	Gestion Electronique des Documents
GEM	Groupe d'Etudes des Marchés
MOA	Maître d'ouvrage
MOE	Maître d'œuvre
MSG	Mémoire de Synthèse Géologique, Hydrogéologique et Géotechnique
NOG	Note d'Organisation Générale
NRE	Notice de Respect de l'Environnement
PGCSPS	Plan Général de Coordination en matière de Sécurité et de Protection de la Santé
PGP	Principes Généraux de Prévention
PMR	Plan de Management des Risques
PPSPS	Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé
PRE	Plan de Respect de l'Environnement
RC	Règlement de Consultation
SDQ	Schéma Directeur de la Qualité
SOPAQ	Schéma d'Organisation du Plan Qualité
SOGED	Schéma d'Organisation et de Gestion des Déchets
SOPRE	Schéma Organisationnel du Plan de Respect de l'Environnement
ZIG	Zone d'Influence Géotechnique

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

F69

Le fascicule n°69 du CCTG Travaux est applicable aux contrats qui y font référence. (1) Certaines clauses du fascicule n°69 du CCTG Travaux ne sont applicables que dans la mesure où le CCAG – Travaux [2] est rendu contractuel. L'article III.1.1 du présent fascicule déroge au CCAG – Travaux. Cette dérogation n'est valable que dans la mesure où elle est mentionnée au CCAP.

(1)

Le présent guide vise les ouvrages souterrains pour lesquels les études de conception réalisées par le maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage permettent d'anticiper la prise en compte des risques avant contractualisation des travaux.

Il a été établi sur la base des règles d'achat public résultant du Code de la Commande Publique [3] créé par l'ordonnance n°2018-1074 du 26 novembre 2018 et le décret n°2018-1075 du 3 décembre 2018 modifié par le décret n°2018-1225 du 24 décembre 2018. Ce texte remplace notamment l'ordonnance n°2015-899 du 23 juillet 2015 [4] et le décret n°2016-360 du 25 mars 2016 [5].

Ce guide peut être utilisé par tout pouvoir adjudicateur ou entité adjudicatrice soumis au Code précité.

La réalisation de travaux est précédée d'une réflexion préalable comme y invite l'article L.2421-1 du Code de la Commande Publique, lorsqu'il exige du maître de l'ouvrage qu'il choisisse « *le processus selon lequel l'ouvrage sera réalisé* ».

Il ne s'agit pas de prévoir les modalités techniques de réalisation des travaux qui relèveront de la maîtrise d'œuvre, mais bien d'anticiper les conditions de réalisation, en particulier le type d'allotissement, la possibilité d'ouvrir aux variantes, la procédure de consultation des entreprises.

a. L'allotissement

Les travaux souterrains présentent de nombreuses spécificités en termes d'unités de lieu, de temps, de volumes financiers mais aussi de risques. La pratique des opérations souterraines a consacré le contrat de travaux unique, attribué à une entreprise générale ou bien à un groupement d'entreprises pour l'ensemble des ouvrages de génie civil, mais aussi parfois pour les travaux de génie civil et d'équipements d'exploitation et de sécurité. Si ces prestations d'équipements peuvent faire l'objet de lots distincts, il semble difficile de fractionner les travaux qui auront pour objet le creusement, les soutènements et plus largement la construction du génie civil souterrain. En effet, ces travaux sont intimement liés et leur exécution dépend de modes de réalisation propres à chaque entreprise. Pour ces ouvrages, la dévolution en lots séparés risquerait de rendre techniquement beaucoup plus difficile et financièrement plus coûteuse l'exécution des prestations.

Il est rappelé ici que le maître d'ouvrage doit veiller à justifier le recours à un marché non alloti.

b. La possibilité de variantes

Une solution variante consiste généralement à proposer des spécifications techniques différentes pour parvenir à un résultat équivalent à la solution de base. Une variante peut également porter sur les aspects administratifs et financiers de l'offre. Le maître de l'ouvrage peut avoir intérêt à autoriser des variantes dès lors que peuvent exister des solutions alternatives à celle présentée par le maître d'œuvre.

Le choix d'ouverture à variante doit être anticipé afin de le mentionner dans l'avis de marché (cf. article R.2151-8 du Code de la Commande Publique).

Il appartient au maître d'ouvrage de déterminer les « *exigences minimales que les variantes doivent respecter ainsi que toute condition particulière de leur présentation* ». Pour ne pas trop en ajouter aux difficultés de jugement des offres de projets complexes comme les ouvrages souterrains, le maître d'ouvrage peut avoir intérêt à encadrer les variantes.

Les variantes sont ainsi laissées à l'initiative des entreprises qui prennent en charge leur conception, dans la limite des exigences minimales.

Le maître de l'ouvrage doit préciser dans le règlement de consultation que l'offre variante doit être assortie d'une offre de base pour être recevable, lorsqu'il fait ce choix.

Il est rappelé que, lorsqu'une variante respectant les exigences minimales est acceptée par le maître de l'ouvrage, les études de projet doivent être complétées par le maître d'œuvre pour assurer la cohérence de toutes les dispositions de la variante avec le projet et pour établir la synthèse des plans et spécifications émanant du projet et des propositions de l'entrepreneur.

Le cas des variantes imposées : Les règles d'achat public permettent également au maître de l'ouvrage d'exiger la présentation de variantes (cf. article R.2151-9 du Code de la Commande Publique). Dans ce cas, il est possible « *de définir précisément la variante attendue* » (cf. fiche DAJ « *L'examen des offres* » du 01/04/2019).

c. Le mode de consultation

Les règles d'achat public prévoient la possibilité d'engager des négociations avec les candidats sélectionnés, sans condition pour les entités adjudicatrices, et, pour les pouvoirs adjudicateurs, « lorsque le besoin ne peut être satisfait sans adapter des solutions immédiatement disponibles » ou encore « du fait de circonstances particulières liées à la nature [du marché], à sa complexité ou au montage juridique et financier ou en raison des risques qui s'y rattachent » (cf. article R.2124-3 du Code de la Commande Publique).

Ces négociations peuvent être engagées soit dans le cadre d'un dialogue compétitif (les candidats apportent leurs solutions techniques), soit dans le cadre d'un processus de négociation (l'acheteur apporte une solution et les conditions du marché sont négociées).

Nota : La procédure d'appel d'offres est toujours en vigueur (cf. article R.2124-2 du Code de la Commande Publique), mais il convient de rappeler qu'elle ne permet pas l'ouverture de négociations ; en outre, en cas d'appel d'offres infructueux, la possibilité d'ouvrir des négociations n'est autorisée que si l'ensemble des offres sont soit irrégulières, soit inacceptables.

d. Le recours au contrat global

Le recours au contrat global (incluant la conception et la réalisation, voire l'exploitation et/ou la maintenance) est strictement encadré pour les opérations soumises au livre IV de la deuxième partie du Code de la Commande Publique. Lorsque le maître de l'ouvrage estime satisfait aux exigences dudit Code, la consultation des opérateurs économiques s'effectue sur la base d'un programme fonctionnel. Les candidats sélectionnés remettront alors un avant-projet accompagné de la définition des performances techniques de l'ouvrage.

Dès lors, la procédure de dialogue compétitif permettant d'engager une discussion avec chacun des candidats en vue de parfaire les solutions présentées dans une logique de maîtrise des risques apparaît la plus pertinente.

L'approche des risques doit alors prendre en compte le fait que le candidat porte à la fois la conception et la réalisation des ouvrages.

Dans ce type de processus, l'obligation d'identifier une équipe de maîtrise d'œuvre chargée de la conception de l'ouvrage et du suivi de sa réalisation du contrat global ne permet pas d'apporter le second regard comme dans un montage classique. En conséquence, le maître de l'ouvrage est incité à recourir aux services d'un Assistant technique à maîtrise d'ouvrage (ATMO) qui jouera le rôle de tierce partie dans la mise en place et le suivi du contrat.

I.1 CHAMP D'APPLICATION

F69

Le présent fascicule concerne l'exécution des travaux de génie civil en souterrain qu'ils soient neufs ou de réhabilitation, à caractère permanent ou provisoire. (2)

Les travaux en souterrain qui font l'objet du présent fascicule ont trait aux travaux exécutés à partir de postes de travail situés au-dessous de la surface du sol, avec une couverture de terrain naturel (tunnels, galeries, cavités et usines souterraines, puits,...). (3) Sauf stipulations contraires du marché, les ouvrages construits en tranchée couverte ne sont pas concernés par le présent fascicule. Sauf indication spécifique, les prescriptions s'appliquent quelle que soit la méthode d'excavation (conventionnelle ou au tunnelier).

(2)

Les travaux visés par le fascicule sont identiques à ceux pour lesquels le livre IV de la deuxième partie du Code de la Commande Publique s'applique. Ces travaux concernent les opérations avec nécessité d'une conception, ce qui exclut les travaux d'entretien et de maintenance.

(3)

Un tunnel ou galerie est une cavité linéaire creusée dans le terrain, assortie ou non d'un revêtement, le terme « galerie » s'appliquant plus particulièrement aux ouvrages de service ou d'accès, de reconnaissances, hydrauliques ou destinés à faire passer des câbles ou canalisations.

Un puits est une excavation profonde subverticale et étroite pratiquée dans le terrain, à l'exclusion des puits de fondation.

Les limites géométriques d'application du fascicule 69 sont fixées par le CCTP. Certaines natures d'ouvrage ont des limites contractuelles différentes, ainsi le cas du coffrage du revêtement peut s'appliquer également aux émergents (construits hors souterrain).

Le fascicule 69 peut également être utilisé pour la construction d'ouvrages souterrains « volumiques » comme les stations souterraines de transport urbain, les gares ferroviaires souterraines, les usines hydroélectriques, les stockages ou toute autre grande caverne.

Nota : Le fascicule 68 du CCTG « Exécution des travaux géotechniques des ouvrages de génie civil » [6] s'applique aux ouvrages de type « gares », « stations » et « puits » réalisés à ciel ouvert, faisant appel notamment aux parois moulées, injections, éléments et structures de sol-ciment réalisés par jet, clouage, tirants, micropieux, rabattement de nappe. Ce fascicule propose en annexe une composition du dossier géotechnique qui doit être fourni dans le DCE.

Rien ne s'oppose à appliquer également les préconisations du fascicule 69 à ces ouvrages, avec en particulier la contractualisation du mémoire de synthèse géotechnique et du plan de management des risques (cf. chapitre I.2).

Les travaux en souterrain comportent des risques particuliers dus à la connaissance toujours imparfaite du sous-sol et à la variabilité naturelle de ses caractéristiques physiques et mécaniques.

De plus, l'excavation d'un ouvrage souterrain provoque généralement des déplacements qui peuvent affecter les constructions existantes situées dans la zone d'influence géotechnique (ZIG). (4)

En conséquence, les documents suivants sont annexés au CCTP : le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG) et le plan de management des risques (PMR). (5)

(4)

La zone d'influence géotechnique (ZIG) est définie par la norme NF P 94-500 [7] comme le « volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre d'une part l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et d'autre part l'environnement (sols, ouvrages, aménagements de terrains ou biens environnants). La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain ». L'étendue de la ZIG dépend des conditions géotechniques, du diamètre de l'excavation, de la profondeur mais aussi des méthodes envisagées pour la réalisation.

La construction d'un tunnel à faible profondeur engendre des mouvements du terrain environnant qui se répercutent en surface sous la forme d'une cuvette de tassement et peuvent affecter les constructions avoisinantes (bâtiments, ouvrages et réseaux) situées dans la ZIG.

La construction d'un tunnel peut également engendrer des vibrations dans le terrain environnant ainsi que des surpressions aériennes en cas de creusement à l'explosif qui peuvent se transmettre aux constructions avoisinantes situées dans la ZIG spécifique au phénomène de vibrations et entraîner une gêne des riverains voire des dommages induits sur les structures.

(5)

Le processus de management des risques

Le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG) et le plan de management des risques (PMR) sont deux documents issus d'un *processus de management des risques*.

La définition du *management des risques* tel que préconisé par le fascicule 69 et le présent guide d'application découle :

- des deux normes NF ISO 31000:2018 « *Management du Risque – Lignes directrices* » [8] et NF EN 62198 « *Gestion des risques liés à un projet – Lignes directrices pour l'application* » [9] ;
- du fascicule FD ISO Guide 73 « *Management du risque – Vocabulaire* » [10] ;
- et des recommandations AFTES GT32R2F1 [11] et GT32R3F1 [12].

L'annexe B du présent guide propose une terminologie qui reprend les principales définitions ; une terminologie plus complète est fournie dans la recommandation GT32R2F1.

Au sens de la NF ISO 31000, le *risque* se définit comme « effet de l'incertitude sur les objectifs » et « est généralement exprimé en termes de sources de risque, événements potentiels avec leurs conséquences et leur vraisemblance ». Le *niveau de risque (NR)* est défini comme « importance d'un risque ou combinaison de risques, exprimée en termes de combinaison des conséquences et de leur vraisemblance ». Les *risques résiduels* sont les risques qui ne sont pas totalement éliminés à l'issue de la conception.

Le *processus de management des risques*, tel que décrit dans les textes de référence cités ci-avant, est un processus continu et itératif mis en œuvre dès les toutes premières phases d'étude et qui consiste en une démarche enchaînant les opérations suivantes :

- le bilan des connaissances et des incertitudes ;
- *l'appréciation du risque* se décomposant elle-même en trois : *l'identification du risque, l'analyse du risque et l'évaluation du risque* ;
- la définition et l'application des actions de *traitement du risque* qui visent à modifier un risque et notamment à l'éliminer ou à en réduire la valeur du *niveau de risque* ;
- *l'appréciation* définitive du *risque* après application des actions de *traitement*.

Lors de la réalisation des travaux, en cas d'occurrence de l'évènement redouté (réalisation du risque), l'entreprise doit mettre en œuvre les actions correctives, prédéfinies autant que possible lors de la conception pour chaque risque et complétées lors des études d'exécution, des méthodes et processus d'exécution.

La conception d'un ouvrage souterrain repose sur la définition des conditions géotechniques attendues, à partir de laquelle le tunnel est découpé en tronçons homogènes. À chaque tronçon sont associés un ou plusieurs procédés d'exécution.

Par nature, il subsiste toujours des incertitudes sur les conditions géotechniques attendues. Ces incertitudes sont sources de risques lors de la réalisation des travaux. On distingue alors trois catégories de risques.

La première catégorie de risques résulte de variations des caractéristiques géotechniques dans un contexte géologique relativement homogène pour lequel un même procédé d'exécution est retenu. En méthode conventionnelle, les conséquences peuvent être par exemple des variations limitées sur les densités de boulonnage, sur les épaisseurs de soutènement ou les longueurs de pas d'avancement. Ces risques sont entièrement transférés à l'entreprise lors de la contractualisation via la définition des ouvrages linéaires par profil type (cf. article II.1.2).

La deuxième catégorie de risques résulte d'incertitudes sur le modèle géologique avec pour conséquence le choix d'un procédé d'exécution différent de celui prévu initialement sur un tronçon donné, tout en restant parmi ceux prévus à la conception pour l'ensemble de l'ouvrage. Il s'agit ainsi par exemple d'appliquer un profil type sur un linéaire plus important que prévu ou localement un profil type différent. Ces risques se traduisent notamment par des variations de quantités lors de l'exécution des travaux.

Les risques entrant dans ces deux catégories sont définis dans ce guide comme des **risques ordinaires**.

Les caractéristiques des terrains rencontrés restent comprises dans les plages de variation indiquées dans le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG) : on les appelle les **conditions géotechniques de référence**. Les conditions d'exécution associées sont les conditions dans lesquelles l'entreprise doit respecter les méthodes et les cadences d'excavation prévues au contrat.

La partie du DCE puis du marché relative aux conditions géotechniques de référence et aux conditions d'exécution associées est appelée **dossier de référence**. Les risques ordinaires sont ainsi gérés avec les outils contractuels habituels d'un marché de travaux.

La troisième catégorie de risques correspond aux risques dont les conséquences sont plus difficiles à apprécier et pour lesquels des procédés d'exécution différents de ceux prévus à la conception peuvent être nécessaires ou dont les conséquences induisent des variations de quantités telles qu'elles remettent en cause les conditions économiques des procédés d'exécution concernés.

Les risques entrant dans cette troisième catégorie sont définis dans ce guide comme des **risques remarquables**.

Les caractéristiques des terrains rencontrés ne sont pas comprises dans les plages de variation indiquées dans le MSG mais décrites dans le registre des risques du PMR : on les appelle

les conditions géotechniques du PMR. Les conditions d'exécution associées sont les conditions dans lesquelles l'entreprise doit adapter les méthodes et les cadences d'excavation.

La partie du DCE relative aux risques remarquables est appelée **dossier des risques** ; ce dossier devient le **PMR** dans le marché (cf. Tableau 1 p.24).

Nota : Un dossier de référence et un dossier des risques devront de la même façon être constitués en cas de variante imposée (cf. article R.2151-10 du Code de la Commande Publique).

Les commentaires (6) et (7) relatifs aux deux articles suivants du F69 concernant le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG) et le plan de management des risques (PMR) explicitent plus largement :

- le contenu des documents proposés par les recommandations AFTES pour prendre en compte les risques géotechniques et ceux liés aux avoisinants dans les dossiers de consultation des entreprises (DCE) ;
- le contenu attendu du PMR.

Le MSG et le PMR font partie intégrante du marché de travaux. Le fascicule 69 indique qu'ils sont annexés au CCTP.

Dans un souci de clarté, le présent guide propose que le PMR constitue un dossier à part entière. Un choix différent consistant à regrouper dans un même dossier les pièces du dossier de référence et du dossier des risques peut également être retenu par le maître d'ouvrage.

La prise en compte des risques dans le marché de travaux justifie un complément au CCAP pour définir les obligations du titulaire et les conditions d'application des clauses du PMR (en lien avec l'article III.2.3 du F69 - *Pilotage du chantier en cas d'occurrence d'un évènement redouté prévu au PMR*).

L'ensemble des préconisations de ce guide pour le management des risques a pour objectifs essentiels :

- de réduire autant que possible les situations imprévues pendant les travaux par l'identification en amont des principaux risques et le choix d'actions de traitement pour en préciser la vraisemblance et en limiter les conséquences ;
- de faire porter ces risques par celui qui est le plus à même de les manager pendant les travaux et de le rémunérer en conséquence ;
- d'exprimer clairement dans le contrat les principes de management des risques afin qu'ils soient compris et partagés par l'ensemble des parties prenantes.

La démarche proposée dans ce guide n'aborde pas l'ensemble des risques auxquels peut être confronté le maître d'ouvrage en charge d'une opération comprenant la réalisation d'un tunnel. Il est nécessaire que le maître d'ouvrage se dote d'une démarche de gestion globale de ces risques.

Elle n'aborde pas non plus les risques internes à l'entreprise, notamment en relation au déploiement des méthodes qu'elle propose. Cependant, l'entreprise devra démontrer durant l'exécution des travaux sa capacité à gérer ces risques internes.

Article I.2.1 - Le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique

F69

Le MSG contient celles des données qui ont été retenues et interprétées en vue de l'établissement du marché, à partir des résultats des sondages, puits ou galeries de reconnaissance, des essais ou mesures effectués en laboratoire ou sur le site, des informations sur les eaux de surface ou souterraines. Il présente les données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques servant de base à la conception des ouvrages pour leur exécution. Il traduit l'interprétation que fait le maître d'œuvre et que retient le maître d'ouvrage, de la nature, des caractéristiques et du comportement des terrains traversés. Ces derniers sont classés en sous-ensembles, en précisant notamment leurs valeurs caractéristiques en fonction de la problématique posée, en indiquant les dispersions et variations attendues pour ces paramètres.

Le MSG explicite les incertitudes géologiques, hydrogéologiques ou géotechniques non levées. (6)

(6)

Le commentaire (6) est composé des parties suivantes :

- Introduction
- Les recueils des données d'entrée (cahiers A1 et A2)
- Le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG ou cahier B1) et les pièces graphiques associées
- Le mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes (cahier B2) et les pièces graphiques associées
- Le mémoire de conception (cahier C)

a. Introduction

Les recommandations AFTES GT32R3F1 [12] et GT16R2F1 [13] proposent une méthodologie pour prendre en compte les risques géotechniques et liés aux avoisinants dans les dossiers de consultation des entreprises (DCE).

En référence à ces deux recommandations, le DCE inclut :

- le recueil des données d'entrée géotechniques (cahier A1) ;
- le recueil des données d'entrée relatives aux constructions avoisinantes (cahier A2) ;
- le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG ou cahier B1) cité par le fascicule 69 ;
- le mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes (cahier B2) ;
- le mémoire de conception (cahier C).

Nota : Des cahiers A3 et B3 peuvent être ajoutés pour traiter des données et contraintes liées à l'environnement naturel et humain (cf. GT32R3F1).

b. Les recueils des données d'entrée (cahiers A1 et A2)

Les recueils des données d'entrée (cahiers A1 et A2) sont des pièces présentées au DCE pour faciliter l'intelligence du dossier.

Le recueil des données d'entrée géotechniques, dénommé cahier A1 selon la recommandation GT32R3F1 [12], présente un recensement aussi exhaustif que possible de toutes les données d'ordre géologique, hydrogéologique et géotechnique disponibles, qu'elles proviennent de la documentation existante, qu'elles proviennent de chantiers effectués dans des terrains similaires ou qu'elles résultent d'investigations spécifiques.

Le recueil des données d'entrée sur les constructions avoisinantes (bâtiments, ouvrages de génie civil, réseaux enterrés ou aériens

situés dans la ZIG), dénommé cahier A2, dresse l'inventaire des données disponibles et des investigations conduites pour recenser et décrire les constructions avoisinantes. Il comprend notamment les données brutes de l'enquête « bâti, caves et fondations » pour les bâtiments et les enquêtes sur les ouvrages et les réseaux incluant la déclaration de projet de travaux (DT), prévue à la charge du maître d'ouvrage, en vue de recenser les réseaux enterrés ou sensibles (formulaire Cerfa n°14434*02).

La totalité des données d'entrée est mise à disposition des intervenants sur le projet, y compris les valeurs jugées comme non représentatives. La nature et la quantité de données disponibles, leur distribution, leur provenance et leur date d'acquisition sont clairement indiquées. Ces données sont en général disponibles sur des supports variés (rapports, résultats d'analyses, photographies, cartes, etc.).

Il est recommandé de numériser l'ensemble de ces documents et de les ordonner en dossiers, sous-dossiers et fichiers munis de titres explicites, et d'intégrer ces données dans une base exploitable sous un système d'information géographique (SIG) afin d'en faciliter l'accès aux entreprises soumissionnaires.

À ce titre, il est recommandé de produire pour chaque cahier A une note de présentation, indiquant :

- la table des matières détaillée du dossier informatisé ;
- la liste des documents non numérisés mais d'intérêt pour le projet ;
- la chronologie des investigations effectivement réalisées, avec leurs opérateurs ;
- le plan d'implantation de ces investigations et des autres sources d'information ;
- un tableau des coordonnées géographiques (x, y, z) de ces investigations ;
- l'architecture des tables de données exploitées au format SIG.

Il est recommandé que les documents importants soient décrits de la manière suivante :

- nom du document, auteur ou entité émettrice, n° de référence et date d'émission ;
- liste des pièces principales et annexes (par exemple : nombre de sondages ou d'analyses) ;
- référence bibliographique des articles publiés.

Le mode d'accès à chacune des pièces citées doit être clairement indiqué : soit le DCE informatisé, soit un site internet, soit un lieu de consultation pour les documents non numérisés (y compris, par extension, pour les carottes de sondage).

c. Le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG ou cahier B1) et les pièces graphiques associées

Le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG ou cahier B1) est une pièce annexée au CCTP. Ce mémoire présente en particulier le modèle géologique, hydrogéologique et géotechnique qui restitue l'idée que se fait le concepteur du contexte géologique et des conditions de réalisation attendues (les conditions « normalement prévisibles » au sens du CCAG Travaux). Ce modèle est établi sur la base des connaissances recensées dans le cahier A1 et jugées représentatives après une évaluation critique de la qualité et de la fiabilité des différents types de données disponibles. Le modèle doit aussi indiquer les lacunes de connaissance, c'est-à-dire « ce que l'on ne connaît pas ».

La description du modèle géologique, hydrogéologique et géotechnique comporte l'établissement de deux types de documents :

- un rapport, où sont exposées les hypothèses que le concepteur considère comme les plus représentatives à l'issue de son analyse de toutes les données. Ce rapport comporte des chapitres détaillés et distincts sur la géologie, l'hydrogéologie, la géotechnique ainsi que sur les incertitudes (ce dernier chapitre étant complété par un registre des incertitudes – voir ci-après) ;
- des documents graphiques : carte d'affleurements, carte géologique, modèle géologique et hydrogéologique et surtout profil en long géotechnique prévisionnel (voir ci-après), le tout complété par des coupes transversales autant que nécessaire et, le cas échéant, par une coupe horizontale au niveau du projet ou des schémas explicatifs jugés utiles pour la bonne compréhension du contexte géologique. L'attention est attirée sur le fait que les incertitudes identifiées dans le registre des incertitudes figurent sur ces documents graphiques conformément à la recommandation GT32R2F1 [11].

Le registre des incertitudes récapitule les incertitudes décelées lors de l'élaboration du modèle géologique, hydrogéologique et géotechnique. Il se limite à un recensement des incertitudes identifiées, sans en analyser à ce stade les conséquences. Il porte sur l'ensemble de la ZIG.

À titre d'illustration, la liste ci-dessous (non exhaustive) présente les principales incertitudes susceptibles de figurer dans ce registre :

- incertitudes correspondant aux lacunes de connaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques. Elles concernent les zones où le niveau de connaissance est insuffisant pour proposer un modèle fiable ;
- incertitudes portant sur la localisation d'événements certains, par exemple des contacts entre formations géologiques ou entre faciès différents au sein d'une même formation, zones singulières telles que failles, chevauchement, zones de cisaillement, etc. ;

- incertitudes portant sur les conditions géotechniques (extension, nature et caractéristiques des matériaux constitutifs, hydrogéologie, etc.) associées à des événements certains ;
- incertitudes sur l'occurrence d'événements incertains identifiés, mais dont le nombre, la localisation ou les conditions géotechniques associées ne sont pas connues, par exemple : des zones singulières (failles, etc.), des zones à fortes venues d'eau, des karsts ou des filons de quartz, etc. ;
- incertitudes résultant de la dispersion (variabilité) naturelle des propriétés du terrain.

Le profil en long géotechnique prévisionnel présente, conformément à la recommandation GT1R1F1 de l'AFTES [14], un découpage de l'ouvrage en tronçons ou sous-ensembles géotechniques réputés homogènes sur toute leur longueur du point de vue des diverses applications au projet : géométrie, conception, dimensionnement, méthodes de construction, etc. Ce profil en long comporte également des informations concernant la variabilité des paramètres au sein de chaque sous-ensemble, telles que :

- la dispersion des valeurs significatives (au sens du GT1 les valeurs mesurées par les essais, dont ont été écartées, après justification, les valeurs non représentatives) afin de permettre l'ajustement des méthodes (excavation, marinage, soutènement, etc.) ;
- les valeurs caractéristiques (au sens du GT1, ce sont les valeurs raisonnablement prudentes) retenues pour les différentes grandeurs géotechniques ; ces valeurs peuvent être différentes selon la problématique considérée (abattage, soutènement, convergence, tassements, etc.) ;
- le profil en long recense et précise l'extension spatiale de chaque incertitude sur le linéaire du tunnel.

Un plan-type du mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (cahier B1) est donné dans la recommandation GT32R3F1 [12].

d. Le mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes (cahier B2) et les pièces graphiques associées

Le mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes (cahier B2) est une pièce annexée au CCTP. Ce mémoire synthétise les informations disponibles et les hypothèses retenues concernant les constructions avoisinantes (bâtiments, ouvrages, réseaux) et notamment les contraintes qui s'appliquent au projet.

Ce mémoire présente :

- une analyse de la fiabilité et de la pertinence des données du cahier A2 ;
- la démarche suivie pour l'établissement de l'état initial des constructions ainsi que les investigations spécifiques conduites pour le projet ;
- la méthodologie utilisée pour évaluer la sensibilité intrinsèque des constructions avoisinantes et leur classement en fonction de cette sensibilité ;
- la définition des seuils admissibles par niveau de dommages ;
- un registre des incertitudes spécifique aux constructions avoisinantes.

Des documents graphiques sont annexés à ce mémoire :

- une carte de sensibilité des constructions avoisinantes ;
- le profil en long géotechnique prévisionnel fourni avec le cahier B1 (MSG), complété par la représentation graphique des constructions avoisinantes.

Un plan-type du mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes (cahier B2) est proposé dans les recommandations AFTES GT16R2F1 [13].

e. Le mémoire de conception (cahier C)

Le mémoire de conception (cahier C) est une pièce présentée au DCE pour faciliter l'intelligence du dossier. Ce mémoire expose de manière synthétique les informations nécessaires pour comprendre comment le projet présenté dans le DCE a été établi par le concepteur.

Le mémoire de conception présente la justification des prescriptions figurant au CCTP, à savoir :

- un rappel des hypothèses retenues quant au profil en long géotechnique prévisionnel (limites des tronçons, critères d'homogénéité, etc.) ;
- un rappel des valeurs caractéristiques pour chacun des paramètres considérés ainsi que les plages de variation des valeurs attendues (valeurs significatives) ;
- un rappel des contraintes imposées par les avoisinants (seuils admissibles) ;
- la description des procédés d'excavation et de soutènement au regard du profil en long géotechnique prévisionnel ;
- les méthodes de pré-dimensionnement adoptées pour justifier le choix des procédés d'excavation et de soutènement ;
- les résultats les plus significatifs des calculs de pré-dimensionnement : renforcement et traitement des terrains en place, comportement à l'excavation, valeurs de convergence et/ou de pression sur le soutènement attendues à court terme, chargement différé, justification des dispositions constructives envisagées, etc. ;
- les principes et seuils de pilotage pour l'adaptation des procédés d'excavation et de soutènement dans le cadre de la mise en œuvre de la méthode observationnelle (cf. article III.2.2) : pilotage en conditions normales de creusement, dispositions de reconnaissance à l'avancement et d'auscultations et justification des seuils contractuels ;
- le registre des risques de conception accompagné d'une note qui présente la démarche d'appréciation des risques (les matrices pour évaluer la vraisemblance, les conséquences, le niveau de risque et l'acceptabilité par le maître d'ouvrage) et qui justifie les actions de traitement retenues et leurs effets escomptés sur la réduction du niveau de risque.

Le registre des risques de conception figurant au cahier C traduit les registres des incertitudes des cahiers B1 et B2 en un registre unique des risques à l'issue de la conception. Ce registre présente la totalité des risques identifiés lors des études de conception, y compris ceux éliminés. L'intérêt de rappeler les risques éliminés est d'informer totalement les soumissionnaires sur la démarche de management des risques appliquée et de leur indiquer les actions de traitement ayant conduit à les éliminer.

Pour chacun des risques identifiés, le registre des risques de conception indique (en référence à la recommandation GT32R3F1 [12]) :

- le numéro d'ordre du risque ;
- les parties d'ouvrages et les avoisinants éventuels concernés par la réalisation du risque ;
- la nature de l'incertitude ;
- la description de l'évènement redouté ;
- l'appréciation du risque avant mise en œuvre des actions de traitement prévues au dossier de référence :
 - la description des conséquences,
 - l'analyse du risque : évaluation de la vraisemblance, des effets des conséquences sur les principaux objectifs du maître d'ouvrage (coût, délai), du niveau de risque ;
- les actions de traitement (actions préventives) prévues au dossier de référence et destinées à réduire le niveau de risque : actions de suivi, mesures de détection, mesures d'atténuation des conséquences ;
- l'appréciation du risque après mise en œuvre des actions de traitement prévues au dossier de référence :
 - la description des conséquences,
 - l'analyse du risque : évaluation de la vraisemblance, des effets des conséquences sur les principaux objectifs du maître d'ouvrage (coût, délai), du niveau de risque ;
- le classement du risque : risque éliminé, risque ordinaire ou risque remarquable.

Le mémoire de conception comprend le profil en long géotechnique prévisionnel fourni avec le mémoire de synthèse géotechnique (MSG ou cahier B1) avec la représentation graphique des constructions avoisinantes (cahier B2), complété par le choix des méthodes pour le creusement et le sens des attaques, les longueurs d'application des profils types en méthode conventionnelle comme en méthode mécanisée et la localisation des événements redoutés indiqués au registre des risques.

Un plan-type du mémoire de conception (cahier C) est donné dans la recommandation GT32R3F1 [12].

La distinction entre risque ordinaire et risque remarquable est importante pour la préparation du DCE. Toutes les mesures préventives sont intégrées dans le dossier de référence, mais seules les mesures correctives des risques ordinaires figurent dans ce dossier. Les mesures correctives des risques remarquables sont intégrées au dossier des risques (cf. commentaire (7) ci-après).

Article I.2.2 - Le plan de management des risques

F69

Le Plan de Management des Risques liste les risques résiduels, à savoir ceux non couverts par les dispositions techniques prévues au marché et contre lesquels le maître d'ouvrage juge nécessaire de se prémunir. Il analyse les événements à leur origine, apprécie leur vraisemblance et en définit les conséquences prévisibles sur l'organisation du chantier.

Il rappelle les dispositions techniques prévues pour prévenir les événements redoutés et limiter leurs conséquences (reconnaisances à l'avancement, ...).

Il contient la description des dispositions techniques et organisationnelles envisagées :

- pour mettre le chantier en sécurité lors de leur survenance ;
- pour poursuivre le chantier.

Le PMR propose enfin les principes ou modalités de rémunération de ces interventions. (7)

(7)

Le commentaire (7) est composé des parties suivantes :

- a. Introduction
- b. Le dossier de consultation des entreprises (DCE)
 - i. Le dossier de référence
 - ii. Le dossier des risques
- c. La consultation des entreprises
- d. Le jugement des offres
- e. La négociation
- f. La mise au point du marché
- g. Pendant la période de préparation puis lors de l'exécution du contrat de travaux

De plus, il intègre en fin de commentaire un tableau de présentation des pièces constitutives du dossier de référence et du dossier des risques, depuis la consultation des entreprises jusqu'au marché de travaux (cf. Tableau 1 p.24). Ce tableau permet d'avoir une vision d'ensemble des différents documents présentés ci-après.

a. Introduction

À l'issue des études de conception, le processus continu de management des risques est synthétisé au travers du registre des risques de conception qui figure au cahier C (cf. commentaire (6)-e). Comme indiqué plus haut, ce registre distingue les risques ordinaires et les risques remarquables.

Lors de la contractualisation et de la réalisation des travaux, le processus se prolonge par l'application du plan de management des risques (PMR).

Nota : Le PMR n'est pas à confondre avec le plan général de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé (PGCSPS) décrit à l'article R.4532-44 du Code du Travail et établi par le coordonnateur de sécurité et de protection de la santé (CSPS).

Avant de présenter en détail le contenu des différentes pièces du PMR, il convient d'apporter les précisions suivantes : les « risques résiduels » listés au PMR évoqués dans le texte du fascicule 69 correspondent aux risques remarquables au sens du présent guide (cf. commentaire (5) au chapitre I.2) ; les « dispositions techniques prévues au marché » évoquées dans le texte du fascicule couvrent les risques ordinaires.

La terminologie suivante est retenue :

- les actions préventives (ou actions de traitement) sont définies comme l'ensemble :
 - des dispositions constructives particulières intégrées à la conception et visant à atténuer l'ampleur des conséquences en cas d'occurrence de l'événement redouté,
 - des dispositions destinées à détecter le plus tôt possible l'éventuelle occurrence de l'événement redouté (reconnaisances à l'avancement, auscultation, constats).
 Ces actions préventives sont systématiquement mises en œuvre par l'entreprise, elles figurent au dossier de référence ;
- les actions correctives sont définies comme l'ensemble des dispositions adoptées lors des travaux en cas d'occurrence de l'événement redouté (réalisation du risque). Elles doivent permettre d'apprécier les changements de circonstances (caractérisation de l'évènement), de définir les dispositions constructives adéquates et de les mettre en œuvre. Les actions correctives des risques ordinaires sont intégrées au dossier de référence ; les actions correctives des risques remarquables figurent au PMR. Ces actions correctives ne sont mises en œuvre par l'entreprise qu'en cas d'occurrence de l'événement redouté ;
- le suivi des risques et la revue des risques consistent en une action continue et permanente réalisée par l'entreprise et la maîtrise d'œuvre dont l'objectif est l'actualisation de l'appréciation des risques du PMR. Elle se traduit notamment par l'actualisation du registre des risques du PMR et des fiches de risque (modification, élimination ou identification de nouveaux risques). Elle est alimentée par le résultat des observations et le retour d'expérience des travaux déjà réalisés.

L'illustration ci-dessous présente de manière schématique, sous la forme d'un planning chemin de fer, le vocabulaire utilisé. L'exemple retenu est le creusement en méthode conventionnelle dans un calcaire massif, avec la présence possible de karsts de grande dimension par rapport à celle de l'ouvrage. Ce risque remarquable figure au PMR. Dans les conditions géotechniques de référence, les travaux de creusement sont exécutés en appliquant les actions préventives prévues au dossier de référence. Ces actions permettent de

détecter la présence d'un karst. Cet événement déclenche l'application du PMR. Les actions correctives permettent de confirmer l'occurrence de l'événement redouté, d'évaluer plus précisément les dimensions du karst et de mettre en œuvre les dispositions constructives adéquates (rémunérées par les prix du BPU des risques). Une fois le karst franchi, les travaux reprennent en appliquant les dispositions du dossier de référence. Le suivi et la revue des risques permettent d'actualiser l'appréciation de ce risque.

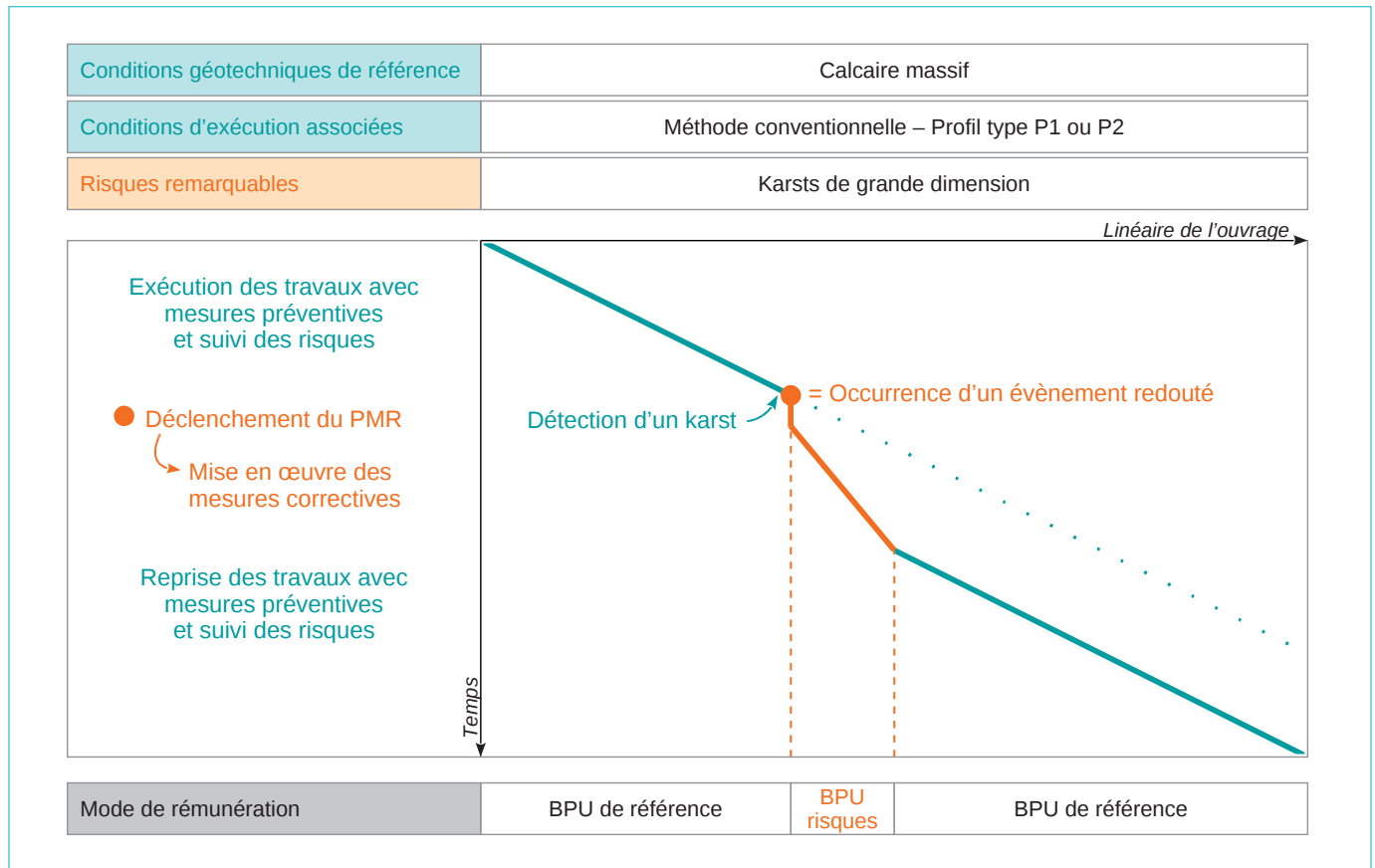


Illustration 1 : Déclenchement du PMR et mise en œuvre des actions correctives lors de l'exécution des travaux

b. Le dossier de consultation des entreprises (DCE)

i. Le dossier de référence

Le dossier de référence du DCE comprend en pièces techniques destinées à faire partie des pièces du marché :

- un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) de référence avec en annexe :
 - le mémoire de synthèse géotechnique (MSG) et le mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes qui contiennent chacun un registre des incertitudes,
 - le registre des risques ordinaires, issu du registre des risques de conception ;
- un bordereau des prix unitaires et forfaitaires (BPU) ;
- un détail des quantités estimées (détail estimatif DE).

Le CCTP de référence définit les prescriptions relatives aux actions de traitement des risques à réaliser par l'entreprise (actions préventives) :

- pour les dispositions de suivi du risque, c'est-à-dire les mesures de détection : reconnaissances à l'avancement, auscultation dans l'ouvrage et au droit des avoisinants, rétro-analyse ;
- pour les dispositions constructives d'atténuation, visant à limiter les conséquences éventuelles ;
- le cas échéant, et afin de gagner du temps en cas de réalisation d'un risque remarquable, pour certaines études de l'entreprise sur l'organisation, la planification, le dimensionnement et l'exécution des actions correctives voire même la mobilisation de certains matériels.

Le BPU et le DE de référence comprennent les prix nécessaires pour rémunérer toutes les actions préventives.

ii. Le dossier des risques

Le dossier des risques du DCE comprend en pièces techniques destinées à être intégrées au PMR du marché :

- une note de présentation du PMR comprenant en annexe le ou les registres des risques remarquables ;
- un CCTP des risques décrivant les actions correctives prévues en cas d'occurrence de l'événement redouté associé ;
- un bordereau des prix unitaires des risques (BPU des risques) ;
- une note de présentation des quantités à retenir par les soumissionnaires dans leur offre de prix formulée au BPU des risques.

La note de présentation du PMR comprend :

1. Une première partie qui expose comment le maître d'ouvrage souhaite mettre en place le processus de management des risques lors des travaux et donc avec l'entrepreneur et le maître d'œuvre ; cette partie présente notamment le contexte (interne, externe) et les rôles des acteurs.
2. Une deuxième partie qui explique la démarche d'appréciation des risques dont : les matrices pour évaluer la vraisemblance, les conséquences, le niveau de risque et l'acceptabilité par le maître d'ouvrage.
3. Une troisième partie qui traite des principes et de l'organisation pour la revue des risques pendant les travaux. Cette partie introduit la fiche de risque établie par l'entrepreneur comme support du suivi des risques remarquables.
4. Une quatrième partie qui traite des principes et de l'organisation pour le choix, la mise à jour ou la définition des actions correctives, tenant compte des conclusions de la revue des risques.

Le registre des risques du dossier des risques est annexé à la note de présentation. Il est issu du registre des risques de conception en ne retenant que les risques remarquables.

Pour chacun de ces risques, ce registre indique :

- le numéro d'ordre du risque ;
- les parties d'ouvrages et les avoisinants éventuels concernés par la réalisation du risque ;
- la nature de l'incertitude ;
- la description de l'événement redouté ;
- la description de la ou des conséquences ;
- la présentation des actions préventives prévues au dossier de référence ;
- la valeur du niveau de risque ;
- la présentation des actions correctives prévues au dossier des risques ;
- la référence aux clauses contractuelles de rémunération des actions correctives.

Un format de registre des risques du dossier des risques est proposé en annexe C à ce guide avec un commentaire pour chacune des colonnes. Quelques exemples sont également reportés sur ce registre.

Le CCTP des risques définit les prescriptions relatives aux actions correctives, mises en œuvre en cas d'occurrence de l'événement redouté (réalisation du risque) lorsqu'elles font appel à des moyens spécifiques non prévus dans le dossier de référence :

- pour les mesures de reconnaissances permettant d'apprécier les changements de circonstances (caractérisation de l'événement) ;
- pour les dispositions constructives : études d'organisation et planification, études d'exécution, méthodes d'exécution de creusement et de soutènements, de drainage et d'épuisement, des pré-soutènements, de traitements spéciaux, méthodes de dimensionnement ;
- pour les mesures de contrôle (qualité, quantités) ;
- pour les mesures de suivi des ouvrages exécutés et de leur impact (auscultations en souterrain et en surface, impact sur l'environnement et les avoisinants).

Le dossier des risques décrit les actions correctives retenues au stade de la conception, moyennant certaines hypothèses vis-à-vis des conséquences des risques sur la conduite des travaux. Les conséquences effectives de certains risques peuvent être différentes, et nécessiter au moment des travaux un complément d'études de conception ou d'exécution, avec un impact soit sur les méthodes uniquement, soit sur les méthodes et la conception de l'ouvrage. Selon la nature des modifications, ces études peuvent être confiées à l'entreprise ou au maître d'œuvre, le choix des actions retenues doit être effectué en accord de toutes les parties.

Le BPU des risques comprend les prix unitaires nécessaires pour rémunérer les actions correctives.

Nota : Le choix entre prix unitaires ou prix forfaitaires et la détermination des quantités doivent être adaptés au problème traité. Un prix forfaitaire convient lorsque la définition des prestations correspondantes est claire et précise, mais un prix forfaitaire « ne s'applique qu'à un ensemble de prestations qui n'est pas de nature à être répété » (article 10.2 du CCAG Travaux). L'encadrement des quantités doit être fourni par le maître d'ouvrage (sur proposition du maître d'œuvre en fonction de ce qu'il estime le plus probable) ; le bordereau des prix peut demander des prix sur quantités « en palier » (un prix pour des quantités faibles, un prix pour des quantités supérieures, etc.).

La note de présentation des quantités à retenir par les soumissionnaires dans leur offre de prix vise à encadrer les quantités estimées à la conception, même si elles ne peuvent être déterminées avec le niveau de précision du DE du dossier de référence. Plusieurs jeux de quantités peuvent être présentés dans le dossier des risques afin d'obtenir des offres de prix correspondant à divers scénarios de réalisation des risques.

c. La consultation des entreprises

Les règles d'achat public favorisent le recours aux procédures permettant les échanges avec les candidats pendant la période de consultation.

Est ici prise en hypothèse la procédure avec négociation des pouvoirs adjudicateurs. La procédure négociée des entités adjudicatrices peut largement s'inspirer du déroulement qui suit.

Nota : Le règlement de consultation (RC) doit indiquer les exigences minimales que doivent respecter les offres. Les informations que le pouvoir adjudicateur fournit doivent être suffisamment précises pour permettre aux opérateurs économiques de déterminer la nature et la portée du marché public et de décider de participer à la procédure. Aucune négociation sur ce point n'est autorisée.

Lors de la consultation, sur la base du dossier de référence, les soumissionnaires remettent notamment :

- un mémoire technique qui présente les dispositions constructives du dossier de référence et les dispositions de suivi et d'atténuation proposées pour les actions préventives. Son contenu est défini par le maître d'ouvrage et indiqué au règlement de consultation (RC) ;
- une note sur les compléments à apporter au CCTP de référence s'ils sont demandés au RC ;
- les BPU et DE de référence renseignés sur les prix ;
- un planning prévisionnel des travaux au format chemin de fer (représentation spatio-temporelle).

Sur la base du dossier des risques, les soumissionnaires remettent notamment :

- un mémoire technique des risques qui présente les dispositions proposées pour les actions correctives en cas d'occurrence d'un événement redouté identifié au registre des risques ; ce mémoire peut contenir une appréciation critique des actions préventives proposées au DCE, voire des propositions alternatives qui peuvent alimenter la négociation lors de la consultation ;
- une note sur les compléments à apporter au CCTP des risques tels que demandés au RC ;
- les BPU et DE des risques renseignés sur les prix ;
- le planning prévisionnel des travaux, sur lequel figurent les différents risques selon leur(s) zone(s) d'application (là où ils sont actifs) et la période d'éventuelle réalisation.

Nota : Une réponse des candidats au dossier de référence et au dossier des risques devra également être établie en cas de variante imposée.

Les compléments à apporter aux CCTP (de référence et des risques) permettent de préparer la négociation, en intégrant des propositions techniques des soumissionnaires en particulier pour le pilotage des travaux en cas de réalisation d'un risque identifié.

d. Le jugement des offres

Dans le règlement de consultation (RC) un sous-critère du critère technique doit être réservé à la qualité et la pertinence du mémoire technique des risques fourni par les soumissionnaires.

Pour le jugement des offres, si le maître d'ouvrage souhaite prendre en compte le BPU des risques dans le critère prix, il peut le faire sur la base des quantités estimées par le maître d'ouvrage lors de la conception du projet et acceptées par le maître d'ouvrage. La règle de jugement des offres fournie dans le RC doit indiquer la pondération globale du critère coût.

Les soumissionnaires répondent sur les mêmes quantités figurant aux différents DE.

Pour un ouvrage où le niveau d'incertitude est élevé, la prise en compte des risques dans les offres peut aussi être jugée comme un critère à part entière.

e. La négociation

Références : articles R.2161-12 à 20 du Code de la Commande Publique et fiche DAJ « La procédure avec négociation » du 01/04/2019

En premier lieu, il convient de rappeler l'importance de respecter les principes d'égalité de traitement des candidats et de transparence des procédures.

En particulier, ne peuvent pas donner lieu à une négociation, d'une part, les exigences minimales des offres telles que mentionnées dans les documents de la consultation et, d'autre part, les critères d'attribution.

La négociation porte sur les conditions du marché. Elle n'a pas pour objet d'amener les candidats à proposer de nouvelles solutions, comme c'est le cas en dialogue compétitif. Les modalités de négociation sont librement fixées par le pouvoir adjudicateur, à condition de respecter les principes rappelés ci-avant.

Si les spécifications techniques et, plus généralement, les documents de la consultation peuvent être modifiés, c'est à la condition d'en informer l'intégralité des candidats en lice et de leur laisser un délai suffisant pour modifier leur offre.

Moyennant ces restrictions, l'ensemble des éléments des documents de la consultation peut être négocié.

La négociation ne peut être engagée qu'avec les seuls candidats que le pouvoir adjudicateur a préalablement sélectionnés (minimum 3).

La négociation comporte plusieurs temps :

a) **La remise de l'offre initiale**

Si les offres initiales des soumissionnaires doivent être analysées, il n'apparaît pas judicieux d'en effectuer le classement, sauf si l'on souhaite utiliser la possibilité d'éliminer des soumissionnaires en cours de procédure. En effet, le risque de figer un ordre de préférence risque d'être pénalisant pour la suite de la négociation. L'analyse des offres initiales a pour objectif d'identifier les points supports des négociations à venir. À ce stade, l'acheteur peut également demander aux soumissionnaires de préciser la teneur de leur offre.

b) **La négociation**

Sur la base de l'analyse des offres initiales et des points supports évoqués précédemment, l'acheteur engagera les discussions sur tous les aspects du contrat sous réserve des exigences minimales mentionnées au règlement de consultation.

Nota 1 : Il appartient au maître de l'ouvrage de définir sa propre stratégie de négociation.

Nota 2 : Le dossier de consultation initial peut être adapté pour tenir compte des résultats de la première consultation ou être corrigé afin de prendre en compte les propositions faites par les soumissionnaires lors de la négociation.

Pourront faire l'objet de la négociation, outre les aspects financiers, les différents sujets présentés dans le mémoire technique. Ces sujets peuvent être :

1. L'organisation générale du soumissionnaire
2. L'installation de chantier
3. L'environnement
4. Les méthodes, moyens et fournitures
5. La planification des travaux
6. La gestion des risques

Gestion des risques dans la négociation

En particulier, puisqu'il est demandé aux entreprises soumissionnaires de se prononcer notamment sur les actions correctives en cas d'occurrence de l'évènement redouté proposées dans le dossier des risques du DCE (et éventuellement aussi sur les actions préventives proposées dans le dossier de référence), il peut être intéressant de tenir compte de leur expérience pour adapter ces actions en fonction de leurs propositions.

L'avantage de la négociation est bien ici de pouvoir aborder avec les entreprises le contenu des prestations, l'adaptation du prix aux prestations finalement retenues ainsi que les délais associés, dans les limites rappelées ci-avant de respect du principe d'intangibilité du cahier des charges et de confidentialité des offres.

c) **La remise éventuelle d'une offre intermédiaire**

Selon l'état des négociations, il est possible de demander la remise d'une ou plusieurs offres intermédiaires. Pour ne pas alourdir la procédure, ces offres intermédiaires pourront ne contenir que les éléments ayant évolué à l'issue des premiers échanges.

d) **La remise de l'offre finale**

Lorsque le pouvoir adjudicateur entend conclure les négociations, il en informe les soumissionnaires restant en lice et fixe une date limite commune pour la présentation des offres finales. Celles-ci ne peuvent plus être l'objet de négociation. Le jugement des offres finales s'effectue au regard des critères mentionnés au règlement de consultation.

f. **La mise au point du marché**

À la mise au point du marché, le maître d'ouvrage veillera à ce que les éléments apportés par l'attributaire à l'issue de la négociation ont bien été intégrés au marché tant pour les dispositions constructives du dossier de référence que pour celles relevant du dossier des risques.

Le plan de management des risques (PMR) regroupe dans le marché l'ensemble des pièces issues du dossier des risques du DCE, complétées lors de la mise au point du marché.

Le Tableau 1 page 24 présente pour le dossier de référence et le dossier des risques, l'ensemble des pièces à intégrer au DCE, à fournir par les soumissionnaires lors de la consultation puis à faire figurer au marché.

g. **Pendant la période de préparation puis lors de l'exécution du contrat de travaux**

Pour l'ensemble des travaux, l'entrepreneur est responsable du suivi technique de l'ouvrage exécuté et de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution (mission G3) tels que définis par les recommandations AFTES GT43R1F1 [15] qui précisent l'application de la norme NF P 94-500 au domaine des ouvrages souterrains.

Dans cette logique, l'entrepreneur a également la charge du suivi des risques (au sens suivi continu) et désigne pour cela un chargé des risques. Son rôle, à mettre en parallèle de celui du chargé des soutènements (cf. articles I.3.1 et III.2.2 du F69), est d'établir les fiches de risques puis de réunir toutes les informations nécessaires à leur actualisation, d'analyser ces informations et de justifier les mises à jour proposées. Le chargé des risques actualise également le registre des risques du PMR et le présente au maître d'œuvre lors de la revue des risques. Il est le garant au sein de l'entreprise de la diffusion et de la bonne application de la démarche de management des risques.

Pendant la période de préparation, il est demandé au chargé des risques d'établir une fiche de risque pour chaque risque du PMR qui sera ensuite mise à jour au cours des travaux. Il doit également mettre à jour le planning prévisionnel des travaux avec les risques afin de présenter les zones et les périodes où les risques sont actifs.

Les fiches de risque constituent le support de la revue des risques. Un exemple de fiche est proposé en annexe C.

Chaque fiche présente :

1. Les informations figurant dans le contrat au moment de la notification du marché (ce sont les champs du registre des risques du marché).
2. Les informations issues des documents d'exécution préparés par l'entreprise (période de préparation ou plus tard en fonction du planning des risques).
3. Les informations relatives à la mise en œuvre des mesures préventives par l'entreprise (traitement du risque avant occurrence de l'évènement redouté).
4. Les informations relatives à l'occurrence de l'évènement redouté et à la mise en œuvre des mesures correctives par l'entreprise (après occurrence de l'évènement redouté).
5. Les informations nécessaires pour le retour d'expérience en vue d'une éventuelle nouvelle occurrence de l'évènement redouté.

Il s'agit de consigner formellement le suivi des risques réalisés tout au long des travaux et d'enregistrer les progrès réalisés dans les dispositions mises en œuvre.

Le maître d'œuvre assure la surveillance des activités du chantier et la supervision géotechnique d'exécution (mission G4). Il dirige les réunions de chantier ainsi que la revue des risques.

Le pilotage du chantier doit tenir compte des conditions rencontrées, en particulier en cas d'occurrence d'un événement prévu au PMR (cf. articles III.2.2 à III.2.4).

La revue des risques permet l'actualisation de l'appréciation des risques du PMR. Elle permet d'identifier les risques actifs à un instant t et se traduit notamment par l'actualisation du registre des risques, des fiches de risques correspondantes (modification, élimination ou identification de nouveaux risques) et du planning prévisionnel avec les risques pour la section encore à creuser. Elle est alimentée par le résultat des observations et le retour d'expérience des travaux déjà réalisés. Elle s'effectue entre l'entreprise et le maître d'œuvre au cours des réunions de chantier ou de réunions spécifiques organisées selon un calendrier adapté à l'ouvrage et au planning des travaux. Le chargé des risques participe à ces réunions. Les décisions ou actions convenues lors de ces réunions sont validées par le maître d'œuvre et consignées dans un compte-rendu.

Le maître d'œuvre rend compte régulièrement au maître d'ouvrage (fréquence mensuelle à trimestrielle) de la revue des risques. Le maître d'œuvre sollicite le maître d'ouvrage pour les sujets qui nécessitent une décision de ce dernier.

Des réunions tripartites, avec une fréquence trimestrielle par exemple ou exceptionnelle selon les événements, sont également organisées (cf. articles III.2.2 et suivants).

		DCE		Phase de consultation
		<i>Pièces présentées pour faciliter l'intelligence du dossier</i>	<i>Pièces à rendre contractuelles</i>	<i>Pièces demandées aux entreprises soumissionnaires</i>
D O S S I E R D E R É F É R E N C E			Acte d'engagement (AE)	AE renseigné
			Cahier des clauses administratives particulières (CCAP) complété pour les risques	
			Cahier des clauses techniques particulières (CCTP) et dossier de plans avec registre des risques ordinaires	Compléments au CCTP demandés au règlement de consultation (RC)
		Dossier des données d'entrée (cahiers A1 et A2)		
		Déclarations de projet de travaux (DT)		
			Mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (cahier B1) avec registre des incertitudes	
			Mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes (cahier B2) avec registre des incertitudes	
		Mémoire de conception (cahier C) avec registre des risques de conception		Mémoire technique
				Planning prévisionnel des travaux
			Bordereau des prix unitaires et forfaitaires (BPU)	BPU renseigné
		Détail des quantités estimées (DE)	DE renseigné	
D O S S I E R R I S Q U E S	Mémoire de conception (cahier C) avec registre des risques de conception	Note de présentation du plan de management des risques avec registre des risques remarquables		Mémoire technique des risques
				Compléments au planning prévisionnel des travaux (localisation des risques)
			CCTP des risques	Compléments au CCTP des risques demandés au RC
			Bordereau des prix unitaires des risques (BPU des risques)	BPU des risques renseigné
			Note de présentation des quantités à retenir pour établir les prix unitaires des risques (DE des risques)	DE des risques renseigné(s)

Tableau 1 : Pièces constitutives du dossier de référence et du dossier des risques, de la consultation des entreprises au marché de travaux

Toutes les pièces ne sont pas listées ici, en particulier celles concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement (cf. chapitres I.3 et I.4). Des cahiers A3 et B3 peuvent être ajoutés pour traiter des données et contraintes environnementales (cf. GT32).

Marché de travaux (pièces contractuelles)		
	<i>Pièces du marché à la notification</i>	<i>Pièces fournies par l'entrepreneur après notification</i>
D O S S I E R D E R É F É R E N C E	AE	
	CCAP complété pour les risques	
	CCTP (après mise au point) et dossier de plans	
		Déclarations d'intention de commencement de travaux (DICT)
	Mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (cahier B1) avec registre des incertitudes	
	Mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes (cahier B2) avec registre des incertitudes	
	Éléments du mémoire technique rendus contractuels	
		Documents d'exécution, validés par le MOE
	BPU renseigné	
DE renseigné		
P M R	Note de présentation du plan de management des risques avec registre des risques remarquables (après mise au point)	
	Éléments du mémoire technique des risques rendus contractuels	
	CCTP des risques (après mise au point)	
		Documents d'exécution propres aux risques (dont les fiches de risque), validés par le MOE
	BPU des risques (après mise au point)	

I.3 ORGANISATION DE LA QUALITÉ

(8)

Le « *Guide d'harmonisation des clauses techniques contractuelles relatives aux documents, concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement, à fournir par le titulaire d'un marché de travaux* » [16] (appelé « guide GEM » par la suite, pour Groupe d'Études des Marchés) est la référence pour le rédacteur de marché. Ce guide est un document transversal à l'ensemble des fascicules du CCTG Travaux [1] dont les dispositions techniques visent à compléter les articles du CCAG Travaux [2] traitant de ces champs.

Ce guide propose des clauses à inclure dans les pièces de marché pour les rendre contractuelles, il apporte également des explications aux dites clauses. Pour les travaux souterrains, l'intégration de ces clauses est indispensable. Il s'agit d'une base qui doit être complétée.

Le guide GEM propose également des définitions relatives à la qualité, seules quelques-unes de ces définitions sont reprises dans ce guide d'application du fascicule 69.

Article I.3.1 - Plan qualité

F69

Dans le présent fascicule, la terminologie suivante est adoptée :

Contrôle extérieur : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais, que le maître d'œuvre exécute ou fait exécuter par un organisme indépendant du titulaire, pour le compte du maître d'ouvrage.

Contrôle intérieur : contrôles exercés par le titulaire ou pour son compte, sur ses propres actions, ou celles de ses sous-traitants.

Contrôle interne : modalité de contrôle intérieur ; ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercés sous l'autorité du (ou des) responsable (s) de la fabrication ou de l'exécution, dans les conditions définies par le plan qualité.

Contrôle externe : modalité de contrôle intérieur ; ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercés sous l'autorité ou à la demande d'un responsable indépendant de la chaîne de production ou du chantier d'exécution, mandaté par le titulaire.

Le plan qualité (9) est le même document que celui cité dans le CCAG – travaux, aux articles 28.2.1 « plan d'assurance qualité » et 28.4.2 « plan qualité ».

Le titulaire établit un plan qualité qui est constitué :

- de la Note d'Organisation Générale (NOG) du chantier ;
- du calendrier d'établissement des procédures d'exécution nécessaires pour chaque phase de travaux ;
- des procédures d'exécution ;
- du cadre des documents de suivi d'exécution (conditions de réalisation du contrôle intérieur) ;
- des plans qualité des sous-traitants.

(9)

Le Plan Qualité (PQ ou PAQ) est le « *document établi par le titulaire en phase de préparation, spécifiant l'organisation, les procédures d'exécution et de contrôle, et les ressources associées, qu'il s'engage à mettre en œuvre pour l'obtention de la qualité requise* ».

Tous les éléments du plan qualité doivent être en cohérence et une attention particulière doit être portée au calendrier d'établissement des procédures d'exécution. En effet, il est impératif que la validation des procédures d'exécution et des documents associés (notes de calculs, plans d'exécution, ...) soit effective avant le démarrage de la phase de travaux concernée.

F69

Le plan qualité est élaboré pendant la phase de préparation du chantier, sur la base du document remis par le titulaire à l'appui de sa soumission. Le plan qualité est soumis au visa du maître d'œuvre à l'issue de la période de préparation. Ce document peut être complété au fur et à mesure de l'avancement du chantier, au vu notamment de l'amélioration des connaissances sur le comportement des terrains rencontrés. (10)

(10)

Le guide GEM [16] indique les principales dispositions que le rédacteur de marché doit demander aux soumissionnaires pour l'établissement de leur offre, puis leur évolution au cours des différents stades de la procédure, des phases de préparation et d'exécution des travaux.

Pour l'exécution des travaux souterrains, il est recommandé que le maître d'ouvrage fournisse en phase consultation, en complément des pièces habituelles d'un DCE, les documents prévus dans le guide, notamment :

- le projet de schéma directeur de la qualité (SDQ) ;
- le cadre du schéma d'organisation du plan qualité (SOPAQ) ;
- la notice de respect de l'environnement (NRE).

Concernant les bétons par exemple, le CCTP doit indiquer que les phases d'études de leur composition et le programme de bétonnage sont soumis à un plan qualité dont certaines étapes sont considérées comme des points sensibles faisant l'objet de contrôles qu'il s'agisse de points critiques ou de points d'arrêt. Le CCTP doit indiquer les spécifications correspondantes. Le CCTP peut utilement faire référence à l'article 4.3 du fascicule 65 du CCTG [17].

a) Note d'organisation générale (11)

Elle comprend la liste des responsables sur le chantier pour l'ensemble des entreprises, sous-traitants et fournisseurs principaux inclus. Elle présente l'organigramme de l'entreprise sur le chantier et désigne nommément le directeur de chantier, le chargé des soutènements et le responsable chargé des contrôles qualité. Elle décrit également comment sont assurées les missions relatives aux reconnaissances à l'avancement, aux auscultations et à la coordination entre les études et les travaux.

Elle explicite également, de façon détaillée, les principes de la gestion des documents, notamment :

- le calendrier de fourniture des documents ;
- le nombre de documents adressés au maître d'œuvre, aux bureaux de contrôle et autres intervenants ;
- les principes et délais pour les vérifications et modifications.

(11)

Le guide GEM [16] indique le contenu de la note d'organisation générale (NOG).

Dans la liste et l'organigramme présenté dans la NOG figurent notamment le chargé des ouvrages provisoires (COP), les responsables de chantier et du contrôle intérieur (contrôle interne et externe).

Concernant l'organisation des missions relatives aux reconnaissances à l'avancement, aux auscultations et à la coordination entre les études et les travaux, le maître d'ouvrage peut exiger, en fonction de l'importance des travaux, de leur niveau de complexité et de la sensibilité du milieu environnant que ces missions soient assurées par des personnes différentes.

Si tel est le cas, le CCTP doit indiquer que l'entrepreneur désignera nommément dès la soumission :

- un directeur de chantier ;
- un chargé des risques (cf. commentaire de l'article I.2.2) ;
- un chargé des soutènements (ses missions sont décrites à l'article III.2.2 du fascicule 69) ;
- un responsable « qualité » ;
- un correspondant « environnement » ;
- un responsable « sécurité ».

Pour chaque intervenant nommément désigné, l'entrepreneur indiquera les qualifications et références en fournissant les curriculum vitae. Selon l'importance des travaux, les missions de responsable qualité, de correspondant environnement et de responsable sécurité peuvent être assurées par une seule et même personne.

b) Procédures d'exécution (12)

Les procédures d'exécution sont des documents écrits qui définissent notamment :

- la partie des travaux faisant l'objet de la procédure considérée ;
- les documents de référence relatifs aux travaux objets de la procédure et les prescriptions du marché s'y rapportant, les moyens en personnels et en matériels spécifiques ;
- les choix du titulaire en matière de matériaux, produits et composants (qualité, certification, origine, marque, modèle exact), ainsi qu'en matière de fournisseurs ;
- la description des modes opératoires, de la méthodologie, des consignes d'exécution ;
- l'enchaînement des tâches faisant apparaître les points critiques et les points d'arrêt ;
- les mesures de prévention et de traitement résultant de l'analyse des risques professionnels en matière de sécurité et de protection de la santé des salariés de l'entreprise ;
- les contrôles relevant du contrôle intérieur faisant apparaître les intervenants, les épreuves à réaliser, la nature et la fréquence des contrôles et les critères d'acceptation ;
- les étapes sensibles de l'exécution qui nécessitent des vérifications particulières. On distingue les points critiques et les points d'arrêt ;
- les événements à considérer comme des anomalies et nécessitant une information du maître d'œuvre et une action corrective (traitement des non conformités) ;
- le cas échéant, les interactions, les liaisons avec d'autres procédures et les conditions préalables à remplir pour l'exécution de certaines tâches.

(12)

Le guide GEM [16] stipule qu'à minima, les procédures remises au cours de la période de préparation sont celles qui traitent de la qualité, c'est-à-dire celles relatives à la gestion des documents d'exécution et à l'exécution et aux contrôles liés aux étapes sensibles de la réalisation.

Les procédures d'exécution sont établies par le responsable de l'exécution de la partie d'ouvrage concernée, vérifiées par le responsable qualité.

Outre leur conformité aux spécifications du ou des fascicules du CCTG concernés par les travaux, elles comportent relativement à la description des modes opératoires, de la méthodologie, des consignes d'exécution, un planning d'exécution faisant apparaître les points sensibles de l'exécution et les éléments concernant la sécurité.

Les procédures d'exécution sont établies avec la participation collaborative des exécutants, notamment le chargé des soutènements pour ce qui concerne le contrôle intérieur exercé durant les phases de creusement-soutènement.

Elles concernent chaque étape importante de la construction de l'ouvrage, qu'elle soit réalisée par l'entreprise mandataire, co-traitante ou sous-traitante. Elles doivent avoir été visées par le maître d'œuvre avant le début de l'exécution de la phase concernée. À ce titre, le CCTP liste les différentes procédures documentées et les exigences en matière d'échéancier prévisionnel de leur production en relation avec les éléments du cadre du SOPAQ joint au DCE. Cette liste est à considérer comme minimale et le titulaire du marché de travaux peut présenter d'autres procédures. Il en propose la liste au cours de la période de préparation (cf. calendrier d'établissement des procédures d'exécution).

Toute disposition constructive nouvelle non prévue au marché doit faire l'objet d'une procédure détaillée présentée au maître d'œuvre à l'appui de la proposition de modification, que celle-ci émane du titulaire du marché ou du sous-traitant.

Pour les ouvrages souterrains, les ouvrages connexes et les ouvrages annexes extérieurs, les procédures à produire sont les suivantes (liste non exhaustive) :

- installations de chantier (générale et rapprochées à chaque tête) ;
- piquetage et implantation (dont notamment mesures de protection des points et des repères) ;
- creusement en méthode conventionnelle, soutènement y compris pré-soutènements le cas échéant pour chaque profil type (dont notamment, méthode d'abattage, moyens et modes de mise en place des différents pré-soutènements et soutènement) ;

- creusement au tunnelier (dont notamment mode de guidage et de navigation, modes de maintien du front de contrôle des volumes de déblais, de mise en place des anneaux de revêtement et de comblement du vide annulaire) ;
- levés géologiques ;
- sondages à l'avancement ;
- marinage et mise en dépôt.

et, le cas échéant :

- traitements spéciaux ;
- banquettes et drainage ;
- étanchéité ;
- revêtement, coffrage et ferrailage ;
- préfabrication des voussoirs (dont notamment : caractéristiques des moules, épreuves d'études et de convenance des bétons, caractéristiques des ferrailages, mode de bétonnage et décoffrage, joints entre éléments, manutention et stockage) ;
- suivi des bétons par maturométrie ;
- réseaux divers dans le revêtement ;
- réseaux d'assainissement ;
- réseaux divers et trottoirs.

et en fonction de la complexité des travaux :

- auscultations des soutènements ;
- contrôle des vibrations et des déplacements sur les avoisinants (dont notamment dispositifs de mesures avec leur précision et les dispositions prévues pour les vérifications de leur fonctionnement, leur implantation prévisionnelle, les seuils d'alerte, l'analyse critique de la cohérence des mesures, les dispositions constructives en fonction des résultats de mesures).

Les documents annexés aux procédures comprennent en outre :

- les dossiers d'études des bétons projetés ;
- les dossiers d'études des bétons coffrés ;
- les modèles de documents (cadres) où seront reportés les résultats des opérations de contrôle intérieur.

c) Contrôle intérieur (13)

Il appartient au titulaire de définir dans son plan qualité et, en particulier, dans ses procédures d'exécution, l'organisation et les missions de son contrôle intérieur.

Le CCTP précise, le cas échéant, les actions de contrôle intérieur à faire réaliser par des intervenants extérieurs à la chaîne de production. Les intervenants chargés de ce contrôle externe sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre.

Fidèle aux dispositions des procédures d'exécution, le contrôle intérieur s'exerce de façon permanente et à tous les échelons de l'exécution, sous l'autorité de la personne désignée par le titulaire qui dirige le chantier.

Le marché spécifie les étapes sensibles de l'exécution qui font l'objet de vérifications particulières.

Sont considérés comme des points critiques de contrôle au titre du CCAG - travaux :

- le pilotage du creusement ;
- le gabarit d'excavation (position de la ligne A), après reprise des en-profils ;
- les objectifs de traitement des sols ;
- le délai de mise en œuvre des soutènements et des dispositions garantissant leur efficacité ;
- les épaisseurs minimales des soutènements et revêtements ;
- les seuils de pilotage prescrits pour les auscultations, les vibrations, et les déformations en surface et des constructions ;
- les essais sur les éléments des soutènements ;
- la position de la ligne d'intrados du revêtement (ligne I) ;
- les fonds de fouille avant bétonnage.

Pour les travaux réalisés au tunnelier, les points critiques supplémentaires suivants sont imposés :

- les relevés des paramètres de fonctionnement du tunnelier ;
- les relevés de la géométrie des sections par anneau, selon un pas à définir par le maître d'œuvre ;
- les injections de bourrage pour les anneaux composés de voussoirs.

Font l'objet de points d'arrêt, les étapes suivantes :

- la mise en œuvre des soutènements : vérification de la position de la ligne d'intrados S ;
- l'atteinte des seuils d'arrêt prescrits pour les auscultations, les vibrations et les déformations en surface et des constructions ;
- le support de l'étanchéité : vérification des tolérances de régularité ;
- la mise en œuvre de l'étanchéité : vérification de la continuité des soudures et de la mise en place des protections intrados avant le positionnement du coffrage de revêtement ;
- les réseaux : inspections visuelles ou télévisuelles des canalisations et fourreaux et épreuves d'étanchéité des conduites.

Pour les travaux réalisés au tunnelier, les points d'arrêt supplémentaires suivants sont imposés suivant le mode de fonctionnement du tunnelier :

- réception en usine au terme du montage à blanc ;
- vérification de la qualité des voussoirs en usine. Le CCTP en précise la périodicité ;
- vérification de la géométrie des anneaux ;
- essais de convenance du mortier de bourrage pour le remplissage du vide annulaire à l'arrière des voussoirs ;
- essais de contrôle de la rhéologie de la boue bentonitique.

Le CCTP fixe, en tant que de besoin, un complément à ces listes.

Le CCTP précise les délais de préavis et de réponse associés aux points d'arrêt.

Le titulaire complète la liste des points critiques et d'arrêt dans la NOG du plan qualité et, si besoin, en cours de chantier. Les points critiques et les points d'arrêt sont rappelés dans les procédures d'exécution concernées.

(13)

Le guide GEM [16] définit le contrôle intérieur et les modalités d'organisation à prévoir par le titulaire du marché de travaux au cours de la période de préparation (éléments de la NOG).

Les actions du contrôle intérieur doivent permettre une réaction aussi rapide et efficace que possible sur les processus de fabrication et d'exécution (maintien des réglages et des consignes, actions correctives).

Le contrôle externe peut être effectué par des moyens (personnel, matériel) affectés au chantier de façon continue ou non, ou par des moyens de l'entreprise non affectés au chantier, ou même par des moyens extérieurs à l'entreprise agissant pour le compte de celle-ci.

La rémunération des opérations de contrôle externe fait l'objet de prix spécifiques. La rémunération des opérations de contrôle interne est intégrée dans le règlement des prestations.

Généralement, les étapes de la réalisation qui font l'objet d'un contrôle externe concernent :

- les contrôles des boulons de soutènement ;
- les contrôles des bétons de soutènement ;
- les contrôles des bétons de revêtement ;
- les contrôles de l'étanchéité conformément aux stipulations du fascicule 67 titre III du CCTG [18] ;
- l'inspection télévisuelle de tous les fourreaux mis en réserve que ce soit pour l'alimentation électrique des équipements de l'ouvrage, les réseaux de transport d'électricité, de télécommunication, de drainage, d'assainissement ;
- et le cas échéant, les contrôles des vibrations et des déplacements sur les avoisinants.

L'entrepreneur peut décider que d'autres opérations sont soumises au contrôle externe. Ces opérations sont précisées par l'entrepreneur dans son Plan Qualité et leur coût est intégré dans le règlement des prestations correspondantes.

Conformément au guide GEM :

- l'entrepreneur peut informer avec un préavis suffisant le maître d'œuvre, des dates de réalisation des contrôles qui ne font pas l'objet de points d'arrêt, au cas où il voudrait y assister ;
- le maître d'œuvre doit préciser au CCTP ses souhaits concernant les modalités d'information des résultats du contrôle intérieur (hormis ceux relatifs aux étapes faisant l'objet de points d'arrêt ou qui concernent des non-conformités). Ces documents de suivi des contrôles, qui ne sont pas soumis au visa du maître d'œuvre, peuvent être tenus à sa disposition jusqu'à la fin des travaux ou lui être adressés au fur et à mesure de leur obtention.

F69

d) Traitement des non-conformités (14)

Le titulaire doit prévoir une procédure spécifique de traitement des non-conformités :

- relevées dans le cadre du contrôle intérieur ;
- notifiées par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, suite aux actions de contrôle extérieur.

(14)

Le guide GEM [16] indique la démarche à suivre pour la détection et le traitement des non-conformités.

Pour les vérifications qui requièrent l'accord exprès du maître d'œuvre avant la poursuite des travaux (points d'arrêt), les délais de préavis et de réponse stipulés au CCTP doivent être respectés afin de ne pas risquer d'entraîner un arrêt partiel ou total des travaux. En effet toute détection de non-conformité à l'occasion de ces vérifications peut nécessiter des mises au point avant la poursuite des travaux. Ce peut être le cas lorsque des non-conformités concernent les

soutènements et par conséquent la sécurité. Les mesures à prendre concernent à la fois :

- les études d'exécution ;
- les changements à apporter dans le choix des matériaux et dans le processus d'exécution ;
- la réparation, le renforcement ou le rebut des éléments non conformes.

Toute non-conformité décelée par le maître d'œuvre ou le contrôle extérieur fait l'objet de la même démarche de traitement qu'une non-conformité décelée dans le cadre du contrôle intérieur.

Article I.3.2 - Contrôle extérieur

F69

Le CCTP précise le cas échéant l'organisation du contrôle extérieur que le maître d'ouvrage prévoit de mettre en place. Le titulaire donne toutes facilités pour l'exercice du contrôle extérieur ; les dispositions correspondantes, fixées au CCTP, sont prises en compte dans le plan qualité et, en particulier, dans les procédures d'exécution. Selon les dispositions du contrat de maîtrise d'œuvre, le contrôle extérieur lui est confié en totalité ou en partie. Dans tous les cas, ce dernier est informé des résultats de ces contrôles et en tient compte pour la direction de l'exécution du contrat de travaux. Les résultats de ces contrôles ou essais complémentaires sont communiqués au titulaire dès qu'ils sont connus. Ils sont réalisés de telle manière qu'ils ne conduisent pas à un arrêt ou à un retard de la phase de travaux correspondante. Restent à la charge du titulaire toutes les vérifications supplémentaires que pourraient rendre nécessaires les résultats des contrôles extérieur ou intérieur. (15)

(15)

Le guide GEM [16] définit le contrôle extérieur et ses actions ainsi que le plan de contrôle qui doit être soumis à validation du maître d'ouvrage par le maître d'œuvre.

Généralement pour les ouvrages souterrains, compte tenu de la spécificité des travaux (nombreux points sensibles) et de leur complexité, le maître d'œuvre établit, dès la phase d'appel d'offres un projet de plan de contrôle qui est joint au DCE. Il comprend dans un premier temps le contrôle extérieur prévu à la conception, il est ensuite mis à jour pour intégrer les modalités du contrôle intérieur prévu par le titulaire du marché de travaux et les sous-traitants.

La surveillance de l'application du plan qualité inclut les vérifications des résultats du contrôle intérieur et celles portant sur l'application des procédures de l'entrepreneur.

Les résultats de ces contrôles sont communiqués à l'entrepreneur dès qu'ils sont connus. Ils sont annexés au journal du chantier.

Pour les contrôles extérieurs définis au CCTP ainsi que pour les vérifications supplémentaires que pourraient rendre nécessaires les mauvais résultats du contrôle intérieur (cf. article 24.6 du CCAG Travaux [2]), les dépenses liées aux moyens nécessaires à l'accès aux ouvrages à contrôler ainsi qu'aux personnels affectés à l'utilisation des dits moyens sont réputées incluses dans les prix de l'entrepreneur.

Ces essais et contrôles sont réalisés de telle manière qu'ils ne conduisent pas à un arrêt ou un retard de la phase de travaux correspondante, sauf s'ils engagent la bonne exécution des travaux.

Si un arrêt des travaux est consécutif à la réalisation des contrôles extérieurs, l'entrepreneur a droit à être indemnisé. Le bordereau des prix peut prévoir un ou des prix d'arrêt de chantier à la journée par type de travaux. Par contre, si un arrêt des travaux est consécutif à la réalisation de vérifications supplémentaires exécutées tel que défini en supra, l'entrepreneur n'a pas droit à être indemnisé.

Article I.4.1 - Principes généraux d'organisation

F69

Sur la base de son Schéma Organisationnel du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE) présenté à l'appui de sa soumission, le titulaire établit, dès la période de préparation, son Plan de Respect de l'Environnement (PRE) en prenant en compte l'organisation des travaux, ainsi que les contraintes du chantier. (16)

Le PRE précise les dispositions que le titulaire met en place pour prévenir et/ou réduire les impacts sur l'environnement et pour intervenir en cas d'incident ou d'accident. Le PRE est soumis au contrôle intérieur du titulaire. Celui-ci informe le maître d'œuvre des événements considérés comme des anomalies. Il propose dans les plus brefs délais, les actions correctives (traitement des non-conformités). Au cours du déroulement des travaux, le maître d'œuvre assure le contrôle extérieur du PRE et peut effectuer tout contrôle de sa bonne application.

Le titulaire prend les dispositions pour que tous les intervenants agissant pour son compte sur le site respectent les stipulations du PRE.

Le PRE est un document qui peut être mis à jour au fur et à mesure du déroulement du chantier.

En vue de l'application du CCAG - travaux, la gestion des déchets et l'enlèvement des matériels et matériaux sans emploi font l'objet d'un Schéma d'Organisation et de Gestion des Déchets (SOGED) établi par le titulaire. Le SOGED doit définir concrètement les modalités de gestion et d'élimination des déchets de chantiers.

(16)

Le respect de l'environnement est une priorité. La responsabilité pénale de l'entrepreneur, du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage peut être engagée.

Dans la présentation des contraintes pour l'exécution des travaux, le dossier de consultation doit préciser :

- l'avancement des procédures environnementales et, pour celles qui sont achevées, annexer les arrêtés préfectoraux d'autorisation : loi sur l'eau, installations de stockage des déchets inertes, installations classées pour la protection de l'environnement ;

- les engagements pris le cas échéant dans le cadre de l'étude d'impact et/ou de la procédure de déclaration d'utilité publique et intéressant l'entreprise : engagements de l'État, mesures compensatoires ;
- les autres exigences spécifiques du marché en matière de respect de l'environnement.

Comme proposé par la recommandation GT32R3F1 de l'AFTES [12], les données d'entrée sur l'environnement naturel et humain et les commentaires sur les contraintes environnementales peuvent être présentés sous la forme de deux cahiers joints au DCE (cahiers A3 et B3).

Article I.4.2 - Protection de l'environnement durant le chantier

Selon la sensibilité du site, l'exécution des travaux peut avoir des incidences sur l'environnement justifiant des dispositions particulières.

Il convient d'empêcher, de réduire ou de maîtriser la création de nuisances, l'émission ou le rejet de tous types de polluants ou déchets, afin de réduire les impacts environnementaux. Le CCTP définit les exigences contractuelles au regard des contraintes environnementales et donne toutes précisions utiles pour leur prise en compte pendant l'exécution des travaux. (17)

Il s'agit notamment de traiter les sujets suivants :

- réduction des nuisances sonores, des surpressions aériennes et des vibrations ;
- réduction des pollutions atmosphériques : traitement des rejets tels que poussières, fumées ;
- maîtrise des tassements de surface et des mouvements des constructions ;
- gestion du mouvement des terres : dépôts provisoire et définitif – réemploi – valorisation ; **(18)**
- gestion des déchets : déchets inertes, déchets non dangereux, déchets dangereux ; le CCTP définit, pour ces domaines, les prescriptions particulières qu'il convient de respecter, notamment en matière de traçabilité des déchets et de valorisation des matériaux issus du chantier ; **(19)**
- gestion des sols et matériaux pollués (présence dans le terrain d'hydrocarbures, d'amiante, ...) ;
- maîtrise des matériaux contenant des substances chimiques ou autres matières polluantes ;
- gestion des produits polluants : conditions de stockage ;
- maîtrise des circulations d'eaux souterraines : modifications des écoulements, assèchement de nappes phréatiques, préservation des zones de captage d'eau potable ;
- maîtrise des eaux superficielles et souterraines : collecte et traitement des rejets ; le CCTP fixe les contraintes minimales en matière de rejet permettant de respecter les normes d'objectif de qualité et d'environnement ; **(20)**
- propreté des voiries existantes empruntées par les véhicules de chantier.

(17)

Dans le cadre de la réduction des impacts environnementaux, les précisions suivantes doivent être apportées :

- nuisances sonores : le marché doit prendre en compte l'arrêté préfectoral en vigueur (exemples possibles : limitation des plages horaires pour les tirs, les circulations d'engins, exigence de matériels peu bruyants en conformité avec les dernières normes en vigueur, etc.) ;
- impact du creusement sur les ouvrages existants : cf. I.2.2 et III.4 du dossier pilote environnement du CETU [19] ainsi que la recommandation GT16R2F1 de l'AFTES [13] ;
- impact du chantier sur l'environnement naturel et humain : cf. recommandation GT32R3F1 de l'AFTES [12].

(18)

Dans le cadre de la gestion des mouvements des terres, une attention particulière doit être portée à l'aménagement des dépôts provisoires afin qu'ils ne constituent pas une pollution paysagère. Dans tous les cas, le bon écoulement des eaux superficielles doit être assuré.

Concernant la réutilisation ou la valorisation des déblais, le maître d'ouvrage se référera au document d'information du CETU sur les matériaux géologiques naturels excavés en travaux souterrains [20], ainsi qu'à la recommandation GT35R1F2 de l'AFTES sur « *La gestion et l'emploi des matériaux excavés* » [21].

(19)

L'attention du maître d'ouvrage est attirée sur le fait que s'il se défait des matériaux excavés, ces derniers prennent le statut de déchet [20].

Dans le cadre de la gestion des déchets, une attention particulière doit être portée aux produits non explosés tels que les imbrûlés lors des tirs, aux surplus d'étanchéité et à tous produits chimiques tels que adjuvants pour béton, huiles, etc.

Concernant les rebuts et déchets de chantier, le marché doit préciser les obligations des entreprises en matière de tri sélectif et les obligations techniques applicables (existence d'un plan départemental des déchets).

(20)

Relativement à la collecte et aux rejets des eaux de chantier, le marché doit intégrer les mesures prises dans le dossier loi sur l'eau (si celui-ci existe) et indiquer à l'entrepreneur les prescriptions de l'arrêté préfectoral afin de mettre en œuvre les dispositions en phase travaux. Une attention particulière doit être portée aux aménagements des zones de stockage des matériaux et des matériels.

Article I.5.1 - Principes Généraux de Prévention (PGP)

Les PGP, définis par les articles L4121-2 du code du travail, s'appliquent à tous les stades du projet. Ces principes s'appuient, notamment, sur l'évaluation des risques professionnels. Ils sont à respecter par l'ensemble des acteurs du projet.

L'application des PGP est indispensable pour permettre la cohésion entre les acteurs du projet, l'échange et la formalisation des actions de prévention.

Selon le contexte des travaux, le marché précise si l'on est en situation où :

- le projet s'inscrit dans le cadre d'une mission de Coordination de la Sécurité et de la Protection de la Santé (CSPS) ;
- le projet s'inscrit dans le cadre d'un plan de prévention ;
- le projet s'inscrit dans un cadre mixte. **(21)**

(21)

La Coordination de la Sécurité et de la Protection de la Santé (CSPS)

La coordination sécurité protection de la santé vise, pour tout chantier où interviennent plusieurs entrepreneurs, à prévenir les risques issus de leur coactivité et à prévoir l'utilisation de moyens communs. Cette coactivité est source de risques qu'il s'agit de prévenir par des mesures concertées entre acteurs. À cet effet, le maître d'ouvrage désigne un coordonnateur SPS, dont les rôles, missions et responsabilités sont définis par le Code du travail. Cette mission réglementée impose des obligations aux maître d'ouvrage, maître d'œuvre, CSPS, entreprises et exploitant du site.

Le plan de prévention

L'objectif du plan de prévention est d'assurer une coordination générale par le gestionnaire ou l'exploitant de l'ouvrage existant afin de prévenir les risques liés aux interférences entre ses activités et les installations/équipements de travail de l'entreprise exécutant les travaux notamment. Les mesures de prévention sont définies en respectant les principes généraux de prévention, l'application de celles-ci doit être effectuée pour chacun des risques rencontrés dans le cadre du projet.

Elles devront prendre en compte systématiquement les quatre facteurs suivants : Individu, Tâches, Matériels, Matériaux et Milieu (ITEMAMi).

La Coordination mixte

La difficulté, voire l'impossibilité d'isolement de la zone de chantier (accès spécifique absent, impossibilité de suspendre l'activité de l'entreprise utilisatrice, etc.) peut être rencontrée lors de travaux en tunnels maintenus en activité. Il y a alors à la fois :

- coactivité sur la zone en travaux ;
- interférences possibles entre les travaux et l'activité existante.

La réglementation anti-endommagement

La prévention des risques professionnels passe également par le renforcement des compétences relatives aux travaux à proximité des réseaux.

La réglementation anti-endommagement rend obligatoire depuis le 1^{er} janvier 2018 l'Autorisation d'Intervention à Proximité des Réseaux (AIPR) pour les intervenants en préparation et exécution des travaux à proximité des réseaux. Trois catégories de personnes doivent disposer d'une AIPR, délivrée par leur employeur :

- profil « concepteur » : salarié du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre devant intervenir en préparation ou suivi des projets de travaux ;
- profil « encadrant » : salarié de l'entreprise de travaux intervenant en préparation administrative et technique des travaux (chef de chantier, conducteur de travaux) ;
- profil « opérateur » : salarié intervenant directement dans les travaux à proximité des réseaux aériens ou enterrés.

Article I.5.2 - Risques professionnels des travaux souterrains

F69

Le marché fixe notamment dans le Plan Général de Coordination (PGC) et dans le CCTP, les exigences minimales relatives aux mesures à prendre pour traiter certains risques professionnels spécifiques. (22)

(22)

Le « Guide des bonnes pratiques pour la sécurité et la protection de la santé en matière de travaux souterrains » publié par la CARSAT Rhône Alpes et le CETU [22] donne un ensemble d'informations relatif à la prévention des risques professionnels propres aux travaux souterrains. Ce guide comporte dans sa deuxième partie, une étude des risques avec les mesures de prévention associées et des fiches d'analyse tâche par tâche.

Les principaux risques spécifiques sont :

- l'amplification des risques liés au confinement (bruit, qualité de l'air, flux de circulation des engins, des piétons, etc.) ;
- l'exiguïté aux postes de travail ;
- le travail en lumière artificielle ;
- la ventilation ;
- l'exposition aux risques liés au terrain, à la profondeur (froid, chaleur, humidité, rayonnement, explosion, etc.), au milieu sous pression tel que hyperbarie lors de l'utilisation de tunnelier confiné (durées d'interventions et d'expositions, gestion du caisson de survie, choix du gaz respiratoire, etc.) ;
- la circulation des engins et des piétons ;
- l'emprise des engins et matériels utilisés ;

- la présence d'eau et les risques d'inondation en particulier en cas d'attaque descendante ;
- les méthodes d'excavation (matières explosives, tunneliers, etc.) ;
- les chutes de matériaux provenant du terrain environnant ou projection de blocs (cas de tirs à l'explosif par exemple).

Le groupe de travail n°12 de l'AFTES propose également des recommandations dans le domaine de la sécurité et de la protection de la santé des travailleurs.

La CRAMIF, dans le cadre des travaux du Grand Paris Express, a par ailleurs édité un document définissant un socle d'exigences minimales en matière de prévention des risques professionnels [23].

Dans le domaine spécifique de la ventilation de chantier, deux documents ont été publiés récemment : la recommandation R.494 de la CNAMTS intitulée « Mise en œuvre de dispositifs de ventilation en travaux souterrains linéaires » [24], et la recommandation du GT27 de l'AFTES relative à la ventilation des ouvrages souterrains en cours de construction [25].

I.6 DOCUMENTS FOURNIS PAR LE TITULAIRE

F69

Le titulaire propose un principe de codification des documents qu'il produit au moyen d'une procédure de maîtrise de la documentation et des enregistrements.

Les documents à fournir par le titulaire au cours des différentes phases du marché (période de préparation et travaux) ou après exécution (23) sont :

- le programme d'exécution des travaux ;
- le plan qualité y compris pour la gestion des risques ;
- le PRE ;
- le projet des installations de chantier ;
- les documents relatifs à la sécurité et à la protection de la santé ;
- les documents d'exécution ;
- les documents de suivi du contrôle intérieur ;
- le dossier de récolement de l'ouvrage.

(23)

Le guide GEM [16] propose dans son article 2.2 un inventaire structuré des documents par phases de l'opération et en particulier :

- des recommandations à l'attention des maîtres d'ouvrage en phase de consultation, en phase d'offre et en phase de mise au point et signature du marché ;

- des recommandations en période de préparation ;
- des recommandations en phase d'exécution ;
- des recommandations en phase de fin d'exécution, remise en état et réception.

Le guide GEM propose dans son article 2.3 des dispositions relatives à la présentation de ces documents.

Article I.6.1 - Programme d'exécution des travaux

F69

Outre les documents visés au CCAG - travaux, le programme d'exécution des travaux à fournir au démarrage de la période de préparation indique :

- le calendrier prévisionnel des études d'exécution qui comprend :
 - la liste des documents d'exécution dont la fourniture est nécessaire à la réalisation des travaux,
 - le calendrier prévisionnel des études d'exécution faisant apparaître clairement les tâches critiques et leur enchaînement. Il comporte l'échéancier d'envoi des documents et les dates prévues pour l'obtention des visas du maître d'œuvre. Il est mis à jour régulièrement dans les conditions indiquées au marché ;
- la description générale des ressources (personnel, matériel, matériaux) nécessaires pour chaque phase de travaux ;
- le calendrier d'établissement des procédures d'exécution nécessaires pour chaque phase de travaux ;
- le calendrier prévisionnel d'exécution des travaux **(24)** en tenant compte des délais d'établissement, de vérification des documents d'exécution, de l'agrément et de la fourniture des matériaux et des intempéries prévisibles. Il doit être présenté de telle sorte qu'apparaissent clairement les tâches critiques, l'enchaînement des phases d'exécution, leur durée, les marges de temps disponibles pour leur exécution et, s'il y a lieu, les délais à respecter entre elles. Il est mis à jour régulièrement dans les conditions indiquées au marché.

(24)

Le calendrier prévisionnel d'exécution des travaux est établi en tenant compte des sujétions du marché dont celles liées au PMR.

Pour les ouvrages complexes, un calendrier prévisionnel détaillé peut être établi sur une partie de la durée globale du chantier, par exemple à deux, trois ou six mois. Ce calendrier détaillé doit être mis à jour tous les mois.

La mise à jour du calendrier général consiste à tracer tous les mois « une ficelle » qui représente l'avancement et indique les écarts sur le planning chemin de fer global du chantier.

Périodiquement, un nouveau calendrier prévisionnel d'exécution est établi par l'entrepreneur en cours de chantier, en reportant à la date de mise à jour les avancements réalisés et les ajustements des avancements prévus.

Cette mise à jour peut être demandée selon la périodicité suivante : avancement à 25, 50, 75% du délai.

Une prévision d'accostage financier (ou coût à terminaison prévisionnel) est à fournir par l'entrepreneur sur la même périodicité.

Article I.6.2 - Les documents d'exécution

F69

Les documents d'exécution **(25)** comprennent :

- une note d'hypothèses générales définissant les bases des études d'exécution ;
- les matériels et méthodes, les plans et les études d'exécution des pré-soutènements et traitements des terrains en place ;
- les matériels et méthodes, les plans et les études d'exécution des soutènements et des ouvrages définitifs ;
- les matériels et méthodes pour les reconnaissances à l'avancement ;
- les matériels et méthodes, les plans et les études d'exécution relatifs au traitement des risques.

La note d'hypothèses générales définissant les bases des études d'exécution rappelle, en particulier :

- l'ensemble des hypothèses géologiques, hydrogéologiques et géotechniques retenues par le titulaire sur la base du MSG ;
- les profils types de creusement-soutènement et les méthodes de calculs choisies pour leur justification ;
- le cas échéant, les modifications qu'envisage d'apporter le titulaire aux profils types de creusement-soutènement ;
- les hypothèses et les méthodes de calculs choisies pour la justification des revêtements.

Toutes les notes de calcul électroniques sont accompagnées d'une note de synthèse qui récapitule :

- les hypothèses et données introduites dans le programme de calcul ;
- les principes généraux de fonctionnement de ce programme ;
- les principaux résultats obtenus et leur interprétation.

(25)

Le CCTP doit rappeler les textes généraux et les textes spécifiques aux parties d'ouvrage qui s'appliquent et qui servent de base pour les justifications relatives aux études d'exécution.

Article I.6.3 - Le projet des installations de chantier

F69

Le projet des installations de chantier comporte la description, avec leurs caractéristiques et leurs phasages, des moyens et matériels principaux nécessaires à la bonne exécution des travaux, qu'ils soient positionnés à l'extérieur ou à l'intérieur de l'ouvrage à construire. Il doit prendre en compte les exigences en matière de protection de la santé et de sécurité, de préservation de l'environnement. **(26)** Il précise notamment :

- les dispositions envisagées pour l'implantation, l'édification et l'aménagement des ateliers, bureaux, locaux de sécurité et d'hygiène, magasins et aires de stockage des matériels et matériaux approvisionnés, laboratoire s'il y a lieu, et leurs raccordements aux différents réseaux ;
- les chemins de service et les voies d'accès, ainsi que les aires de circulation de toute nature à l'intérieur du chantier, les aires d'évolution des engins de manutention, les parcs de stationnement des véhicules ;
- les installations particulières telles que aire de montage des matériels spécifiques, dépôts d'explosifs, aire de stockage, de chargement ou centrale de concassage des matériaux extraits, centrale de fabrication et de stockage des éléments préfabriqués sur le chantier, centrale d'injection ou de traitement, centrale à béton, traitement et évacuation des effluents, dispositifs d'éclairage et de ventilation du chantier, dispositifs pour la gestion et l'élimination des déchets ;
- les besoins en emprises spécifiques à l'approvisionnement, au montage, au fonctionnement des tunneliers, ainsi qu'au démontage ;
- les besoins en alimentation électrique nécessaires, notamment pour le fonctionnement des tunneliers ;
- les conditions d'accès au chantier, de stockage et de manutention des matériaux, composants, éléments préfabriqués et tous autres produits, s'il y a lieu ;
- les dispositions pour la clôture et l'éclairage des installations, ainsi que pour la signalisation du chantier ;
- les dispositions prises pour le respect des contraintes environnementales et pour réduire les gênes imposées aux usagers et aux voisins.

(26)

Pour les travaux réalisés en souterrain, la surface des installations de chantier doit être suffisante pour mettre en place toutes les installations nécessaires au bon déroulement des travaux. Cette surface est généralement comprise entre 1 à 2 ha selon les contraintes foncières, notamment en milieu urbain, et lorsqu'il est nécessaire d'intégrer pour le creusement au tunnelier les installations suivantes :

- une centrale à traitement de boue (tunnelier à pression de boue) ;
- une centrale à béton et une aire de préfabrication pour la réalisation des voussoirs ;
- une aire dédiée au stockage des voussoirs issus de la préfabrication.

Les aires de montage des matériels spécifiques concernent les outils coffrants de voûte et le tunnelier.

Concernant l'emploi d'explosifs, le maître d'ouvrage doit vérifier la possibilité d'implantation d'un dépôt d'explosif dans l'environnement du chantier. Les informations correspondantes figurent dans les pièces administratives du marché et l'entrepreneur doit procéder aux démarches d'autorisation réglementaire dès la période de préparation.

Concernant l'évacuation des matériaux extraits et notamment lors de travaux réalisés au tunnelier, le projet doit prendre en compte les matériels spécifiques tels que convoi par bandes transporteuses ou wagonnets.

En cas de revêtement préfabriqué à base de voussoirs et notamment pour les ouvrages réalisés au tunnelier, l'aire dédiée au stockage des voussoirs sera généralement dimensionnée de manière à accueillir au minimum 1,5 fois la quantité journalière maximale envisagée. En cas de travail continu, 7 jours sur 7, la surface de stockage sera dimensionnée pour recevoir 3 fois la quantité journalière maximale, ceci afin de s'affranchir des restrictions de livraison de fin de semaine.

Lors de travaux réalisés avec un tunnelier à pression de boue, l'installation de chantier devra prendre en compte une surface suffisante permettant d'installer l'aire de traitement des boues.

Les travaux réalisés au tunnelier nécessitent de prévoir une centrale à mortier sur chantier pour la fabrication du mortier de bourrage.

Lors de travaux réalisés au tunnelier, au cas où les circuits hydrauliques du tunnelier sont refroidis par de l'eau réfrigérée, l'installation de chantier doit prévoir une surface dédiée aux tours réfrigérantes.

Concernant le transport des marins hors des limites du chantier et notamment pour ce qui concerne les accès au chantier, le trafic local et les contraintes de circulation (arrêté municipal notamment) doivent être pris en compte.

Article I.6.4 - Les documents transcrivant les résultats du contrôle intérieur

F69

Ces documents, décrits dans le plan qualité du titulaire et de ses sous-traitants, répondent à trois objectifs :

- ils constituent le support de la matérialisation des différents contrôles effectués ;
- ils permettent au maître d'œuvre de s'assurer que les travaux sont bien conformes aux prescriptions du marché ;
- ils offrent au gestionnaire de l'ouvrage, lorsqu'ils seront regroupés dans le dossier de récolement, les moyens d'être informé sur les conditions d'exécution.

Lors de l'exécution, le titulaire adresse au maître d'œuvre les documents de suivi, au fur et à mesure de l'obtention des résultats du contrôle intérieur.

Article I.6.5 - Les documents fournis après exécution des ouvrages

F69

Pour la constitution du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE), le titulaire doit remettre au maître d'ouvrage un dossier de récolement, selon les prescriptions définies au marché.

Outre les documents visés au CCAG - travaux, le titulaire doit fournir les documents suivants :

- dossier de récolement des plans conformes à l'exécution contenant, entre autres :
 - les plans généraux et de détail,
 - le levé de l'ensemble des soutènements appliqués,
 - les photographies des ouvrages terminés,
 - notes de calculs d'exécution triées, mises à jour et précédées d'une liste récapitulative et d'un résumé des principales modifications apportées aux hypothèses de calcul au cours du déroulement de l'étude,
 - consignes d'exécution triées et précédées d'une liste récapitulative et d'un résumé des principales modifications apportées au cours du chantier aux méthodes initialement prévues ;
- dossier de suivi de chantier contenant, entre autres :
 - le journal de chantier,
 - les rapports des incidents de chantier,
 - les notices techniques et descriptives,
 - le programme de construction et de phasage et le planning (calendrier réel d'exécution),
 - l'instrumentation géotechnique mise en œuvre,
 - les résultats des auscultations et des essais *in situ* et en laboratoire,
 - le rapport de suivi géologique, hydrogéologique et géotechnique ;
- dossier relatif à l'assurance qualité du chantier incluant :
 - le plan général de contrôles, document de synthèse des différents plans de contrôles particuliers,
 - les plans qualité et les procédures qui s'y rapportent,
 - les procès-verbaux d'acceptation des matériaux et produits conformément aux stipulations du CCAG - travaux, et des matériels nécessitant un étalonnage conformément aux prescriptions du marché,
 - les fiches de suivi ou les bons de livraison constituant les preuves de traçabilité des produits,
 - les certificats de qualification éventuels du personnel,
 - les fiches de traitement des non-conformités avec les pièces qui s'y rapportent, les rapports d'évaluation de la qualité ;
- une notice de fonctionnement et d'entretien des ouvrages.

Le titulaire remet au maître d'œuvre, pendant la période de préparation des travaux, le plan du dossier de récolement. Les documents d'exécution seront reclassés pour le dossier de récolement suivant une numérotation fournie par le maître d'œuvre. Ces documents ne seront pris en considération par le maître d'œuvre que s'ils sont revêtus du visa du responsable du « Contrôle Qualité » du titulaire. (27)

(27)

Le dossier de récolement doit permettre au maître d'œuvre de constituer le dossier d'ouvrage (DO ou DOE). Les documents sont fournis en deux exemplaires sur support papier et deux sur support informatique.

L'utilisation du BIM (Building Information Modelling) dans le domaine des infrastructures souterraines, doit être encouragée. L'alimentation de données structurées dans la maquette numérique pendant l'exécution des travaux participe à la fiabilisation des données de construction, et permet de constituer un dossier des ouvrages exécutés numérique qui pourra être utilisé pour le suivi ultérieur de la vie de l'ouvrage.

Le contenu du dossier d'ouvrage est défini au fascicule 01 de l'Instruction Technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA [26]).

Pour les tunnels ainsi que pour les tranchées couvertes, du fait que ces ouvrages reçoivent des équipements, le dossier d'ouvrage est composé d'un dossier Génie Civil et d'un dossier des équipements.

Le dossier Génie Civil est constitué de 3 sous-dossiers :

- le sous-dossier 1 relatif à la conception et à la construction ;
- le sous-dossier 2 relatif aux éléments de référence pour la gestion ;
- le sous-dossier 3 relatif à la vie de l'ouvrage.

Sous-dossier 1 :

- notes de calculs et plans d'exécution de la section courante : stabilité en phase définitive, dimensionnement du revêtement, dimensionnement et dispositions du système de drainage et d'assainissement. Aux plans d'exécution certifiés conformes à l'exécution seront joints : le dossier des photos réalisées en cours de travaux, les relevés des sections excavées, des profils soutenus, de l'intrados de l'ouvrage, le plan synoptique des soutènements, le plan des réservations réalisées dans le génie civil en vue de la réalisation des équipements que ce soit dans le revêtement du tunnel ou les trottoirs ou la chaussée ;
- notes de calculs et plans des dispositifs en phase intermédiaire tels que les profils de soutènement de la section excavée, le coffrage métallique des revêtements ;
- le dossier des éléments géologiques, géotechniques et hydrogéologiques spécifiques à l'ouvrage : dossier de synthèse géologique, géotechnique et hydrologique y compris profil en long faisant apparaître les différents soutènements mis en œuvre et leurs longueurs d'application, relevés géologiques, essais, mesures et auscultations réalisés au cours des travaux. Ce dossier mettra en évidence les anomalies et éléments singuliers ;
- les relevés géométriques : tracé en plan et profil en long ;
- notes de calculs, plans relatifs aux ouvrages provisoires et procédés d'exécution : documents relatifs aux diverses phases de creusement, aux soutènements provisoires, aux méthodes particulières d'exécution par matériels spécifiques tels que voûte parapluie, prévoûte, radier provisoire ;
- notes de calcul et plans d'exécution des ouvrages singuliers tels qu'ouvrages de tête et ouvrages annexes : ouvrages de sécurité (galerie de secours, niches, by-pass, refuges, garages, ...), gaines de ventilation, station de ventilation, puits, locaux d'exploitation, etc. ;
- les parties du plan qualité spécifiques de l'ouvrage y compris ouvrages de têtes et remblais contigus telles que les procédures d'exécution et les résultats du contrôle intérieur. Pour toutes les parties d'ouvrages – tunnel creusé, galerie de secours, ouvrages de tête extérieurs, ouvrages de sécurité et autres ouvrages d'exploitation, les phases de travaux concernées par les procédures à remettre sont celles qui concernent

l'exécution des déblais, des soutènements, l'étanchéité, le revêtement, les réseaux d'assainissement, de drainage et de réseaux divers, les travaux réalisés au niveau de la plate-forme routière en tunnel et à l'extérieur, les bassins liés à l'exploitation du tunnel ;

Nota : Le maître d'œuvre intégrera à ce niveau les éléments du contrôle extérieur.

- la correspondance relative à l'exécution des travaux ;
- les comptes rendus des réunions de chantier visés par le maître d'œuvre et l'entrepreneur ;
- le journal de chantier dont le calendrier réel d'exécution visé par le maître d'œuvre et l'entrepreneur ;
- les documents spécifiques telles que les méthodes particulières d'exécution et celles relatives à l'emploi de matériaux nouveaux ;
- les documents de suivi des risques pendant l'exécution des travaux et en particulier les fiches de risques.

Sous-dossier 2 :

En vue de l'établissement des consignes d'entretien des réseaux de drainage et d'assainissement, l'entrepreneur établira une notice descriptive des dispositions constructives prises pour le nettoyage des réseaux de drainage et d'assainissement ainsi que pour les ouvrages connexes (bassin de récupération des liquides déversés sur chaussée, etc.).

Pour la partie « dossier de synthèse », l'entrepreneur remettra les fiches de non-conformité non fermées.

Les documents d'exécution seront reclassés pour le dossier de récolement suivant une numérotation fournie par le maître d'œuvre. Ces documents ne seront pris en considération par le maître d'œuvre que s'ils sont revêtus du visa du responsable du « Contrôle Qualité » de l'entrepreneur.

Sous-dossier 3 :

Ce sous-dossier contient les informations relatives à la vie de l'ouvrage depuis la date de l'état de référence.

Il comprend notamment la liste des diverses garanties avec leur date d'expiration, qui doit être complétée ou actualisée en cas de réparation ou de modification.

Ces informations varient dans le temps et le sous-dossier 3 doit être constamment tenu à jour.

Ce sous-dossier 3 est du ressort du maître d'ouvrage gestionnaire.

CONCEPTION DES OUVRAGES

II.1 DÉFINITION DES OUVRAGES

(28)

Le creusement d'un ouvrage souterrain nécessite un repérage spécifique des parties d'ouvrage, généralement effectué en « point métrique » (PM). Ce repérage relatif, rattaché au repérage de l'ensemble de l'opération, permet de suivre dans le temps, sans

ambiguïtés et au-delà de la phase de creusement, le positionnement précis de chaque partie d'ouvrage dans son environnement.

Les limites géométriques concernent notamment la position du PM 0 et le sens des PM (croissants ou décroissants).

Article II.1.1 - Lignes de référence

F69

Le CCTP définit la géométrie des lignes de références suivantes : (29)

- la ligne I est la ligne d'intrados du revêtement ;
- la ligne S est la ligne d'intrados du soutènement à l'intérieur de laquelle ne doit se trouver aucune saillie du soutènement au moment de la mise en place de l'étanchéité ou, si celle-ci n'est pas prévue, du revêtement ;
- la ligne A est la ligne qui définit le gabarit d'excavation à l'intérieur de laquelle ne doit se trouver aucune saillie du terrain au moment de la mise en place du soutènement.

Ces lignes sont des lignes physiques qui doivent être contrôlées par le titulaire au titre de son contrôle intérieur. Le marché stipule si ces lignes font l'objet d'un contrôle extérieur.

(29)

Les lignes sont décrites depuis l'intrados du tunnel vers le terrain excavé, dans le sens inverse des étapes de construction du tunnel.

La **ligne I** détermine la section intrados de l'ouvrage terminé. Elle représente la seule ligne visible du génie civil principal de l'ouvrage. Elle est déterminée à partir de la section transversale fonctionnelle de l'ouvrage majorée d'une tolérance pour l'exécution du revêtement, quelle que soit la méthode d'excavation.

Pour les ouvrages creusés en méthode conventionnelle et au tunnelier sans voussoirs :

La **ligne S** garantit le respect de l'épaisseur nominale du revêtement.

Elle est définie en tenant compte des convergences prévisibles jusqu'à la réalisation du revêtement.

La **ligne A** garantit le respect de l'épaisseur nominale du soutènement. Pour les ouvrages creusés au tunnelier sans voussoirs, elle correspond à la dimension de la roue de coupe.

Pour les ouvrages creusés au tunnelier avec voussoirs :

La **ligne S** n'existe pas.

La **ligne A** garantit le respect de l'épaisseur nominale du revêtement (voussoirs). Elle correspond à la dimension de la roue de coupe. Elle tient compte de la surexcavation par rapport à l'extrados des voussoirs.

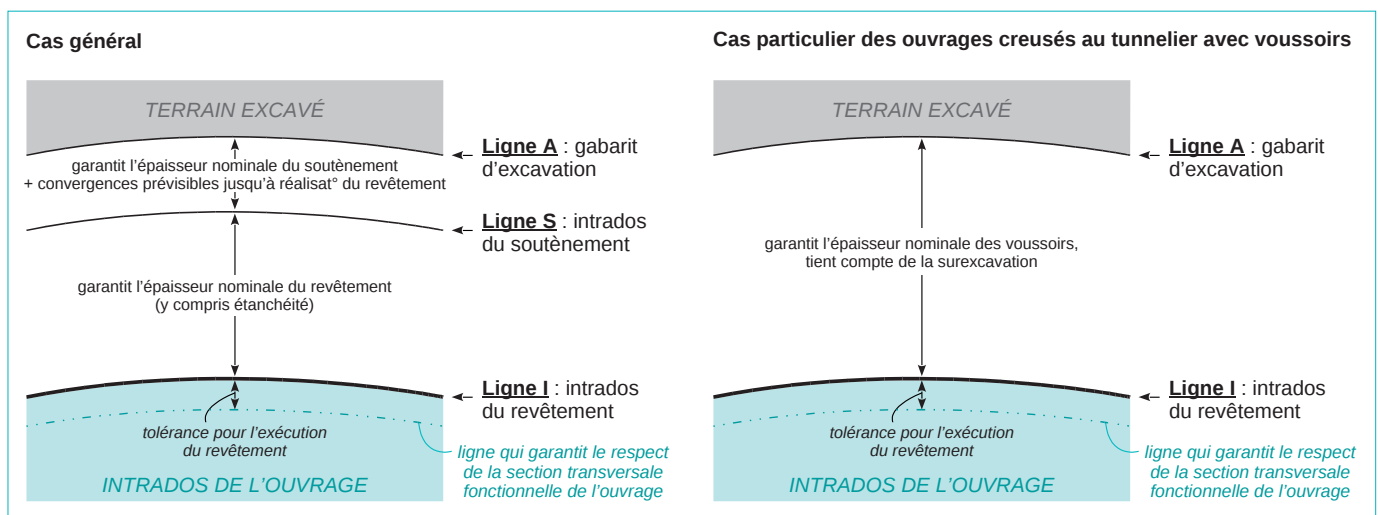


Illustration 2 : Définition des lignes de référence I, S et A

Les épaisseurs nominales sont définies en fonction des épaisseurs minimales résultant du pré-dimensionnement de l'ouvrage. Au stade du projet, le concepteur doit donner la position des lignes I, S et A pour chaque profil type. Les positions des lignes S et A retenues au moment des travaux résultent des études d'exécution réalisées par l'entrepreneur et visées par le maître d'œuvre.

Les positions respectives des lignes peuvent être différentes en élévation et en radier.

Le contrôle de ces lignes se fait à l'avancement par des levés réguliers par profilomètre optique assurés par un géomètre.

Ces levés font partie du contrôle interne de l'entrepreneur.

Pour les tunnels creusés en méthode conventionnelle dans des formations géologiques comparables, il est conseillé que les lignes d'excavation A des différents profils types soient identiques, ce qui permet l'adaptation du soutènement au vu du terrain excavé. Cette mesure a pour incidence une augmentation de l'épaisseur de béton coffré de revêtement pour les profils dont les soutènements sont les moins épais ; elle s'applique essentiellement aux ouvrages dont les conditions géologiques et donc le choix du profil type présentent une incertitude significative (densité de fracturation, etc.).

Article II.1.2 - Définition des ouvrages linéaires par profils types

F69

Les profils types sont des coupes types d'un ouvrage souterrain linéaire qui s'appliquent à des parties où les caractéristiques du terrain sont sensiblement uniformes. Les profils types fixent les caractéristiques géométriques de l'excavation et de son revêtement, ainsi que les dispositions de principe du soutènement. Ceux-ci font l'objet de plans indiquant notamment la géométrie en référence aux lignes définies ci-dessus, le phasage de l'excavation, les pré-soutènements et les soutènements. Le CCTP fixe les domaines d'application, les modalités et les limites d'adaptation de chaque profil type aux variations des conditions rencontrées sans qu'il soit nécessaire de changer de profil type. Les limites de ces adaptations sont définies par des fourchettes (valeurs minimale et maximale) applicables à certains composants du profil type. Ils sont conçus pour répondre à toutes les conditions géologiques définies dans le MSG, ainsi qu'aux contraintes imposées par le site. (30)

(30)

Sont concernés les ouvrages linéaires de géométrie courante tels que les tunnels, puits ou galeries.

Un profil type décrit une coupe de l'ouvrage souterrain. Quel que soit le mode d'excavation (méthode conventionnelle ou tunnelier), la définition du profil type comprend :

- la géométrie des lignes de référence ;
- le mode d'excavation ;
- le phasage de l'excavation, avec en particulier la longueur du pas de référence (ou longueur susceptible d'être excavée en une seule passe), la longueur de décousu (distance maximale au front à laquelle l'ensemble des soutènements doit être mis en œuvre), la succession des éventuelles sections divisées ;
- la nature et les quantités des pré-soutènements et soutènements à mettre en œuvre lors du creusement ;
- la nature du dispositif d'étanchéité le cas échéant ;
- la nature et les dimensions du revêtement le cas échéant.

Les profils types sont définis au CCTP. Les valeurs retenues au moment des travaux résultent des études d'exécution réalisées par l'entrepreneur et visées par le maître d'œuvre.

En vue de l'adaptation des profils types aux conditions réelles de creusement, chaque profil type est valable à l'intérieur de fourchettes de quantités (valeurs minimale et maximale) fixées par le marché. L'objectif est de ne pas multiplier le nombre de profils types et d'arrêter un mode de règlement raisonnable des quantités réellement mises en œuvre (voir article IV.2.2 du F69).

Il est par ailleurs souhaitable, dans un contexte géologique relativement homogène, de définir des profils dont les fourchettes de quantités se recouvrent. En effet, l'efficacité des équipes

travaillant au front est optimale si les méthodes de creusement-soutènement peuvent couvrir de façon continue le comportement du terrain.

En méthode conventionnelle, les fourchettes d'adaptation des profils types concernent la longueur du pas et les éléments de soutènements tels que l'épaisseur du béton projeté, le nombre et la longueur des boulons d'ancrage, l'espacement des cintres, etc. La longueur du pas de référence peut être laissée à l'initiative de l'entrepreneur dans son offre, en restant dans la fourchette fixée au DCE.

Pour les ouvrages réalisés au tunnelier, il faut distinguer les machines de type « roche dure à grippers » des machines de type « bouclier » (simple ou double jupe) avec pose de voussoirs préfabriqués. Dans le premier cas, le tunnelier réalise l'excavation puis les soutènements sont rapidement mis en œuvre à l'arrière du front (notion de décousu) comme en méthode conventionnelle. Un revêtement avec radier contre-voûté est généralement réalisé à l'arrière du tunnelier. Dans le deuxième cas, il n'y pas de distinction entre soutènement et revêtement, les voussoirs préfabriqués assurant les deux fonctions. Le pas d'avancement est alors égal à la longueur des anneaux de voussoirs.

Les profils types sont « conçus pour répondre à toutes les conditions géologiques définies dans le MSG, ainsi qu'aux contraintes imposées par le site ». Les conditions d'application des profils types doivent être définies au marché par des critères objectifs, observables ou mieux mesurables. Sont considérées comme mesurables les reconnaissances (sondages à l'avancement et relevés géologiques), les auscultations (mesures de convergences, déplacements, vibrations), les caractéristiques géotechniques des terrains.

Le mémoire de conception du maître d'œuvre joint au DCE (cahier C) doit expliciter les choix de profils en rapport à ces critères (cf. article I.2.1, commentaire (6)-e).
L'adaptation des profils types aux conditions réelles de creusement relève de la compétence du chargé des soutènements (cf. article III.2.2).

Si le maître d'ouvrage le permet, une variante de conception ou d'exécution pour les profils types peut être proposée ; le projet du titulaire du marché de travaux doit alors préciser l'ensemble des éléments de définition des profils types et des dispositions constructives correspondantes qu'il mettra en œuvre.

Article II.1.3 - Définition des ouvrages singuliers

F69

*Dans les zones de géométrie singulière, les ouvrages sont définis par des plans et coupes particuliers. Le CCTP précise les ouvrages concernés. (31)
Lorsque la définition des ouvrages est fixée par des plans et coupes, ces documents précisent les contours équivalents aux lignes de référence visées ci-dessus.*

(31)
Sont concernés les ouvrages ponctuels tels que les niches, sas, garages, les entrées en terre, etc.

Pour chaque ouvrage singulier, le CCTP précise la géométrie intérieure des ouvrages et renvoie aux plans du projet.

II.2 TOLÉRANCES D'IMPLANTATION

F69

*Le titulaire doit prendre les dispositions nécessaires (32) pour pouvoir vérifier le respect des tolérances sur la position de l'axe piqueté par rapport à l'axe théorique et sur la position des lignes d'intrados I et S ou contours équivalents par rapport à l'axe piqueté. Il doit apporter, si nécessaire, les corrections convenables.
Les tolérances d'implantation de la ligne I d'intrados du revêtement et de la ligne S d'intrados du soutènement ou contours équivalents sont fixées au CCTP par rapport à la position de référence figurant sur le profil type ou les plans et coupes.*

(32)
Le CCTP peut stipuler que l'entrepreneur doit expliciter les dispositions et les moyens correctifs, le cas échéant, qu'il compte prendre pour respecter les tolérances sur la position de l'axe piqueté par rapport à l'axe théorique et sur la position des lignes A, S et I par rapport à l'axe piqueté.

Le CCTP peut imposer un repère local de précision en surface.

Si le creusement est réalisé par méthode conventionnelle, l'entrepreneur doit prendre les dispositions nécessaires pour pouvoir vérifier le respect de la position de la ligne A ou du

contour équivalent (si définition des ouvrages à réaliser sur la base de plans et coupes).

Si le creusement a lieu au tunnelier, le CCTP précise la tolérance entre le diamètre fonctionnel et le diamètre d'intrados du revêtement. La précision du guidage du tunnelier est un critère essentiel de la qualité de l'ouvrage ; l'axe instantané de creusement doit toujours s'inscrire dans un cercle de diamètre correspondant à la tolérance (aux alentours de 20 cm) dont le centre est l'axe théorique. Le dispositif de contrôle du guidage doit être continu avec un relevé automatisé à chaque fin de cycle.

II.3 CONTRAINTES EN SITE SENSIBLE

F69

Dans les secteurs sensibles (33), le CCTP fixe, dans le respect des exigences environnementales :

- les contraintes particulières de site liées notamment à l'état et à la sensibilité de l'existant ;
- les valeurs admissibles liées à ces contraintes, des paramètres qui seront mesurés sur les ouvrages à surveiller ou leur voisinage ;
- les éventuelles actions préventives à mettre en œuvre pour préserver les constructions existantes.

Le projet d'exécution doit comprendre la description des procédés utilisés pour respecter ces spécifications.

(33)
Sont notamment considérés en site sensible les travaux réalisés en milieu urbanisé ou à faible profondeur, à proximité ou sous des ouvrages d'infrastructure, avec une géologie défavorable.

La démarche à suivre dans un projet vis-à-vis des impacts du creusement d'un tunnel sur les avoisinants est abordée

dans le dossier pilote environnement du CETU [19] et les recommandations AFTES GT16R2F1 [13] et GT32R3F1 [12].

La recommandation GT16R2F1 [13] vise à fournir une approche complète, des études jusqu'à la réalisation, de la méthodologie pour la prise en compte des constructions avoisinantes afin de maîtriser le risque de dommages.

Elle propose des préconisations pour :

- prendre en compte les contraintes liées à la présence de constructions (bâtiments, ouvrages, réseaux) sur le site d'un projet d'ouvrage souterrain, depuis les études jusqu'à la réalisation, afin de maîtriser le risque de dommages lors de l'exécution ;
- établir une stratégie de définition des dommages acceptables propre à chaque projet ;
- identifier les rôles et responsabilités des intervenants pour adopter des dispositions claires dans les contrats ;
- mener les études techniques à partir d'un diagnostic de l'état initial des constructions avoisinantes selon une méthodologie pertinente (enquêtes « bâti, caves et fondations », enquêtes « ouvrages et réseaux ») ;
- exposer la démarche administrative liée aux référés ;
- évaluer le potentiel de dommages des constructions et définir les mesures pour réduire les effets induits qui sortent du domaine d'acceptabilité ;
- définir une stratégie de détermination des seuils dans une démarche de management des risques ;
- concevoir, mettre en œuvre et exploiter des systèmes d'auscultations nécessaires pour assurer la surveillance et la sécurité des chantiers ;
- définir une stratégie de pilotage fondée sur le respect des seuils, pour les travaux en méthode conventionnelle et au tunnelier ;
- rédiger les prescriptions relatives à la préservation des constructions, dans les cahiers des charges pour les contrats de travaux, en ce qui concerne l'organisation et la répartition des mesures de contrôle ;
- adopter une stratégie de communication claire et lisible à destination des élus et des riverains ;
- effectuer le retour d'expérience des projets, afin d'améliorer ou corriger certaines pratiques.

La recommandation GT32R3F1 [12] (cf. § I.2) étend le principe des cahiers A et B aux deux autres sources de risques pouvant avoir une incidence sur la conception et la réalisation : celles liées aux constructions avoisinantes et celles liées à l'environnement humain et naturel.

De plus, elle étend le champ du cahier C, en lui assignant comme objectif de définir une méthode d'exécution compatible avec toutes les contraintes du site (pas seulement les contraintes géotechniques). Par définition, il n'y a donc qu'un seul cahier C, rédigé par le maître d'œuvre, à charge pour lui d'assurer la synthèse des différents types de contraintes à considérer.

La recommandation GT16R2F1 [13] détaille le contenu du dossier « constructions avoisinantes » et présente le contenu attendu des cahiers :

- A2 : recueil des données d'entrée sur les constructions avoisinantes,
- B2 : mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes.

In fine, dans le dossier de consultation des entreprises, il est nécessaire de :

- fournir le mémoire de synthèse géotechnique, le mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes et le projet de plan de management des risques ;
- définir les seuils contractuels (principes de définition et valeurs) pour la délimitation des responsabilités entre maître d'ouvrage et entreprise de travaux vis-à-vis de la prise en compte des conséquences des dommages susceptibles d'être produits sur les avoisinants ;
- prescrire clairement les principes de définition des paramètres et seuils de pilotage, les principes d'adaptation des méthodes de creusement-soutènement en conditions normales de creusement, en cas d'occurrence d'un événement prévu au PMR et en conditions imprévues et les objectifs et exigences minimales des auscultations ;
- demander aux soumissionnaires de fournir des éléments de méthode dans leur offre pour garantir qu'ils répondent bien à ces prescriptions.

À l'issue des négociations, en plus des éléments précédents déjà inclus au DCE, il est nécessaire de contractualiser certains éléments de l'offre du titulaire du marché indispensables à la bonne réalisation du projet de manière à assurer le déroulement des travaux sur des bases contractuelles saines, en particulier :

- les mesures correctives qui doivent être mise en œuvre en cas de dépassement d'un seuil de pilotage ;
- les principes d'organisation pour la mise en œuvre des auscultations pour suivre les effets du creusement et le comportement des constructions avoisinantes ainsi que leur interprétation.

Enfin pour l'exécution, la recommandation GT16R2F1 [13] propose aussi une stratégie pour la prise en compte des constructions avoisinantes.

On rappelle aussi le CCAG Travaux [2] article 7.1. qui stipule que « *Le titulaire veille à ce que les prestations qu'il effectue respectent les prescriptions législatives et réglementaires en vigueur en matière d'environnement, de sécurité et de santé des personnes, et de préservation du voisinage. [...] À cet effet, le titulaire prend les mesures permettant de maîtriser les éléments susceptibles de porter atteinte à l'environnement [...]* ».

Cadre réglementaire de la procédure DT/DICT

Le Code de l'Environnement (article L.554-1 et suivants) fait obligation au maître de l'ouvrage d'établir une déclaration de projet de travaux (DT) et aux entreprises de procéder à une déclaration d'intention de commencement des travaux (DICT). Ces obligations visent à recenser l'ensemble des réseaux enterrés ou sensibles, incluant de ce fait les ouvrages souterrains (tunnel de métro par exemple).

Ces obligations sont décrites dans le guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux, Fascicule 1 version 1 de décembre 2016 [27] établi par le Ministère en charge de l'environnement avec l'observatoire national DT/DICT.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

III.1 PRÉPARATION DU CHANTIER

Article III.1.1 - Période de préparation

Sauf prescriptions contraires du CCAP et par dérogation au CCAG - travaux, la durée de la période de préparation des travaux est de 4 mois. **(34)**

Le marché définit les opérations à effectuer pendant la période de préparation, par le maître d'œuvre et par le titulaire, en sus de celles prescrites ci-après.

- Par les soins du maître d'œuvre :
 - remise au titulaire des éléments de la polygonale principale ;
 - visa de l'ensemble des éléments fournis par le titulaire.
- Par les soins du maître d'œuvre en concertation avec le titulaire :
 - le schéma directeur de la qualité (SDQ) qui comprend en particulier le plan qualité du titulaire et l'organisation du contrôle extérieur assuré par le maître d'ouvrage ou pour son compte.
- Par les soins du titulaire :
 - calendrier d'établissement des documents d'exécution et du programme des études d'exécution ;
 - calendrier détaillé d'exécution des travaux accompagné de l'échéancier prévisionnel des paiements ;
 - programme d'exécution des travaux accompagné :
 - du projet des installations de chantier et des ouvrages provisoires,
 - du planning détaillé des travaux mentionnant le chemin critique des tâches à exécuter,
 - des dispositions détaillées du plan qualité (procédures d'exécution et procédures spécifiques de sécurité relatives aux risques prévisibles, fiches de suivi, fiches caractéristiques des matériaux et produits et des matériels spécifiques) **(35)** ;
 - études d'exécution et spécifications à l'usage du chantier nécessaires pour le début des travaux ;
 - PPSPS ;
 - PRE et SOGED ;
 - plans de signalisation temporaire ;
 - investigations complémentaires prescrites au marché. **(36)**

(34)

L'allongement de la durée de la période de préparation par rapport à celle prévue au CCAG Travaux [2] est justifié par la spécificité des travaux souterrains. En effet, ce délai doit notamment permettre à l'entrepreneur de mettre au point les documents d'exécution des premières phases de travaux, de réaliser les études des bétons, en particulier ceux projetés, afin d'obtenir des résultats satisfaisants avant le début du creusement. Ce doit être aussi l'occasion d'organiser la planification des livraisons des matériaux et produits qui requièrent des fabrications particulières.

Il n'est pas exclu que pour certains travaux, une durée plus longue doive être envisagée. Ce peut être le cas si certaines procédures d'autorisation administratives sont laissées à la charge de l'entrepreneur. Par exemple, une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) pour la construction d'une usine à voussoirs ou une installation de stockage de déchets inertes (ISDI qui relève désormais de la nomenclature ICPE) pour un site de dépôt.

(35)

L'article B.2.1 du guide GEM [16] indique qu'au minimum, le PAQ doit comprendre au stade de la période de préparation, les procédures qualité relatives à la gestion des documents d'exécution et celles relatives à l'exécution et aux contrôles liés aux étapes sensibles de la réalisation.

(36)

Les investigations complémentaires prescrites au marché mentionnées ici s'entendent en sus des éléments recueillis lors de la procédure DICT de repérage des réseaux enterrés ou sensibles, à la charge de l'entrepreneur.

Article III.1.2 - Gestion électronique des documents (GED) d'exécution et des données de suivi des travaux

F69

Sauf stipulation contraire du CCTP, la gestion :

- des documents d'exécution (stockage, traitement et suivi, échanges, archivage) ;
- du journal de chantier et du suivi détaillé des natures et quantités de travaux réalisées

sont effectuées par l'intermédiaire de systèmes informatiques. (37)

Leur mise en place par le titulaire s'effectue dès le début de la période de préparation selon les modalités définies au marché. L'ensemble des documents concernant les données de suivi des travaux fait partie du registre de chantier visé à l'article 28.5 du CCAG - travaux.

(37)

La gestion des documents est de préférence de type gestion électronique de documents – GED – pour les documents d'exécution, de type base de donnée partagée pour le suivi des travaux.

La procédure d'exécution explicite le principe de codification et de suivi des enregistrements que les entreprises intervenantes, titulaires et sous-traitants, doivent mettre en œuvre.

Le cahier des charges établi en préalable au choix du système de GED doit prendre en compte l'ensemble des besoins en définissant clairement les exigences fonctionnelles et les caractéristiques techniques minimales.

La mise en place de la GED doit s'effectuer dès le début de la période de préparation.

L'utilisation de la GED peut être avantageusement remplacée par la mise en œuvre d'une démarche BIM (Building Information Modelling) tout au long du projet, et notamment pendant la phase de réalisation des travaux. L'alimentation de données structurées dans la maquette numérique pendant l'exécution des travaux participe à la fiabilisation des données relatives à la construction.

Article III.1.3 - Piquetage

F69

Le piquetage général est effectué au moyen de repères maçonnés établis aux abords de chaque attaque et raccordés en plan et en altitude aux repères fixes, conformément au CCAG - travaux.

Sur la base du piquetage général, le titulaire a la charge et la responsabilité de l'implantation et du nivellement du projet en se conformant au plan général d'implantation visé au CCAG - travaux. Le titulaire soumet au visa du maître d'œuvre, pendant la période de préparation, sauf prescription contraire du CCTP, le plan détaillé du piquetage du tunnel et le mode opératoire. (38)

Les repères implantés, tant à l'extérieur qu'en souterrain, doivent être indestructibles, c'est-à-dire constitués par des plots métalliques scellés, soit dans le rocher, soit dans un massif de béton et implantés dans un trou situé dans le sous-sol ou sous le radier ; en dehors des périodes d'observation, ces trous sont recouverts par une dalle en béton ou une plaque métallique.

Le titulaire est tenu de remédier immédiatement, à ses frais, à toute erreur de sa part dans le pilotage ou l'implantation des ouvrages.

(38)

Le CCTP peut fixer un délai de production du plan détaillé du piquetage du tunnel et le mode opératoire s'il est différent du délai de 2 mois fixé au CCTG.

Dans le cadre des vérifications opérées pour le contrôle des tolérances de pilotage du creusement et pour les ouvrages de grande longueur, le CCTP peut fixer la périodicité des vérifications du piquetage complémentaire.

Le CCTP indique, sur la base du plan général d'implantation remis au titulaire par le maître d'ouvrage, les points de piquetage considérés comme principaux et ceux qui sont secondaires.

En application du CCAG Travaux [2] – Article 27.2.1, ces éléments de piquetage sont reportés sur le plan de piquetage général.

III.2 ORGANISATION ET PILOTAGE DU CHANTIER

Article III.2.1 - Rapports journalier et mensuel

F69

Le titulaire est tenu de fournir au maître d'œuvre les documents destinés à lui permettre d'effectuer la surveillance du chantier et le contrôle du bon déroulement des travaux.

Le rapport journalier indique succinctement :

- les conditions atmosphériques constatées ;
- les avancements, les quantités de travaux de diverses natures effectués, les incidents de chantier, les quantités de main-d'œuvre utilisées, et la qualification du personnel, les temps de fonctionnement des matériels, l'usure des différents matériels, les durées et les causes des arrêts de chantier.

Sauf prescription spécifique du marché, le rapport journalier est présenté le lendemain.

Le rapport mensuel fait la synthèse :

- des avancements ;
- des travaux exécutés au cours du mois écoulé ;
- des résultats des auscultations et des reconnaissances à l'avancement ;
- des événements marquants ;
- des prévisions d'exécution.

Sauf prescription spécifique du marché, le rapport mensuel est présenté le cinquième jour du mois suivant. (39)

(39)

Les rapports journalier et mensuel établis par l'entrepreneur sont répertoriés dans le registre de chantier tenu par le maître d'œuvre. Cf. CCAG Travaux [2] article 28.5.

Par ailleurs, le maître d'ouvrage doit organiser régulièrement des réunions avec l'entrepreneur et le maître d'œuvre. Leur fréquence est adaptée au chantier : trimestrielle, semestrielle

ou à l'atteinte des 25, 50, 75 et 100% du montant ou du délai des travaux. Ces réunions tripartites sont l'occasion d'examiner les prévisions « d'accostage à fin de chantier » pour les coûts et les délais, et de faire le point sur le suivi des risques en parallèle de ces aspects. En cas de difficultés importantes rencontrées sur le chantier, elles doivent constituer un moyen de dialogue entre les parties, dont les intérêts ne convergent pas naturellement.

Article III.2.2 - Pilotage du chantier en conditions normales de creusement

F69

L'adaptation des méthodes de creusement et de soutènement au terrain rencontré est faite par le choix d'un profil type à partir des données recueillies par le titulaire, au fur et à mesure de l'avancement du chantier et, notamment, grâce aux reconnaissances à l'avancement et aux auscultations du terrain et des soutènements. (40)

Le chargé de soutènement a pour mission de réunir toutes les informations nécessaires à l'adaptation des soutènements, de les analyser et de justifier les propositions de profil type au maître d'œuvre. Ces propositions font l'objet d'un rapport présenté au maître d'œuvre selon une fréquence adaptée aux conditions de réalisation et précisée au marché. Ce rapport fournit toutes les indications concernant les choix proposés ; il comprend notamment :

- l'analyse des données recueillies lors du creusement : qualité de découpage, mesures de vibrations, observations en cours de travaux, résultats des auscultations, adéquation soutènements/conditions géologiques, point quantitatif et qualitatif sur les déblais, traitement des cavités ;
- l'analyse des reconnaissances à l'avancement : levés géologiques du front et des parements, sondages carottés ou destructifs, diagraphies en sondages, mesures géophysiques, éventuellement essais in situ ;
- une proposition de profils types parmi les profils décrits au marché pour la période à venir.

L'examen de ce rapport est effectué au cours de réunions de chantier ou de réunions spécifiques organisées selon un calendrier adapté à l'ouvrage et au planning des travaux. Les décisions ou actions convenues lors de ces réunions sont validées par le maître d'œuvre et consignées dans un compte-rendu. (41)

(40)

L'entreprise est en charge de la mission d'ingénierie géotechnique d'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3 au sens de la norme NF P94-500 [7] et de son guide d'application au domaine des ouvrages souterrains publié par l'AFTES – GT43R1F1 [15]).

Comme indiqué dans la recommandation GT43R1F1, « il est en effet essentiel que le marché de construction, dans le cas

des travaux souterrains, prévoie explicitement l'obligation faite à l'entreprise de mettre en place une mission G3, afin que les moyens correspondants soient bien inclus dans l'offre de celle-ci ».

La norme NF P94-500 stipule que « cette mission géotechnique étudiée dans le détail les ouvrages géotechniques. Par le suivi continu sur site des travaux, elle permet de confirmer le modèle géotechnique retenu pour la conception des ouvrages ».

De plus, « en cas de rencontre de conditions géotechniques ou de comportement des ouvrages géotechniques en cours de réalisation significativement différents de ceux prévus mais identifiés comme risques possibles, ce suivi permet d'adapter ou de modifier la partie correspondante de l'ouvrage géotechnique concerné selon les mesures correctives prédéfinies » (cf. article III.2.3 du F69).

Enfin, « dans le cas de conditions géotechniques non identifiées au stade de l'étude, ce suivi permet si nécessaire une sécurisation de l'ouvrage et des éventuels avoisinants concernés, ... » (cf. article III.2.4 du F69).

Il convient de définir au CCTP les ouvrages géotechniques concernés, à savoir au minimum : les profils types de creusement-soutènement et les ouvrages de soutènement des têtes de tunnel. La recommandation GT43R1F1 fournit par ailleurs les éléments qui doivent être intégrés au CCTP, tant pour la phase études que pour la phase suivi en précisant les productions attendues de l'entreprise pour ces deux phases.

En section courante de tunnel, l'ouvrage géotechnique tel que cité par la norme est généralement défini sous forme de profil type par tronçon d'ouvrage (cf. article II.1.2 du F69). La conception des profils types de creusement-soutènement en fourchette permet d'adapter et d'optimiser les ouvrages en fonction des observations réalisées sur les conditions géotechniques et sur le comportement effectif des soutènements déjà mis en place. Ces profils types sont conçus pour répondre aux conditions géotechniques de référence, définies dans le MSG (cf. article I.2.1 du F69).

La définition de la mission G3 figurant dans la norme s'applique bien aux travaux souterrains en ce qui concerne le recours à la méthode observationnelle, en tant que « méthode choisie dès la conception de l'ouvrage, consistant, en cas de comportements géotechniques difficilement prévisibles, à modifier l'exécution de l'ouvrage, sur la base d'un plan d'adaptation préétabli, activé en fonction de la comparaison entre des comportements préalablement quantifiés et définis comme admissibles, et des comportements constatés en cours de travaux » (NF P94-500, voir aussi définition donnée par la norme NF EN 1997-1 [28]), et l'implication de l'entreprise dans sa mise en œuvre dans le cadre d'un suivi continu.

Les conditions géotechniques de référence sont telles que les caractéristiques des terrains rencontrés restent comprises dans les plages de variation indiquées dans le MSG, c'est-à-dire conformes au profil en long géotechnique prévisionnel. Sont associées à ces conditions géotechniques de référence les conditions d'exécution dans lesquelles l'entreprise doit respecter les méthodes et les cadences d'excavation prévues au contrat (les « conditions normales de creusement » évoquées dans le texte du fascicule).

Dans ce cas, la méthode d'adaptation des profils types s'applique avec les « outils » disponibles au marché, hors PMR. Le choix du profil type à mettre en œuvre peut amener à des variations de quantités par rapport aux quantités prévues au détail estimatif (risque ordinaire). Dans ce contexte, l'éventuelle incidence financière pour l'entrepreneur est examinée au regard de l'article 17 du CCAG Travaux [2] « changement dans l'importance des diverses natures d'ouvrage » puisque, sauf indication contraire

au marché, chaque prix unitaire du détail estimatif représente une nature d'ouvrage. À noter que le mode de rémunération par mètre des profils types de certaines prestations (cf. titre IV) doit contribuer, sauf erreur manifeste dans la conception, à maintenir les variations dans les écarts -25% $+33\%$, écarts au-delà desquels, pour les natures d'ouvrage dont le poids financier excède 5% du montant du marché, l'entrepreneur a « droit à être indemnisé en fin de compte du préjudice que lui ont éventuellement causé ces changements ».

La recommandation AFTES GT24R1F1 [29] explicite les reconnaissances à l'avancement nécessaires notamment à l'adaptation ainsi définie des profils types pour un creusement en méthode conventionnelle. La recommandation AFTES GT24R2F1 [30] apporte des compléments pour ce qui concerne un creusement au tunnelier.

Pour les tunnels creusés à l'explosif, l'adaptation des profils types doit également reposer sur :

- l'analyse de la qualité du profil découpé : relevés par profilométrie laser, constat visuel de l'efficacité du tir (relevé des traces de foration des trous de découpage par exemple) ;
- l'analyse de l'enregistrement des paramètres de foration du plan de tir ;
- l'analyse des vibrations provoquées par le tir au regard des seuils imposés.

Pour un creusement en milieu urbain sensible aux déformations (au tunnelier ou en méthode conventionnelle), une rétro-analyse doit être prescrite sur chaque secteur homogène de front de taille et au droit de chaque section de calcul afin de permettre une actualisation des paramètres géotechniques des terrains rencontrés et une mise à jour des prévisions de déformations (tassements en surface, mouvements dans le terrain) pour la suite du chantier des zones restant à excaver.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la méthode observationnelle, reposant sur les notions de seuils de pilotage et de seuil contractuel, et du processus de management des risques, il convient en effet de systématiser le processus de rétro-analyse et d'imposer la mise en place par l'entreprise d'un plan d'avancement du tunnel (PAT) tel que défini par la recommandation GT16R2F1 [13].

(41)

Le rôle du chargé de soutènement de l'entreprise est essentiel. Il est responsable de la mission G3 et, à ce titre, il a pour objectif de réunir toutes les informations nécessaires à l'étude des soutènements, de les analyser et de justifier les propositions de profil type au maître d'œuvre, pour chaque pas d'avancement dans les conditions définies au CCTP.

Il doit tenir compte des renseignements fournis notamment par les levés géologiques, les sondages et essais à l'avancement, les mesures d'auscultation afin de contrôler le comportement des ouvrages, du terrain et des constructions pendant toute la durée du chantier.

Il est responsable des activités suivantes :

- transmission au maître d'œuvre des relevés interprétés et des mesures dans les délais fixés par le marché ;
- proposition des ajustements des soutènements, dans le sens d'un allègement ou d'un alourdissement, en fonction des conditions rencontrées et des renseignements fournis en particulier par les levés géologiques et les mesures d'auscultations, dans l'esprit de la méthode observationnelle ;
- ajustement de la méthode d'exécution des soutènements à mettre en œuvre ;
- adaptation si nécessaire du programme d'auscultation au fur et à mesure de l'avancement du chantier ;
- rédaction et présentation au maître d'œuvre du rapport justifiant des ajustements proposés, tel que défini au CCTP.

Le chargé de soutènement est notamment responsable du contrôle de la qualité des auscultations. À ce titre, il doit s'assurer de la bonne exécution des missions suivantes :

- mise en œuvre du programme des auscultations ;
- vérification du bon fonctionnement de tous les dispositifs de mesure, lors de leur réception, au cours de leur mise en place et pendant toute la durée du chantier ;
- suivi et interprétation immédiat des mesures prévues au programme des auscultations, en relation avec les déplacements estimés lors des études d'exécution et dans le respect des seuils de pilotage et du seuil contractuel ;
- diffusion des résultats de mesures conformément aux prescriptions du CCTP ;
- information immédiate du directeur de chantier et du maître d'œuvre de toute anomalie ou évolution anormale ;

- proposition, si nécessaire, des adaptations du programme des auscultations et des mesures complémentaires en cas de dépassement des seuils de pilotage ;
- réalisation des documents de suivi demandés dans le CCTP.

La bonne réalisation de l'ensemble de ces missions requiert par conséquent que les moyens nécessaires correspondants en compétence géologique et d'auscultation soient inclus dans l'offre.

Pour les ouvrages creusés en méthode mécanisée comprenant la pose d'un revêtement en voussoirs préfabriqués, le suivi géotechnique de l'ouvrage est très lié au pilotage du tunnelier ; il est recommandé de désigner un chargé d'avancement, tel que défini par le GT43R1F1 [15].

La mission G3 intègre par ailleurs un suivi des risques, au sens de la norme NF ISO 31000 [8]. A cette fin, un chargé des risques doit être désigné (cf. article I.2.2 du F69 – commentaire (7)-g). Lors des réunions de chantier ou de réunions spécifiques organisées entre l'entreprise et le maître d'œuvre selon un calendrier adapté à l'ouvrage et au planning des travaux, le chargé des risques, au vu des résultats des auscultations et constatations faites au cours du creusement, propose au maître d'œuvre les modifications à apporter aux fiches de risques et au registre des risques remarquables, ainsi qu'au planning prévisionnel des travaux avec les risques.

Cette revue des risques est consignée dans un compte-rendu. Les décisions ou actions convenues lors de ces réunions sont validées par le maître d'œuvre. Les sujets qui nécessitent une décision du maître d'ouvrage y sont identifiés (déclenchement du PMR par exemple).

Article III.2.3 - Pilotage du chantier en cas d'occurrence d'un événement prévu au PMR

F69

Dans le cas d'occurrence d'un événement prévu au PMR et constaté contradictoirement, les dispositions prévues dans ce document sont appliquées. Si nécessaire, l'adaptation des méthodes de traitement des événements aux conditions rencontrées correspondantes est faite, au fur et à mesure de l'avancement du chantier. (42)

Les méthodes utilisées font l'objet d'un rapport présenté au maître d'œuvre par le titulaire dans les vingt-quatre heures au plus tard après leur début d'exécution dans lequel il fournit :

- la synthèse des données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques caractérisant les conditions de terrain rencontrées ;
- la description des dispositions adoptées ;
- les écarts éventuels par rapport aux méthodes définies initialement au PMR ;
- les modalités nécessaires pour prendre en compte ces écarts pour la suite du chantier.

L'examen de ce rapport est effectué au cours de réunions spécifiques. Les décisions et actions convenues sont validées par le maître d'œuvre et consignées dans un compte-rendu. Les procédures de traitement des événements doivent être actualisées. Toute décision portant sur des dispositions techniques non prévues au marché et entraînant des modalités de rémunération spécifiques doit être soumise au préalable à un accord du maître de l'ouvrage ou de son représentant. (43)

(42)

Le suivi des conditions géotechniques par le chargé de soutènement, tel que décrit au III.2.2, doit permettre d'anticiper l'occurrence de conditions géotechniques qui s'écartent des conditions géotechniques de référence décrites dans le MSG et par le profil en long géotechnique prévisionnel. Ce suivi permet également au chargé des risques de proposer au maître d'œuvre de déclencher le PMR le cas échéant. Dans ce cas, le maître d'œuvre sollicite rapidement le maître d'ouvrage et l'informe des conséquences en termes de coût et de délais.

Si ces conditions sont identifiées dans le registre des risques remarquables, le PMR doit décrire les mesures à prendre pour assurer la mise en sécurité du chantier, en particulier lorsque les conséquences d'un événement sont incertaines, et pour préparer les mesures à prendre dans la conduite des travaux. Si ces conditions ne sont pas identifiées dans le registre des risques, l'entrepreneur doit soumettre au maître d'œuvre une fiche de risque nouveau selon les règles d'appréciation des risques définies au PMR (cf. article III.2.4 du F69).

(43)

Le marché impose une constatation contradictoire des conditions justifiant le déclenchement du PMR. La mise en œuvre des travaux rémunérés par les prix du PMR fait l'objet d'un ordre de service.

Le déclenchement d'un prix du PMR s'apparente à des prestations supplémentaires dont la réalisation est nécessaire au bon achèvement de l'ouvrage, et pour lesquelles le marché a prévu un prix dans le BPU des risques. Ce prix n'est généralement pas intégré à la masse des travaux du fait de la faible probabilité d'occurrence de l'événement correspondant.

Il est recommandé de mettre en place le même circuit décisionnel que celui retenu pour la mise en œuvre d'un prix nouveau.

En cas d'application du présent article, le délai d'exécution pourra être prolongé dans les conditions du CCAG Travaux [2].

Dans le cadre de la démarche de suivi des risques, un retour d'expérience doit être organisé afin d'adapter si nécessaire les mesures prévues dans les fiches de risques (cf. revue des risques au commentaire (7)-g de l'article I.2.2).

Article III.2.4 - Pilotage du chantier en conditions imprévues

F69

Si le caractère imprévu des conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques rencontrées impose une modification profonde de la conduite des travaux sans modification de l'ouvrage définitif, le titulaire en avise aussitôt le maître d'œuvre et lui soumet les dispositions techniques nouvelles qu'il propose d'adopter, accompagnées de leurs justifications (synthèse des données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques caractérisant les conditions de terrain constatées, nouveau profil type assorti des critères d'application, des fourchettes associées et, le cas échéant, de ses propositions de nouvelles conditions de rémunération spécifiques). Les décisions prises par le maître de l'ouvrage ou son représentant sur le vu des dites propositions font l'objet d'une notification particulière. Si l'urgence ne permet pas au titulaire de se conformer aux prescriptions ci-dessus, il prend les mesures nécessaires à la mise en sécurité du chantier et en avise le maître d'œuvre dans les vingt-quatre heures au plus tard après leur début d'exécution. Si les modifications imposées conduisent à une modification de l'ouvrage définitif, les dispositions techniques nouvelles sont décidées par le maître de l'ouvrage sur propositions du maître d'œuvre ou du titulaire. (44)

(44)

Le caractère imprévu des conditions géotechniques ou hydrogéologiques rencontrées signifie que ces conditions sont autres que celles décrites au dossier de référence (dans le MSG) et au PMR.

Ces conditions peuvent imposer une modification de la conduite des travaux. Deux cas peuvent alors se présenter :

1. les dispositions techniques prévues au marché permettent de poursuivre la réalisation des travaux ;
2. la modification conduit l'entrepreneur à prendre des dispositions techniques nouvelles conduisant à des rémunérations spécifiques pour lesquelles aucune rémunération n'est prévue au marché.

Dans le deuxième cas, le règlement des dispositions techniques nouvelles s'effectue selon les modalités du CCAG Travaux [1]. Ces modalités de règlement concernent les déblais et soutènements.

Elles s'appliquent également au revêtement si les dispositions techniques nouvelles concernant les déblais et soutènements ont une incidence sur l'exécution du revêtement. Les modalités de règlement adoptées devront toujours avoir pour effet d'inciter l'entrepreneur à exécuter les travaux au moindre coût.

Il est en particulier recommandé de demander au titulaire du marché de travaux, dès la signature du marché, les sous-détails et décompositions des prix unitaires et forfaitaires relatifs au creusement-soutènement en fonction des natures d'ouvrages définies au CCAP. Sont concernées toutes les prestations qu'elles soient réalisées par le titulaire ou ses sous-traitants. Ces éléments serviront à fixer les prix nouveaux s'il devait subsister des indéterminations fondamentales sur les éléments nécessaires à la fixation des prix.

En cas d'application du présent article, le délai d'exécution pourra être prolongé dans les conditions du CCAG Travaux [2].

III.3

RENFORCEMENT ET TRAITEMENT DES TERRAINS EN PLACE

F69

Sous faible couverture ou lorsque la mauvaise stabilité du terrain ou encore lorsque l'environnement de l'ouvrage l'exige, un renforcement préalable du terrain doit être mis en œuvre. En fonction du contexte géologique, diverses techniques peuvent être envisagées :

- inclusions rigides ;
- traitements spéciaux.

Différentes techniques sont utilisées, soit depuis la surface, soit depuis le tunnel lui-même à partir du front ou à partir d'une galerie pilote. Le CCTP précise les objectifs dont les seuils de tassement, les techniques retenues et les critères de sélection du mode de renforcement. (45) En particulier, il se réfère au MSG pour la définition des caractéristiques de terrains à consolider.

(45)

Le CCTP pourra utilement faire référence aux recommandations éditées par l'AFTES et notamment la recommandation GT8R2F1

relative à la conception et à la réalisation des travaux d'injection des sols et des roches [31].

Article III.3.1 - Les inclusions rigides longitudinales

F69

Ces techniques (46) concernent :

- les voûtes parapluie ; (47)
- les enfilages en calotte réalisées au moyen de profilés métalliques ; (48)
- les renforcements de front de taille (par boulonnage ou jet grouting). (49)

Les travaux sont effectués depuis le front de taille, soit en périphérie, soit dans le front lui-même.

Le CCTP fixe :

- le mode de fonctionnement des inclusions ;
- la longueur de recouvrement entre voûtes ou auréoles successives, le cas échéant ;
- les caractéristiques géométriques, quantitatives et qualitatives, notamment les performances mécaniques des différents constituants ;
- leurs caractéristiques d'implantation ;
- leurs tolérances de mise en œuvre ;
- les caractéristiques qualitatives du produit de scellement ou d'injection, le cas échéant ;
- les modalités des essais de convenue ;
- les modalités de contrôle et notamment les points sensibles de l'exécution qui doivent faire l'objet de vérifications particulières.

Au titre des points critiques, sont concernées a minima :

- l'implantation et les tolérances de mise en œuvre (non déviation des inclusions) ;
- la mise en œuvre des produits dont, notamment, la qualité des scellements.

Au titre des points d'arrêt, est concernée a minima :

- l'implantation des tubes de la voûte parapluie (ou de la première auréole de voûtes dans le cas de voûtes successives).

Les prestations supplémentaires que le titulaire pourrait être amené à réaliser, suite à des anomalies de mise en œuvre, sont à sa charge financière et matérielle.

Les procédures d'exécution précisent, outre les dispositions prises pour répondre aux spécifications du CCTP :

- les caractéristiques des produits utilisés, y compris ceux relatifs au scellement ou injection, le cas échéant ;
- les moyens en personnel et matériel spécifiques à chaque type d'inclusions ;
- les modes opératoires dont, notamment, ceux pour limiter les déviations des inclusions.

(46)

Lorsque les travaux sont réalisés depuis l'intérieur du tunnel, concernant les matériels employés, le projet doit préciser les caractéristiques suivantes : encombrement, débattement du bras, longueur de glissière, puissance.

(47)

Voûte parapluie

Un pré-soutènement du terrain peut être obtenu par réalisation de voûtes réalisées en front de taille en auréole, au-dessus du profil d'excavation. Elles sont constituées de profilés métalliques de forte inertie (tubes d'acier de forte épaisseur comme des tubes pétroliers) mis en place par forage et scellés au terrain par injection de coulis à forte résistance.

Elles peuvent être réalisées en voûte unique ou en voûtes successives espacées de plusieurs travées, légèrement tronconiques en ménageant un recouvrement entre chaque voûte. Dans ce cas, le soutènement à mettre en œuvre au droit des voûtes parapluie doit être adapté à la géométrie tronconique de celles-ci.

Ce pré-soutènement est généralement associé à la mise en place de cintres lourds. Une partie des efforts repris par les tubes de la voûte parapluie sont transmis aux cintres. Le bon fonctionnement de ce système dépend du mode de calage des cintres de soutènement contre la voûte parapluie.

Le contrôle de la mise en œuvre et notamment du respect des tolérances d'implantation est important car une des conséquences de la déviation des tubes est le risque de en-profils ou de hors profils. Les premiers peuvent conduire à empêcher la mise en place des cintres ; les seconds peuvent avoir une incidence sur le dimensionnement des éléments de soutènement associés (cintres, blindage, béton projeté ou de blocage). Les démolitions qui

en découleraient pour la pose et le calage des cintres métalliques notamment, ou l'excédent de béton (projeté ou blocage) à mettre en œuvre sont à la charge de l'entrepreneur.

La limitation de la déviation des tubes peut être assurée par la mise en place d'un mode de visée ou la réalisation d'un pré-carottage sur une faible profondeur (de l'ordre de 30 cm au minimum).

(48)

Enfilages en calotte

Les profilés (plaques, barres HA, tubes, poutrelles...) sont mis en œuvre au front de taille par fonçage, battage ou forage. Disposés en calotte pour aider au soutènement de la travée suivante, ils prennent appui à l'arrière sur le cintre le plus proche du front de taille et à l'avant, par fichage dans le terrain. Ils sont réalisés par auréoles successives légèrement tronconiques en ménageant un recouvrement entre chaque auréole.

(49)

Renforcement de front de taille

La mise en place de boulons au front de taille permet de lutter contre les instabilités locales du front, d'améliorer la cohésion globale du terrain et de lutter contre la plastification du massif en amont du front.

La mise en œuvre d'inclusions dans le front est généralement réalisée à partir de boulons destructibles en fibre de verre scellés. Leur longueur courante de 18 mètres se justifie par le fait que les quatre premiers mètres n'ont pas l'efficacité voulue en raison des sollicitations encaissées et que les quatre derniers mètres servent à maintenir un ancrage suffisant du front lors de l'excavation. Le renouvellement d'un certain nombre de boulons à chaque pas d'avancement garanti l'efficacité du soutènement.

Article III.3.2 - Traitements spéciaux

Ces techniques concernent :

- le drainage ou le rabattement de nappe ; **(50)**
- les injections de terrain ; **(51)**
- le jet-grouting ; **(52)**
- la substitution de terrain ;
- la congélation ; **(53)**
- la vibroflotation ; **(54)**
- le préchargement du terrain. **(55)**

Les travaux sont effectués soit depuis la surface, soit depuis l'intérieur de l'excavation à partir de forages.

Le CCTP fixe :

- la fonction et le but des traitements ;
- les techniques particulières à mettre en œuvre ;
- la géométrie des zones à traiter ;
- les contraintes environnementales **(56)** ou de phasage ;
- les caractéristiques géométriques et quantitatives des forages, y compris les chevauchements éventuels ;
- les caractéristiques mécaniques minimales attendues par les traitements ;
- leurs tolérances de mise en œuvre ;
- les caractéristiques qualitatives du produit d'injection, le cas échéant ;
- les seuils pour les tassements et les soulèvements ;
- les analyses à réaliser sur les prélèvements ;
- les modalités des essais de convenance ; à ce titre, le maître de l'ouvrage peut réaliser préalablement aux travaux, des plots d'essais afin de déterminer les paramètres d'exécution et de valider les objectifs de performance. Lors des travaux, les premières étapes de la réalisation constituent un plot d'essai ;
- les modalités de contrôle et, notamment, les points sensibles de l'exécution qui doivent faire l'objet de vérifications particulières.

Au titre des points critiques, sont concernés a minima :

- en cas de réalisation de drainage, les mesures de débit et les résultats d'analyses sur les prélèvements, les tassements et le niveau de nappes ;
- en cas de réalisation de rabattement de nappe, les tassements et le niveau de nappes ;
- en cas de réalisation d'injections, le calibrage des appareils et leur étalonnage en cours d'exécution, les consignes (pressions, volumes), les mesures de débit continues ou en début et à la fin de chaque passe, le cas échéant, les quantités de produits approvisionnés et les volumes injectés, les durées d'injection, les soulèvements, tassements et résurgences ;
- en cas de réalisation de jet-grouting, les caractéristiques géométriques et mécaniques des colonnes, l'enregistrement des paramètres de foration et de jetting, les mesures de débit de fuite, le cas échéant, les soulèvements et tassements ;
- en cas de réalisation de congélation, la pression interstitielle, les soulèvements et tassements, la température du sol ;
- en cas de réalisation de vibroflotation, les vibrations (mesures d'amplitude, vitesse particulière et accélération des phénomènes ondulatoires, et plages de fréquence), les pressions d'injection de l'eau ou de l'air lors des forages ;
- en cas de préchargement du terrain, les tassements de consolidation et les déplacements des constructions avoisinantes le cas échéant, les surpressions interstitielles, les écoulements d'eau et le niveau des nappes.

Au titre des points d'arrêt, sont concernés a minima :

- en cas de réalisation d'injections ou de jet-grouting, le respect des tolérances d'implantation des forages et de leur bon remplissage ;
- en cas de réalisation de congélation ou de vibroflotation, les caractéristiques mécaniques des sols après traitement.

Les procédures d'exécution précisent, outre les dispositions prises pour répondre aux spécifications du CCTP :

- les techniques de forage et de traitement ;
- les caractéristiques des produits utilisés ;
- les moyens en personnel et matériel spécifiques au type de traitement ;
- les modes opératoires dont, notamment :
 - les plans de forage ;
 - la mise en œuvre des injections, le cas échéant ;
 - les mesures prises pour répondre aux contraintes environnementales ou de phasage ;
 - la gestion de l'évacuation des rejets, le cas échéant ;
 - l'analyse des risques de soulèvement ou de tassement lors de la réalisation des traitements, les moyens pour les mesurer et pour respecter les seuils fixés.

(50)

Drainage et rabattement de nappe

L'article 16 du fascicule 68 du CCTG [6] traite en détail du rabattement de nappe, il s'applique aux procédés suivants :

- puits de pompage ;
- pointes filtrantes ;
- tranchées drainantes ;
- drains subhorizontaux.

Ce fascicule aborde la terminologie et les références normatives, les études d'exécution, l'exécution et la surveillance, les essais et contrôles.

Il est vivement recommandé aux maîtres d'ouvrage de rendre contractuel le fascicule 68 du CCTG [6] pour ce type de traitements.

(51)

Injections de terrain

L'article 7 du fascicule 68 du CCTG [6] traite en détail des injections, qu'elles soient à caractère provisoires ou définitif.

Ce fascicule aborde la terminologie et les références normatives, les études d'exécution, les matériaux, l'exécution et la surveillance, les essais et contrôles.

Il est vivement recommandé aux maîtres d'ouvrage de rendre contractuel le fascicule 68 du CCTG [6] pour ce type de traitements.

(52)

Jet grouting

L'article 8 du fascicule 68 du CCTG [6] traite en détail des éléments et structures de sol-ciment réalisés par jet.

Ce fascicule aborde la terminologie et les références normatives, les études d'exécution, les matériaux, l'exécution et la surveillance, les essais et contrôles.

Il est vivement recommandé aux maîtres d'ouvrage de rendre contractuel le fascicule 68 du CCTG [6] pour ce type de traitements.

(53)

Congélation

Cette technique permet de renforcer les terrains aquifères difficilement injectables et non drainables. L'eau présente dans le terrain est solidifiée par un refroidissement à basse température. Il s'agit de réaliser en périphérie de l'excavation une voûte de terrain gelé, ou depuis la surface, un mur gelé.

Une bonne connaissance des terrains à congeler est indispensable. A minima les informations suivantes sont nécessaires :

- caractéristiques géologiques et géotechniques : température du terrain, granulométrie, coefficient de perméabilité... ;
- teneur en eau ;
- position du toit de la nappe et vitesse d'écoulement des eaux souterraines.

Lorsque c'est possible, il est recommandé au maître de l'ouvrage de faire réaliser un plot d'essai préalablement au marché de travaux de tunnel, afin de déterminer les paramètres d'exécution et de valider les critères à obtenir.

Lorsque les travaux sont réalisés depuis la surface, le projet doit prendre en compte les contraintes environnementales liées à la présence de réseaux ou de végétation notamment.

Le projet d'exécution doit préciser en outre, les modes opératoires relatifs au bétonnage contre une paroi gelée et dans un milieu environnant à basse température.

(54)

Vibroflotation

Cette méthode de consolidation dynamique permet, pour les ouvrages situés à faible profondeur, de densifier les sols compressibles par compactage dans la masse même du terrain.

La densification réduit la perméabilité et augmente la résistance au cisaillement.

Le projet d'exécution doit préciser :

- la surface maintenue libre d'accès sur toute la zone à traiter ;
- la nature et les quantités de matériaux de substitution éventuels.

(55)

Préchargement du terrain

Cf. guide technique LCPC-SETRA [32].

(56)

Les contraintes environnementales recouvrent à la fois le cadre naturel du site du projet et les ouvrages existants ou futurs situés à proximité du projet. Elles peuvent concerner la pollution des nappes, le blocage des cheminements naturels des eaux, les déformations de terrain.

III.4 EXÉCUTION DES TRAVAUX D'ABATTAGE

Article III.4.1 - Généralités

F69

Les travaux d'abattage font appel à différents procédés de construction dont le choix résulte principalement :

- du terrain encaissant ;
- du site et de l'environnement ;
- de la géométrie de l'ouvrage à construire ;
- des contraintes de planification.

Le titulaire doit prévoir des moyens d'abattage adaptés à la géométrie du profil à exécuter, ainsi qu'à la qualité des terrains attendue et à la démolition d'éléments de soutènement provisoire, tels que les pré-soutènements du front de taille.

Ces moyens d'abattage doivent assurer un découpage de l'excavation selon un profil continu et soigné permettant de respecter les exigences de qualité du profil définies au CCTP, notamment le respect de la ligne A ou du contour équivalent défini par les plans et coupes.

Ainsi l'abattage peut être réalisé, soit de manière conventionnelle à l'explosif ou avec des moyens mécaniques classiques tels que machine à attaque ponctuelle, brise roche ou pelle mécanique, soit à l'aide de machines foreuses pleine section. **(57)**

L'excavation résulte des travaux d'abattage et de marinage.

(57)

Le CCTP peut préciser l'enchaînement des phases de creusement (excavation + soutènement) et l'organisation des attaques.

Il indique également si des moyens font l'objet d'interdiction ou de limitation d'emploi et les attentes en termes de justifications des moyens de creusement.

Article III.4.2 - Reconnaissances à l'avancement

F69

a) Programme des reconnaissances (58)

Le CCTP prescrit, le cas échéant, des reconnaissances à l'avancement, au front ou en périphérie, dans le but d'anticiper les mesures à prendre pour l'exécution.

Le CCTP définit le programme détaillé des reconnaissances à l'avancement. Ce programme traite nécessairement des sujets suivants :

- objectifs et résultats attendus ;
- méthodes de reconnaissance envisagées, en précisant celles pour lesquelles le titulaire est autorisé à formuler ses propres propositions ;
- quantitatif des différentes opérations demandées ;
- procédure et délai de transmission des résultats bruts et des données interprétées.

Ce programme de reconnaissances à l'avancement inclut celles prévues par le PMR.

b) Définition des reconnaissances (59)

Le marché définit l'organisation et les moyens à mettre en œuvre pour satisfaire aux exigences du « Programme des reconnaissances ».

c) Exploitation des résultats (60)

Les renseignements obtenus lors des reconnaissances à l'avancement doivent être immédiatement interprétés par le titulaire et transmis au maître d'œuvre, conformément au marché. Cette transmission est accompagnée des données et des résultats bruts. Le CCTP précise si les reconnaissances font l'objet d'un suivi électronique des résultats et les conditions associées.

Les observations résultant des reconnaissances à l'avancement, des auscultations et du suivi de chantier (qualité de découpage, mesures de vibrations, observations en cours de travaux, adéquation soutènements/conditions géologiques, etc.) sont réalisées par le titulaire. Elles font l'objet d'un rapport de synthèse transmis au maître d'œuvre conformément à l'Article III.2.2 du présent fascicule.

(58)

Les reconnaissances à l'avancement comprennent : les levés géologiques du front ou des parements, les sondages carottés ou destructifs, les diagraphies en sondages, les mesures géophysiques et éventuellement les essais in situ.

Toutes ces opérations font partie de la mission G3.

Elles sont nécessaires pour confirmer la caractérisation des terrains présents à l'avant du front pendant le creusement et formaliser les terrains effectivement rencontrés pour la vie de l'ouvrage.

Le CCTP pourra faire référence aux recommandations éditées par l'AFTES :

- GT24R1F1 [29] pour les reconnaissances à l'avancement ;
- GT24R2F1 [30] pour les reconnaissances à l'avancement pour les tunneliers.

Pour les tunneliers, en lien étroit avec l'appréciation des risques du projet, la recommandation GT24R2F1 traite des spécifications techniques pour la conception de la machine (cf. § 3.2.2), elle présente des exemples d'équipements du tunnelier à prévoir en lien avec les événements redoutés. Il convient que le CCTP indique les équipements nécessaires pour réaliser les reconnaissances identifiées lors de la conception et prescrites au marché.

Plus précisément, la recommandation précise que le CCTP doit définir (cf. § 5.2) :

- le programme des reconnaissances à l'avancement ;
- l'ensemble des procédures d'exploitation et de diffusion des résultats de ces reconnaissances.

(59)

La définition des reconnaissances doit figurer dans le mémoire technique que l'entreprise remet à l'appui de son offre.

Au fur et à mesure de l'avancement du chantier, la connaissance des terrains pourra amener l'entreprise à proposer au maître d'œuvre, des aménagements des reconnaissances à l'avancement.

Il est recommandé d'effectuer des relevés continus en parement et systématiques au front. Ces relevés doivent permettre de valider la méthode d'exécution et les profils types à mettre en œuvre.

Lorsque la méthode d'exécution permet une observation directe du terrain, des relevés de front et/ou de parements sont à réaliser par le géologue de l'entreprise selon les prescriptions définies au CCTP.

Pour les ouvrages au tunnelier avec mode de confinement par pression de terre, il faut prévoir des prélèvements systématiques des marins issus de la chambre d'abattage.

Pour les ouvrages au tunnelier avec mode de confinement par pression de boue, il faut prévoir l'examen des terres après essorage des matériaux.

(60)

L'interprétation sera conduite par comparaison avec le MSG.

Article III.4.3 - Excavation par méthode conventionnelle

F69

Sur la base des profils types définis au marché, les terrassements sont menés par passe de longueur adaptée à la qualité des terrains à creuser. Ces longueurs doivent être réduites si la tenue des terrains n'est pas celle attendue ou si les valeurs mesurées dans le cadre des auscultations (vibrations, nivellement, convergence, mesures des pressions et des déformations ...) dépassent les valeurs de seuils fixés au CCTP. (61)

L'excavation peut être conduite en une ou plusieurs phases. Lorsque l'excavation est réalisée en une seule phase, il s'agit d'excavation en pleine section. Si elle est conduite en plus d'une phase, il s'agit d'excavation par section divisée.

Quels que soient les moyens et matériels utilisés, le découpage de la section devra permettre de garantir les exigences de qualité et les tolérances d'exécution du contour de l'excavation définies au CCTP. Ces dispositions devront être clairement précisées dans les procédures d'exécution. (62)

Les dispositions prises pour limiter les hors profils, quand elles ne relèvent pas de technologies spéciales faisant appel à des moyens matériels autres que ceux couramment utilisés pour l'abattage, sont considérées comme faisant partie intégrante de la phase déblais. À ce titre, elles n'ouvrent pas droit à rémunération complémentaire.

Afin d'assurer la sécurité, la purge des parois doit être conduite au fur et à mesure de l'avancement des travaux avec des moyens adaptés à la configuration de l'excavation et à la qualité du terrain traversé. Le CCTP fixe les éventuelles restrictions d'emploi de certains matériels.

Le CCTP définit les exigences en matière de contrôle intérieur du titulaire pour le respect du gabarit d'excavation (ligne A). (63)

a) Abattage à l'explosif

Le titulaire doit prendre, au niveau de l'exécution des tirs, les précautions permettant de :

- *respecter le gabarit d'excavation, les limitations imposées à l'usage des explosifs, notamment pour préserver l'environnement de l'ouvrage et la dimension maximale des blocs issus des déblais ;*
- *limiter la dégradation du terrain encaissant, et ne pas compromettre la stabilité des soutènements et des revêtements déjà réalisés.*

Dans les zones sensibles, des mesures de contrôles des vibrations sont faites lors d'essais de convenance, puis au cours du creusement. Elles sont exécutées conformément aux prescriptions du CCTP.

Les tirs, le maniement d'explosifs ou d'artifices de mise à feu ne sont confiés qu'à des personnels titulaires des habilitations réglementaires.

En application de l'Article II.1.2 du présent fascicule, sur la base de chaque profil type, le titulaire établit un plan de tir type soumis à visa qui spécifie :

- la nature et les caractéristiques techniques des explosifs utilisés ;
- le maillage, le diamètre et la profondeur des trous, l'espacement des trous de la dernière ligne du plan de tir tant en élévation qu'en radier ;
- l'implantation (position par rapport au gabarit d'excavation) des trous de la ligne de découpage tant en élévation qu'en radier ;
- la répartition des charges dans les trous et, le cas échéant, le diamètre des cartouches ;
- le plan d'amorçage comprenant les types d'amorces utilisées et le détail des délais de mises à feu ;
- les charges unitaires, instantanées et la charge totale.

Avant de passer à l'exécution de chaque volée, le titulaire communique au maître d'œuvre, la référence du plan de tir qu'il va mettre en œuvre. Les modalités de gestion de ce point critique sont fixées au CCTP.

Si, au cours de l'exécution, un plan de tir mis en œuvre fait l'objet d'adaptations profondes (64) par rapport au plan de tir type, il est considéré comme un nouveau plan de tir type.

En cas de mise en œuvre d'un dispositif d'amorçage séquentiel, le titulaire doit présenter au maître d'œuvre un plan de tir faisant état du raccordement des détonateurs aux différentes lignes de l'exploseur séquentiel et mentionnant le retard de détonation au niveau de chaque trou du plan de tir.

Les plans de foration et d'amorçage doivent être disponibles sur le chantier avant le chargement de chaque volée et présentés sur un plan côté de la section excavée, en complément de la fiche de tir.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, les parois de l'excavation sont purgées.

(61)

En matière de vibrations, au stade du projet, le maître de l'ouvrage réalisera des études et expertises de façon à déterminer :

1. la loi de propagation du site entre la source et la structure auscultée ;
2. la localisation des ouvrages sensibles, les gammes de fréquence et d'amplitude et niveaux limites à respecter.

(62)

Pour chaque attaque et chaque changement de mode d'exécution des profils (creusement en pleine section ou en section divisée), les méthodes d'exécution de l'entrepreneur précisent les conditions de passage d'un mode d'attaque à un autre, d'une phase à l'autre et les conditions d'exécution des déblais qui en résultent.

(63)

Dans le cadre du contrôle intérieur, le CCTP apporte les précisions suivantes :

- concernant le respect du gabarit d'excavation, un contrôle par relevé topographique (profilomètre laser) avec une densité de un relevé de profil par pas d'avancement de longueur inférieure ou égale à 2 m et deux profils pour les pas de longueur supérieure ; pour le contrôle de la ligne S, même fréquence et pour les profils cintrés, un relevé de l'intrados de chaque cintre ;

- concernant les tirs à l'explosif, établissement d'un document de suivi (fiche de tir) mentionnant la référence du plan de tir, la localisation du tir, les difficultés éventuelles rencontrées à la foration, les adaptations éventuelles mineures apportées au plan de tir type (longueur réelle forée, nombre de trous et charges réelles mises en œuvre) ainsi que les observations faites lors du tir (vibrations, état du front, blocométrie et qualité de pourtour de l'excavation).

(64)

Les adaptations profondes des plans de tir peuvent concerner les adaptations qui sortent des fourchettes définies au CCTP.

En cas d'orage au voisinage du chantier, les opérations de chargement sont différées et les manipulations d'explosifs interdites. Dans le cas d'un chargement déjà commencé, tout le personnel travaillant à l'avancement est replié et mis à l'abri d'une explosion prématurée ; les accès sont gardés.

Cf. recommandations éditées par l'AFTES relatives au creusement à l'explosif (GT3) :

- GT3R4F2 1999 [33] ;
- GT3R5F1 2000 [34] ;
- GT3R6F1 2011 [35].

b) Excavation mécanisée

En application de l'Article II.1.2 du présent fascicule, l'excavation est conduite par passes successives, conformément aux profils types.

Si le CCTP prescrit des valeurs limites à respecter en matière de vibrations sur des ouvrages environnants, les opérations d'abattage avec des engins mécaniques de forte puissance font l'objet de mesures de vibrations sur les zones sensibles spécifiées au CCTP (65), conformément aux prescriptions de l'Article I.3.1 du présent fascicule. Ces mesures sont à la charge matérielle et financière du titulaire.

(65)

En matière de vibrations, au stade du projet, le maître de l'ouvrage réalisera des études et expertises de façon à déterminer :

1. la loi d'amortissement du site ;
2. la localisation des ouvrages sensibles, les gammes de fréquence et d'amplitude et niveaux limites à respecter.

Article III.4.4 - Excavation au tunnelier

F69

Le CCTP fournit les données permettant au titulaire de proposer le type de tunnelier adapté dont notamment :

- les caractéristiques géométriques minimales de la section intérieure de l'ouvrage à construire ;
- les caractéristiques géologiques, géotechniques et hydrogéologiques du sous-sol à creuser y compris les anomalies de terrain susceptibles d'être rencontrées ;
- la sensibilité de l'environnement à sauvegarder ; le CCTP fixe les objectifs à atteindre vis à vis des exigences aux tassements et précise les contraintes de mise en décharge des déblais ;
- les équipements de mesures permettant en outre de contrôler les tassements.

Le CCTP précise les reconnaissances à l'avancement à effectuer en avant et autour de la tête d'abattage.

Le tunnelier doit disposer des équipements nécessaires à l'exercice des contrôles définis par le marché. **(66)**

(66)

Sur la base des fonctionnalités de l'ouvrage, la section minimale intérieure du tunnel, comprenant les gabarits fonctionnels et leur tolérance, doit être respectée de façon impérative.

Le choix du type de tunnelier qu'il soit ouvert, fermé, à pression de boue, de terre ou mixte doit rester du domaine de la responsabilité de l'entrepreneur. Il en est de même pour le choix du produit (fluide ou autres) que l'entrepreneur doit injecter afin de rendre effectif le confinement du massif aussi bien sur le front de taille que sur le vide annulaire et cela en tenant compte des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques du sous-sol à creuser et de la sensibilité de l'environnement urbain à sauvegarder (bâtiments et réseaux sensibles).

Le choix des outils (molettes, pics, racleurs...), la géométrie, la conception et la géométrie de la roue de coupe ainsi que l'ensemble des organes formant le tunnelier sont également du ressort et de la responsabilité de l'entrepreneur.

Toutes les propositions de l'entrepreneur sont soumises au visa du maître d'œuvre.

L'enregistrement des paramètres de fonctionnement et leur restitution permettent d'analyser les états de fonctionnement et de dysfonctionnement du tunnelier.

Les données constituent les paramètres élémentaires à évaluer ; l'objectif de leur évaluation à travers la hiérarchisation de leur importance doit permettre à l'entrepreneur de valider le choix de la technique retenue.

Concernant les documents d'exécution, ils comprennent notamment les sections de calculs ayant permis l'estimation de la pression de confinement et des tassements en surface, le plan d'avancement du tunnel (PAT) et le logigramme décisionnel (cf. recommandation AFTES GT16R2F1 [13]).

Contrôle intérieur

Sont réalisés a minima :

- le suivi en continu des volumes excavés ;
- les mesures du vide annulaire qui subsiste entre la virole et le terrain ;
- les mesures de pression de confinement dans la chambre d'abattage.

Traitements des entrées et sorties du tunnelier

Les dispositifs pour les entrées et sorties des ouvrages traversés par le tunnelier doivent répondre au minimum à certains critères et les dimensionnements doivent être justifiés.

Le franchissement de sections de plus grandes dimensions implique la réalisation de dispositifs provisoires aussi bien à l'entrée qu'en sortie de l'ouvrage traversé.

La mise en place d'un dispositif pour la translation du tunnelier à travers l'ouvrage à franchir doit prendre en compte la géométrie et le niveau du radier des ouvrages construits préalablement et adapter son système de translation du tunnelier en conséquence.

Le CCTP pourra utilement faire référence aux recommandations éditées par l'AFTES : GT17R1F1 [36], GT4R3F1 [37], GT18R1F1 [38], etc.

Article III.4.5 - Contrôle des vibrations

F69

Il s'agit des vibrations provoquées par les tirs de mines ou par l'utilisation d'engins mécaniques puissants (brise-roche, tunnelier).

a) Critères de contrôle des vibrations (67)

Les vibrations sont contrôlées au titre du contrôle intérieur par la mesure des niveaux zéro-crêtes de la vitesse de vibration, sur un certain spectre de fréquences.

Le CCTP précise :

- les seuils à respecter par plage de fréquence ;
- les points de mesure, ainsi que le type de matériel à utiliser ;
- la fréquence des mesures à réaliser en fonction des données du projet ;
- les modalités de transmission des résultats au maître d'œuvre.

b) Dispositif de contrôle des vibrations

La mise en place des installations de contrôle et les opérations de maintenance, de déplacement et d'entretien sont à la charge du titulaire. Les propositions du titulaire relatives à la mise en place de l'ensemble du dispositif de mesures sont soumises au visa du maître d'œuvre après acceptation du laboratoire spécialisé, avant le début de l'excavation.

Ces propositions doivent prévoir les moyens nécessaires pour un fonctionnement permanent de l'installation.

(67)

Pour fixer les critères de contrôle, le concepteur se référera à la recommandation GT16R2F1 [13].

Les installations de contrôle devront permettre de procéder à un contrôle régulier des vibrations en surface, sur les ouvrages avoisinants et dans les ouvrages souterrains en construction pendant toute la durée des opérations d'abatage.

Les capteurs seront reliés à un enregistreur muni d'une sortie papier ou électronique.

Le maître d'œuvre veillera à ne pas imposer, par excès de prudence, des seuils de vibration inutilement pénalisants et susceptibles d'impacter lourdement le coût de l'opération ; en contrepartie, il accordera la plus grande attention aux actions préalables de communication auprès des riverains.

Le CCTP pourra faire référence à la recommandation de l'AFTES GT3R2F2 [39].

Article III.4.6 - Contrôle des déplacements sur les avoisinants

F69

Il s'agit des déplacements provoqués par l'excavation dans la zone d'influence géotechnique, mesurés soit en champ libre, soit sur les constructions elles-mêmes.

a) Critères de contrôle des déplacements (68)

Les déplacements sont contrôlés au titre du contrôle intérieur par la mesure des tassements absolus et différentiels, qui s'appliquent à l'ensemble du projet ou varient en fonction de tronçons homogènes en termes de caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques et de vulnérabilité des constructions.

Deux seuils sont définis :

- un seuil d'alerte au-delà duquel une adaptation de la méthode est nécessaire ;
- un seuil d'arrêt qui ne doit pas être dépassé sous peine de mise en péril des constructions.

Le pilotage s'appuie sur les prévisions des tassements à l'arrière du front qui sont établies à partir des données mesurées à l'avant du front et extrapolées à l'arrière du front sur la base des courbes longitudinales théoriques de tassement. Ces prévisions sont comparées aux seuils contractuels afin de décider de renforcer ou d'alléger les pré-soutènements ou le confinement et éventuellement d'adapter la vitesse de progression du creusement.

Le CCTP précise :

- les seuils à respecter et les obligations du titulaire en matière de pilotage du chantier pour chaque tronçon homogène concerné ;
- les points et les fréquences de mesures ainsi que le type de matériel utilisé ;
- les modalités de transmission des résultats au maître d'œuvre.

b) Dispositif de contrôle des déplacements

La mise en place des installations de contrôle et les opérations de maintenance, de déplacement et d'entretien sont à la charge du titulaire. Les propositions du titulaire relatives à la mise en place de l'ensemble du dispositif de mesures sont soumises au visa du maître d'œuvre avant le début de l'excavation.

Ces propositions doivent prévoir les moyens nécessaires pour un fonctionnement permanent de l'installation.

(68)

Pour fixer les critères de contrôle, le concepteur se référera à la recommandation GT16R2F1 [13].

Article III.4.7 - Exécution des déblais en présence de venues d'eau

F69

a) Venues d'eau importantes (69)

Lorsque des venues d'eau importantes sont prévues au MSG ou au PMR, le titulaire, après visa du maître d'œuvre, doit prendre les précautions nécessaires pour éviter ou maîtriser leur irruption. Le CCTP précise les dispositions minimales relatives à la reconnaissance à l'avancement, au mode d'évaluation des débits et au drainage que le titulaire est tenu d'exécuter préventivement.

Le titulaire assure le suivi de l'évolution des débits rencontrés ainsi que le suivi de l'évolution des niveaux des nappes, puits et sources susceptibles d'être affectés par les travaux. Les mêmes dispositions s'appliquent en cas d'irruption d'eau imprévue.

Dans les attaques descendantes, les risques d'inondation doivent être pris en compte dans l'organisation du chantier et leurs paradés doivent être soumis au visa du maître d'œuvre, à l'issue de la période de préparation.

b) Évacuation des eaux (70)

Le titulaire doit assurer l'évacuation des eaux jusqu'à l'extérieur. Les modalités pratiques de mesurage (dispositifs mis en œuvre et fréquences des mesures) sont soumises au visa du maître d'œuvre. Le CCTP fixe la distance en arrière du front à laquelle les débits sont mesurés. (71)

L'ensemble des dispositions de captage, d'évacuation, de traitement et de rejet des eaux est soumis au visa du maître d'œuvre. Le CCTP précise les éventuels ouvrages d'assainissement existants susceptibles d'être utilisés ou définitifs (collecteur,...) que le titulaire est autorisé à réaliser préventivement.

Afin d'éviter toute pollution des eaux, aucun rejet d'huile ni d'hydrocarbure n'est toléré sur les emprises des chantiers et à ses abords. Ces produits doivent être récupérés, stockés et évacués dans des récipients prévus à cet effet.

(69)

Pendant l'excavation, des forages destructifs drainants de décompression sont réalisés à la traversée des zones aquifères. Des dispositions similaires sont à réaliser pour éviter la mise en charge des soutènements, notamment du béton projeté.

Les dispositions à mettre en œuvre pour le drainage sont fonction des débits attendus. En cas de venues d'eau modérées, le CCTP peut prescrire la réalisation de drains auréolaires ; en cas de venues d'eau plus importantes, des drains périphériques obliques permettant de drainer le terrain en avant du front de taille sont recommandés.

Lorsque des venues d'eau sont attendues, l'entrepreneur réalise un ou plusieurs forages de reconnaissance au front de taille. Ces forages sont destinés à reconnaître les terrains à l'avancement et à déceler la présence éventuelle d'eau sous pression.

Les mesures prises pour le drainage des parements (réalisation de drains auréolaires ou périphériques) ainsi que celles que l'entrepreneur s'engage à prendre en cas d'irruption brutale d'eau à l'intérieur de l'ouvrage sont précisées dans la procédure d'exécution relative au creusement-soutènement ; elles sont soumises au coordonnateur SPS.

(70)

Toutes les eaux doivent être recueillies à leur source puis évacuées soit par gravité soit par pompage, jusqu'aux exutoires de surface.

Les dispositifs d'évacuation des eaux disposés en parois en vue de leur acheminement vers les canalisations d'exhaure ne devront pas diminuer l'épaisseur nominale du béton de revêtement. Éventuellement, ils seront disposés dans des saignées.

Dans les attaques montantes, l'entrepreneur réalise une cunette à la base de l'excavation permettant d'évacuer les eaux par gravité.

Le système d'évacuation doit être conçu de manière à ce que l'écoulement des eaux ne rencontre pas d'obstacle. L'entrepreneur précise en tant que de besoin, les ouvrages provisoires qu'il convient de réaliser pour maintenir en permanence l'évacuation des eaux vers les exutoires.

Dans les attaques descendantes, l'entrepreneur exécute des puisards de reprise et installe les moyens d'évacuation nécessaires.

Dans les terrains sensibles à l'eau, des dispositifs tels que préradier, cunette préfabriquée, sont recommandables ; dans tous les cas, les dispositifs doivent être mis en œuvre à une distance la plus proche possible du front.

Les ouvrages de recueil sont dimensionnés pour évacuer le débit maximal attendu. En sortie de tunnel, des canalisations évacuent les eaux vers les ouvrages de traitement.

Les normes d'objectif de qualité visent, a minima, à analyser pour les rejets :

- les matières en suspension totale ;
- la demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5) ;
- la demande chimique en oxygène (DCO) ;
- le pH et la température.

Ces normes sont fixées par arrêté préfectoral ou dans les arrêtés de prescriptions générales applicables aux activités pratiquées sur le site des travaux.

(71)

Le choix des limites de débit et les débits caractéristiques intermédiaires doit nécessairement tenir compte des diverses natures de terrain identifiées dans le mémoire de synthèse géologique, géotechnique et hydrogéologique, du type et de la section de l'ouvrage, du mode d'attaque et la nature de l'attaque, montante ou descendante.

La distance en arrière du front à laquelle les débits sont mesurés doit être compatible avec le mode de creusement et le type de profil de soutènement à mettre en œuvre.

III.5 SOUTÈNEMENT

Article III.5.1 - Généralités

F69

Les opérations de creusement sont généralement suivies par la mise en œuvre d'un soutènement immédiat visant à assurer :

- la sécurité du personnel ;
- la stabilité du front de taille et des parois venant d'être excavés.

L'application du soutènement doit être précédée de la purge et du nettoyage des parois.

Article III.5.2 - Obligations du titulaire

F69

Pendant la période de préparation des travaux et dans le cadre des dispositions prévues au marché pour l'assurance et le contrôle de la qualité, le titulaire soumet au visa du maître d'œuvre un projet de soutènement basé sur les profils types du marché comprenant, pour chaque nature de terrain et chaque phase de creusement :

- une note définissant les caractéristiques essentielles des éléments et matériaux utilisés ;
- une note technique décrivant les conditions et délais de mise en œuvre du soutènement ;
- une note justifiant l'adaptation des dispositions proposées aux terrains rencontrés.

Afin de ne pas ralentir l'avancement du chantier, le titulaire est tenu de disposer sur le chantier à tout instant des moyens et matériaux nécessaires à la mise en œuvre des différents types de soutènements dont l'utilisation est prévisible dans un délai proche. **(72)**

Le titulaire est tenu de contrôler la bonne adéquation du soutènement aux conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques rencontrées par des constats ou des mesures de déformation des parois. Dans le cas de comportement anormal, il doit, de sa propre initiative ou à la demande du maître d'œuvre, procéder au renforcement du soutènement appliqué. Le titulaire établit, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, un relevé des soutènements mis en œuvre. Ce relevé, tenu à la disposition du maître d'œuvre sur sa demande, constitue un élément du DOE.

(72)

Concernant le maintien sur le chantier des moyens indispensables au respect des cadences d'avancement, le CCTP peut préciser un délai d'approvisionnement des dits moyens en vue de leur utilisation prévisible.

Un stock minimal peut aussi être demandé au CCTP pour tous les profils types.

Article III.5.3 - Prescriptions de mise en œuvre

F69

Tous les soutènements sont incorporés à l'ouvrage définitif, sauf prescription contraire du marché.

Le CCTP précise, pour chaque profil type, la distance maximale (ou décousu) **(73)** admise entre le front et la zone soutenue. Le titulaire doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour la respecter.

Les cintres et blindages métalliques doivent être bloqués au terrain encaissant par du béton, avant reprise de l'excavation.

Sauf stipulation contraire du marché, le bois n'est utilisé comme soutènement et blindage qu'en cas d'urgence ou sur autorisation du maître d'œuvre. **(74)**

(73)

Lorsque les travaux sont réalisés avec un tunnelier n'assurant pas le soutènement des parois, le CCTP définit les profils types de soutènement à mettre en œuvre. L'entrepreneur soumet au visa du maître d'œuvre, les modalités d'exécution des soutènements. La précision de la longueur du décousu autorisé pour chaque profil type doit permettre à l'entrepreneur d'organiser les cycles de creusement-soutènement.

(74)

Lorsque les travaux sont réalisés avec un tunnelier n'assurant pas le soutènement des parois, le projet de l'entrepreneur précise les équipements auxiliaires du tunnelier permettant la mise en œuvre des soutènements.

Lorsque les travaux sont réalisés avec un tunnelier assurant le soutènement, ce sont les voussoirs qui assurent le soutènement des parois latérales.

Article III.5.4 - Remplissage des cavités naturelles

F69

Le CCTP précise le mode de remplissage des cavités rencontrées au cours de l'exécution. Si des dispositions nouvelles doivent être mises en œuvre, elles sont soumises à l'approbation du maître d'ouvrage. **(75)**

(75)

Le remplissage des cavités rencontrées lors du creusement se fait avant la reprise de l'avancement.

On entend par « dispositions nouvelles », soit des procédés techniques pour lesquels aucune rémunération n'est prévue au bordereau des prix du marché soit les dispositions à prévoir en cas de rencontre de conditions imprévues.

Article III.5.5 - Responsabilité du titulaire

F69

Le titulaire conserve la responsabilité du soutènement jusqu'à la réalisation du revêtement définitif. Dans le cas où il ne serait pas prévu de revêtement définitif, cette responsabilité subsiste jusqu'à la réception des travaux. (76)

(76) Le CCTP fixe le délai maximal pendant lequel le soutènement provisoire peut être laissé en attente du revêtement sachant que l'entrepreneur est responsable du soutènement jusqu'à la mise en place du revêtement.

Article III.5.6 - Contrôles qualité des soutènements

F69

Le respect de la position de l'intrados des soutènements (ligne S) et des épaisseurs minimales de béton projeté relève du contrôle intérieur de l'entreprise. (77)

(77) Le CCTP précise les exigences minimales à respecter. Le contrôle de l'épaisseur minimale de béton projeté est réalisé selon la même fréquence que les contrôles du gabarit d'excavation (cf. commentaire (63) à l'article III.4.3 – Excavation par méthode conventionnelle). Les contrôles de la ligne S réalisés avant la mise en place du dispositif d'étanchéité et/ou du revêtement pourront être réalisés avec une densité moindre. Il est particulièrement important d'obtenir de l'entreprise une méthode de contrôle efficace des épaisseurs minimales prescrites.

III.6 AUSCULTATIONS

F69

Une auscultation appropriée des parois soutenues et des ouvrages susceptibles d'être affectés par les travaux doit être assurée par le titulaire dans le cadre des dispositions prévues au marché pour l'assurance et le contrôle de la qualité exercés par le contrôle intérieur.

Les auscultations concernent :

- la mesure des déformations des parois de l'excavation, du front de taille et des tassements en surface et en tunnel ;
- la mesure des contraintes : pressions exercées par le terrain sur les soutènements et le revêtement et contraintes dans les soutènements et revêtement ;
- le suivi hydrogéologique du massif, que ce soit depuis l'intérieur ou l'extérieur de l'ouvrage ;
- l'analyse de l'ensemble des mesures et du suivi ;
- le suivi des paramètres de fonctionnement du tunnelier, le cas échéant.

Le CCTP précise la nature et la fréquence des mesures à réaliser en fonction des données du projet, les valeurs de seuils à respecter ainsi que les conditions de définition des seuils de pilotage (alerte et arrêt) et celles de transmission des résultats au maître d'œuvre.

Dans son projet d'exécution, le titulaire doit préciser :

- les moyens – personnels et matériel – mis en œuvre pour réaliser les mesures et assurer l'entretien et l'exploitation des systèmes utilisés ;
- les dispositions à appliquer en cas de dépassement des seuils fixés au CCTP.

De plus, pour les ouvrages en site sensible, le CCTP prévoit des mesures d'auscultation destinées à suivre et à analyser le comportement des terrains qui comportent au minimum :

- des sections de mesures des mouvements du terrain en profondeur ;
- des contrôles topographiques en surface.

Les observations faites au cours des auscultations sont regroupées dans un rapport, au même titre que les reconnaissances et le suivi des travaux. (78)

(78) L'AFTES (cf. recommandation GT19R1F1 « L'organisation de l'auscultation des tunnels » [40]) définit les auscultations comme « la mesure des grandeurs physiques permettant de comprendre et de maîtriser d'une part le comportement de l'ouvrage, d'autre part son incidence sur l'environnement. » Le CCTP pourra également faire utilement référence à la recommandation de l'AFTES GT19R2F1 « Méthodes d'auscultations des ouvrages souterrains » [41].

Dans le cadre de l'application de la méthode observationnelle, les auscultations ont pour objet de :

1. contrôler l'instauration d'un nouvel équilibre suite aux opérations d'excavation – soutènement ;
2. détecter un comportement anormal nécessitant un renforcement du soutènement, dans le cadre de la mise en œuvre de la méthode observationnelle (cf. III.2.2) ;
3. autoriser les opérations de bétonnage du revêtement après vérification de la stabilité des déformations du massif.

Pour les ouvrages ou bâtiments sensibles et en complément des auscultations précédemment prévues, il est nécessaire de mettre en place un dispositif de contrôle topographique en continu et en temps réel ainsi qu'une surveillance complète du site par l'intermédiaire d'appareils topographiques de type théodolite. Des cibles seront préalablement mises en place sur les points les plus stratégiques et les plus sensibles des zones retenues. Ces appareils topographiques qui sont mis en station sont connectés à un ordinateur qui sur la base de

logiciels de pilotage, d'analyse et d'alerte, traite les informations et les transfère sur l'écran d'un PC dédié, qui permet en permanence de visualiser les mesures et les graphiques. La visualisation de ces paramètres devra être possible depuis le réseau Internet.

En application de la méthode observationnelle, un processus d'alerte (SMS, courriels) basé sur l'analyse des mesures après chaque cycle de creusement à partir des seuils définis dans le CCTP doit être également mis en place.

Dans le cas particulier où le maître de l'ouvrage ou son représentant souhaite conduire des auscultations en cours de travaux, le marché doit préciser :

- la définition précise des auscultations programmées, les conditions d'intervention dans l'ouvrage et les incidences sur la conduite des travaux ;
- les prestations qui resteront à la charge matérielle de l'entrepreneur (moyens d'accès, ...), celles qui seront rémunérées.

III.7 ÉTANCHÉITÉ

F69

Les travaux d'étanchéité sont menés conformément aux dispositions du fascicule 67 Titre III du CCTG Travaux (79). En outre, ils doivent respecter les prescriptions supplémentaires suivantes.

(79)

Le marché doit rendre contractuel le fascicule 67 titre III « Étanchéité des ouvrages souterrains » du CCTG Travaux [18].

Ce fascicule traite dix familles de procédés d'étanchéité :

1. À base de géomembranes synthétiques
2. Par feuilles d'étanchéité à base de bitumes polymères
3. À base d'asphalte coulé
4. À base de géomembranes bitumineuses
5. Par système d'étanchéité liquide (SEL)
6. Par système d'imperméabilisation liquide (SIL)
7. Par géosynthétiques bentonitiques
8. Par enduits d'imperméabilisation adjuvantés
9. Par enduits d'imperméabilisation par minéralisation
10. Par joints de voussoirs.

Il aborde les spécifications qui s'appliquent aux procédés et les modalités d'exécution des travaux, dont la qualité du support, les épreuves de convenance et la mise en œuvre de chacun des procédés ci-dessus.

En complément au fascicule 67 titre III [18], la Commission d'avis techniques CETU a mis en place une procédure d'évaluation des procédés d'étanchéité utilisés dans les ouvrages souterrains [42]. La formule des avis techniques permet aux maîtres d'œuvre de disposer d'éléments d'appréciation sur le comportement des procédés et d'informations sur leur domaine d'application et leurs conditions de mise en œuvre.

Le CCTP pourra également faire référence aux recommandations et « avis d'expert » édités par l'AFTES par son groupe de travail n°9 (GT9).

Article III.7.1 - Étanchéité avec un revêtement coulé en place

F69

Le CCTP précise, en fonction de l'usage de l'ouvrage et de sa durée de vie, le critère de pression d'eau maximum subi par l'ouvrage, le sens de la pression, les débits de fuite éventuellement tolérés, la nature chimique de l'eau et du terrain environnant, la température et l'ambiance intérieure de l'ouvrage. **(80)**

Le projet d'exécution préparé par le titulaire et soumis au visa du maître d'œuvre doit préciser :

- les produits d'étanchéité utilisés, conformes aux prescriptions du CCTG Travaux, fascicule 67 Titre III, le cas échéant précisées par le CCTP ;
- les modalités de mise en œuvre et les modalités de préparation et de contrôle du support, telles que prévues dans le fascicule 67 Titre III du CCTG Travaux. Ce contrôle fait l'objet d'un point d'arrêt ;
- les modalités de contrôle de la mise en œuvre ;
- les réservations pour les réparations éventuelles ;
- les mesures de protection spécifique pour l'étanchéité en radier.

(80)

Lorsque la mise en œuvre d'un dispositif d'étanchéité requiert l'utilisation d'un portique, le CCTP doit préciser le gabarit de passage à maintenir sous le portique.

Dans le cas où les venues d'eau exerceraient une trop grande pression sur l'étanchéité il est possible de prescrire un intervalle de réalisation entre la mise en œuvre de l'étanchéité et du revêtement.

Lorsqu'il est prévu un procédé d'étanchéité en radier, le CCTP précise les dispositions à mettre en œuvre pour en assurer la pérennité. Le CCTP peut imposer que la contre voûte soit immédiatement réalisée ou un système de protection provisoire et un passage supérieur pour assurer le maintien des circulations de chantier sous l'ouvrage.

Lorsqu'il est prévu un procédé d'étanchéité à l'extrados d'un ouvrage remblayé en tête de tunnel, le CCTP précise la protection supplémentaire à mettre en œuvre pour en assurer la pérennité.

Article III.7.2 - Étanchéité avec un revêtement en béton projeté

F69

Le CCTP précise le niveau d'étanchement requis et les dispositions à mettre en œuvre. **(81)**

(81)

Cf. recommandation GT9R1F3 relative aux traitements d'arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains [43].

Article III.7.3 - Étanchéité avec un revêtement en voussoirs préfabriqués

F69

Le CCTP précise, en fonction de l'usage de l'ouvrage et de sa durée de vie, le critère de pression d'eau maximum subi par l'ouvrage, le sens de la pression, les débits de fuite éventuellement tolérés, la nature chimique de l'eau et du terrain environnant, la température et l'ambiances intérieures de l'ouvrage. **(82)**

Le projet d'exécution préparé par le titulaire et soumis au visa du maître d'œuvre doit préciser :

- les produits d'étanchéité utilisés et leurs caractéristiques physiques et chimiques ;
- les modalités de mise en œuvre, y compris préparation du support, tolérances de pose, précautions d'emploi et dispositions de sécurité ;
- les procédures de tests de résistance à la pression ;
- les résultats de ces tests ;
- les réservations pour les réparations éventuelles.

(82)

Cf. recommandation GT9R9F1 relative à l'étanchéité des tunnels en voussoirs par joints hydrogonflants [44].

III.8 REVÊTEMENT

Article III.8.1 - Généralités

F69

Le revêtement a pour fonction d'une part d'assurer de façon pérenne la stabilité de l'ouvrage et d'autre part de protéger l'étanchéité extradoss et de supporter le génie civil de second œuvre et les équipements d'exploitation et de sécurité.

Le CCTP précise, en fonction du type de revêtement (83) :

- l'épaisseur nominale du revêtement et les valeurs de réduction autorisées ;
- les tolérances de qualité dimensionnelles et d'aspect des parements ;
- les tolérances de positionnement des coffrages et des éléments de revêtement préfabriqué ;
- la nature du béton (classes de résistance, classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement, résistance aux réactions de gonflement interne) ;
- les critères de décaissement des revêtements coffrés ;
- la longueur maximale des plots de revêtement coffré ;
- les caractéristiques dimensionnelles des joints de fissuration ;
- les conditions de cure des surfaces des parements ;
- les exigences sur l'aspect des surfaces défini par la classe des parements et, en particulier, sur les tolérances de texture, de teinte et de forme géométrique.

Le titulaire doit s'assurer de la stabilité du revêtement lors des phases de construction.

Les caractéristiques du revêtement sont soumises par le titulaire au visa du maître d'œuvre.

(83)

Le CCTP pourra utilement faire référence aux recommandations éditées par l'AFTES, notamment GT36R1F1 [45].

Lorsque l'ouvrage présente des conditions naturelles de stabilité globale et de stabilité locale durables, la mise en œuvre d'un revêtement n'est pas nécessaire. Elle peut néanmoins être exigée par le maître de l'ouvrage, notamment pour des raisons d'exploitation ou de maintenance.

En fonction des caractéristiques du tracé en plan, le CCTP peut fixer une longueur maximale de plot.

Les classes de parement sont spécifiées en référence au fascicule 65 du CCTG [17].

En particulier les tolérances de forme géométrique doivent inclure les tolérances sur les joints entre plots ou entre voussoirs préfabriqués (désaffleurements maximaux admissibles).

Article III.8.2 - Revêtement en béton coulé

F69

Le programme de bétonnage est établi conformément aux dispositions du fascicule 65 du CCTG Travaux. (85)

Le contact du revêtement et du terrain doit être vérifié plus particulièrement en clé de voûte ; les vides subsistants sont comblés par des injections de remplissage. (86)

Les venues d'eau doivent être captées et canalisées jusqu'aux dispositifs d'évacuation, avant toute mise en place d'un système d'étanchéité et toute exécution du revêtement. (87)

Les conditions dans lesquelles sont remplies les excavations visées au Chapitre III.9 - du présent fascicule, et que le titulaire estime nécessaires pour l'exécution des travaux sont soumises à l'approbation du maître d'œuvre.

En présence d'une étanchéité, le maître d'œuvre procède, préalablement au coulage du revêtement, à une réception de l'étanchéité conformément au fascicule 67 Titre III du CCTG Travaux. Cette phase de l'exécution fait l'objet d'un point d'arrêt. Le titulaire y porte une attention particulière de manière à assurer l'intégrité de l'étanchéité, notamment au droit des masques de coffrage et des zones ferrillées en voûte et en radier.

En l'absence d'étanchéité extradoss, la mise en œuvre du revêtement en béton coulé ne doit être entreprise qu'après purge et nettoyage du support (rocher, béton projeté, cintres, ...). Le maître d'œuvre procède à une réception de l'excavation ; cette phase fait l'objet d'un point d'arrêt.

Les revêtements exécutés à pleine fouille sont bloqués contre les parois de l'excavation.

(84)

Le CCTP fixe les prescriptions particulières de réalisation du revêtement dont notamment celles relatives :

- au respect des tolérances d'exécution des ouvrages en particulier celles liées à la rigidité des coffrages ;
- aux reprises de bétonnage ;
- aux exigences minimales de résistance du béton lors du décaissement ;
- aux conditions particulières de bétonnage (traitements thermiques, bétonnage sous conditions climatiques extrêmes), de décoffrage et de cure ;
- aux réservations à prévoir dans le revêtement pour la pose des inserts et fourreaux ;
- aux dispositions à prendre pour le clavage ;
- à la constitution éventuelle d'un élément témoin.

(85)

Dans son programme de bétonnage, l'entrepreneur précise notamment :

- le temps maximal entre la fin de la fabrication du béton et la fin de sa mise en place ;
- les moyens de secours (pompe, vibreurs, centrale, ...)
- les dispositions prises pour :
 - la position et le mode de traitement des reprises de bétonnage,
 - la fréquence et la position des forages pour injections de remplissage,
 - la forme et les matériaux employés pour la réservation des joints entre anneaux de bétonnage.

(86)

En présence d'un contour irrégulier soit du rocher (revêtement bloqué en pleine fouille) soit du soutènement, (béton projeté), lors de la mise en place du béton de revêtement, les vides pouvant subsister sont comblés par des injections de remplissage.

Le CCTP peut spécifier la nature du remplissage et les prescriptions de mise en œuvre dont notamment la pression limite d'injection.

(87)

Il convient, si on est en milieu agressif, de préciser la qualité des eaux et des sols. Si tel est le cas, le ciment utilisé sera conforme aux normes en vigueur relatives au bétonnage en milieu agressif. Le CCTP définit les procédés à mettre en œuvre pour le drainage et l'étanchéité.

Article III.8.3 - Revêtement en béton projeté

F69

Le CCTP fixe, en fonction du profil type, la position de la ligne I d'intrados ou contour équivalent à respecter et les tolérances d'aspect. Le projet d'exécution établi par le titulaire et visé par le maître d'œuvre précise les dispositions prises pour le contrôle des épaisseurs minimales, le respect de la ligne I d'intrados ou contour équivalent et des tolérances d'aspect. (88)

(88)

En présence de milieu agressif, les dispositions prises pour le revêtement coulé sont applicables.

La nature de l'ouvrage et la nature du terrain peuvent conduire à mettre en œuvre un revêtement en béton projeté.

Article III.8.4 - Revêtement en voussoirs préfabriqués

F69

Les voussoirs sont dimensionnés sans omettre les contraintes imposées par le stockage, par la manutention, par les injections de comblement de l'espace annulaire, ainsi que par la poussée des vérins du tunnelier.

S'ils ne sont pas fixés au CCTP, la longueur et la composition des anneaux, la géométrie des voussoirs (forme, épaisseur), la définition des surfaces de contact, les garnitures d'étanchéité, les dispositifs d'assemblage, la composition des bétons et les armatures sont soumis au visa du maître d'œuvre.

La nature et le procédé de mise en œuvre du matériau de remplissage entre le revêtement et le terrain sont adaptés au revêtement et au dispositif d'étanchéité pour former un ensemble répondant à la destination du tunnel. Ils sont soumis au visa du maître d'œuvre pendant la période de préparation. (89)

(89)

Cf. recommandations éditées par l'AFTES :

- GT18R1F1 [38] sur la conception, le dimensionnement et la réalisation des revêtements en voussoirs préfabriqués en béton armé installés à l'arrière d'un tunnelier ;

- GT38R1F1 [46] sur la conception, le dimensionnement et la réalisation de voussoirs préfabriqués en béton de fibres métalliques.

III.9 OUVRAGES ANNEXES NON PRÉVUS AU MARCHÉ

F69

Les ouvrages souterrains provisoires qui ne sont ni prévus au marché, ni notifiés par ordre de service et que le titulaire serait conduit à prévoir pour faciliter l'exécution des travaux, font l'objet de projets à soumettre à l'acceptation du maître d'œuvre après accord du maître d'ouvrage. Ces projets comprennent les plans, l'indication du mode d'exécution et les dispositions à prendre pour obturer les volumes ou revêtir les surfaces, afin que la pérennité du souterrain et son utilisation ne soient pas compromises. Les travaux correspondants restent à la charge du titulaire.

En fin de chantier, le titulaire doit remettre au maître d'ouvrage les plans conformes à l'exécution. (90)

(90)

Les ouvrages provisoires auxquels le présent article s'applique sont ceux qui ont pour but, soit de tenir le délai d'exécution, soit de faciliter la circulation ou la commodité du travail.

Par exemple : fenêtre, descenderies, puits d'attaque, galeries, niches, excavation pour garage, poste de transformation ou atelier, toute surlargeur pour croisement des véhicules.

CONSISTANCE DES PRESTATIONS ET DÉTERMINATION DES QUANTITÉS

F69

Les spécifications du présent titre sont applicables dans la mesure où elles ne sont pas contredites par les pièces particulières du marché qui prévalent, notamment le CCTP et le bordereau des prix.

IV.1 INSTALLATIONS DE CHANTIER

Article IV.1.1 - Généralités

F69

Les installations de chantier comprennent les prestations énoncées au CCAG - travaux ainsi qu'à l'Article 1.6.2 du présent fascicule.

Article IV.1.2 - Contenu des prestations

F69

La prestation installation générale et repliement du chantier comprend l'amenée, l'installation, l'amortissement, l'entretien et le repliement de toutes les installations de chantier afférentes aux travaux, définies au CCAP, y compris les évolutions accompagnant les diverses phases d'exécution des travaux.

Elle comprend également :

- l'amenée et le repliement de tous les matériels nécessaires à l'exécution des travaux ;
- toutes les sujétions de circulation dans l'emprise du chantier ;
- l'installation des dépôts éventuels d'explosifs ;
- les moyens de transport en galerie mis à la disposition du maître d'œuvre ;
- les dispositifs destinés à assurer l'hygiène et la sécurité ;
- l'enlèvement des matériaux en excédent et la remise en état des lieux, y compris le remodelage des zones d'installation.

Sauf prescription contraire du bordereau des prix, les équipements ou dispositifs d'installation de chantier suivants sont rémunérés par des prix distincts pour les natures de prestations suivantes :

- installations rapprochées aux têtes ;
- éclairage en souterrain ;
- ventilation des ouvrages ;
- centrales à béton, d'injection ou de traitement des terrains, de préfabrication sur chantier ;
- dispositifs pour le traitement et l'évacuation des effluents, le recueil, la décantation et le déshuilage des eaux issues du tunnel, ainsi que pour la mesure hebdomadaire de leur débit ;
- signalisation des chantiers à l'égard de la circulation publique ;
- dispositions prises pour le respect des contraintes environnementales et pour réduire les gênes imposées aux usagers et aux voisins ;
- laboratoire(s) de chantier.

Le fonctionnement et la maintenance des installations énumérées ci-après font l'objet de prix spécifiques :

- dispositifs de traitement des eaux ;
- pistes et accès de chantier ;
- équipements de ventilation ;
- équipements d'éclairage.

Article IV.1.3 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

F69

Les installations de chantier sont rémunérées par des prix forfaitaires. Ces prix sont réglés en plusieurs fractions en fonction de l'importance des chantiers. Le marché fixe les pourcentages de chacune des fractions. Chacune d'elles fait l'objet de prises en compte échelonnées suivant la durée de l'installation ou du repli.

Le règlement des installations de chantier est effectué selon un échéancier fixé au bordereau des prix.

Sauf prescription contraire du bordereau des prix, le fonctionnement et la maintenance des installations visées à l'Article IV.1.1 sont rémunérés par des prix unitaires au mois. **(91)**

(91)

Le paiement des prestations sur prix forfaitaires sont rémunérées a minima, en deux fractions, l'une après installation (70%), l'autre après démontage, repli des matériels et remise en état des lieux (30%).

Le prix d'installation générale et repliement de chantier et les éventuels autres prix d'installations spécifiques ne doivent comporter aucune rémunération telle que : exploitation, surveillance, remplacement, entretien, maintenance, frais de location diverses, etc. (tous les frais non fixes). Au BPU, il convient de rédiger un prix de maintenance des installations de chantier qui inclut entre autres choses, les charges variables.

IV.2 RÉALISATION DES OUVRAGES EN MÉTHODE CONVENTIONNELLE

Article IV.2.1 - Contenu des prestations

F69

a) Déblais

La prestation déblais comprend, notamment :

- les opérations de pilotage ;
- l'abattage ;
- le marinage comprenant le chargement, le transport et la mise en dépôt des matériaux extraits à une distance précisée par le CCTP ;
- la purge et le réglage des parois de l'excavation, y compris en radier ;
- les sujétions résultant de l'enlèvement des soutènements de front provisoires prévus au marché ;
- les sujétions d'exécution résultant des venues d'eau et tous les frais pour en assurer l'évacuation, en-dessous de la limite minimale de débit fixée par le CCTP ;
- les opérations de contrôle interne ;
- les sujétions résultant des contrôles ;
- les sujétions résultant de l'exécution des mesures prévues dans le cadre des reconnaissances et auscultations dont, notamment, celles liées aux arrêts de l'avancement et aux interactions avec le processus de production ;
- les sujétions imposées à l'exécution des déblais par la mise en œuvre du soutènement.

Elle ne comprend pas les prestations suivantes qui font l'objet de prix spécifiques :

- la reprise, le transport et la mise en dépôt des marins au-delà de la zone proche des têtes ;
- les reconnaissances à l'avancement ;
- les auscultations ;
- les forages de drainage au-delà de la limite minimale de débit fixée au CCTP ;
- les opérations de contrôle externe.

b) Soutènement

La prestation soutènement comprend, quelles que soient la distance du front de taille et la nature du terrain :

- les fournitures, y compris les accessoires ;
- le transport et le stockage des fournitures ;
- les opérations de pesage contradictoire, le cas échéant ;
- la mise en œuvre ;
- les opérations de contrôle interne ;
- les sujétions résultant des contrôles ;
- les sujétions résultant de l'exécution des mesures prévues dans le cadre des reconnaissances et auscultations ;
- toutes les sujétions résultant de cette mise en œuvre, dont celles imposées à l'exécution des déblais.

Les soutènements provisoires récupérés après l'emploi restent la propriété du titulaire.

Elle ne comprend pas les prestations suivantes qui font l'objet de prix spécifiques :

- les opérations de contrôle externe.

c) Étanchéité

La prestation étanchéité comprend :

- la fourniture et la mise en œuvre de l'ensemble des constituants du procédé d'étanchement décrit au CCTP, y compris les moyens d'accès à la voûte ;
- les réparations éventuelles consécutives à des dégradations en cours de chantier ;
- toutes les sujétions liées aux raccordements ;
- les opérations de contrôle interne ;
- les sujétions résultant des contrôles ;
- les sujétions liées à la réception du support.

Elle ne comprend pas les prestations suivantes qui font l'objet de prix spécifiques :

- les opérations de contrôle externe ;
- les compartimentages et les dispositifs d'arrêts, autres que ceux mis en place à la reprise de béton de fondation – voûte en l'absence d'étanchéité totale ;
- les protections mécaniques complémentaires ;
- les dispositifs de drainage.

d) Coffrage d'intrados

La prestation de coffrage d'intrados comprend :

- l'emploi, la pose et la dépose des coffrages ;
- les dispositifs propres à assurer leur rigidité et leur étanchéité, suivant les indications du CCTP ;
- les masques d'about ;
- toutes les sujétions de préparation liées aux réemplois, d'échafaudages, d'étaie, de travail en hauteur ;
- toutes les sujétions liées aux ouvrages incorporés décrits au CCTP.

Elle ne comprend pas les joints entre les anneaux de revêtement qui sont rémunérés par un prix spécifique ; cette prestation comprend la fourniture et la mise en œuvre du profilé de réservation, le décoffrage, les reprises éventuelles des lèvres des joints après décoffrage et toutes les sujétions d'exécution, dont celles liées au réemploi éventuel.

Sauf stipulation contraire du CCTP, la rémunération de l'outil coffrant comprenant les études de conception, le portique support et tous les équipements du coffrage, son amenée et son repli, son montage à blanc, ainsi que toutes les opérations de préparation initiale, fait l'objet d'un prix spécifique.

e) Revêtement en béton coulé

La prestation revêtement comprend :

- la fourniture des constituants, incluant la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction ;
- la fabrication ou la fourniture (Béton Prêt à l'Emploi), le transport et la mise en œuvre du béton ;
- le nettoyage du terrain avant tout bétonnage (cas des revêtements bloqués en pleine fouille ou en l'absence d'étanchéité) ;
- les injections de remplissage ;
- les sujétions d'exécution résultant des venues d'eau lorsque leur débit est inférieur à la limite minimale fixée par le CCTP ;
- toutes les sujétions liées à la présence de fourreaux ou réservations diverses décrites au CCTP ;
- les sujétions résultant de la présence éventuelle d'armatures ;
- les sujétions résultant de l'exécution des auscultations prévues.

Elle ne comprend pas les travaux d'étanchement et de drainage des venues d'eau qui sont effectués préalablement au revêtement, ni les opérations de cure des bétons, ni les dispositions prises pour assurer le bétonnage par temps froid, ni les opérations particulières de réglage et de finition des surfaces non coffrées. Ces prestations font l'objet de prix spécifiques.

f) Aciers pour béton

Les prestations comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le stockage et la conservation, le façonnage et la mise en œuvre des armatures de béton armé, y compris le calage.

Ces prestations comprennent toutes les opérations liées aux armatures en attente, y compris les dispositifs de protection des travailleurs et la protection des parements.

Article IV.2.2 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

Les déblais, les bétons de soutènement en parois, les coffrages d'intrados, les bétons de revêtement et l'étanchéité sont rémunérés par mètre d'ouvrage pour chaque profil type. Pour les déblais, les prix ne s'appliquent que dans la limite minimale des débits de venues d'eau définis au CCTP. En dehors de ces limites, des plus-values sont applicables conformément aux dispositions de l'Article IV.4.3 du présent fascicule.

Pour les coffrages d'intrados, sauf disposition contraire du bordereau des prix, ceux-ci sont rémunérés par :

- un prix pour les coffrages de banquettes de fondation ;
- un prix pour le coffrage de voûte ;
- un prix pour le coffrage de radier.

Les bétons de soutènement des fronts sont rémunérés à l'unité de front soutenu, en fonction du profil type.

Les prix du marché afférents à ces prestations s'appliquent lorsque les paramètres caractéristiques du profil type demeurent à l'intérieur des fourchettes définies, quelle que soit la quantité réalisée.

Pour chaque profil type et pour chacun de ces prix, le marché comporte une décomposition du prix comprenant, notamment, une détermination des quantités de prestation prises en compte dans le prix et établies en référence à la géométrie du profil, et éventuellement corrigée d'une marge prenant en compte les conditions réelles d'exécution. **(92)**

Les autres constituants des soutènements (blindage, boulons, cintres, treillis, tous les éléments de soutènement autres que les bétons de blocage et projetés en parois), ainsi que les autres éléments de construction entrant dans l'ouvrage, sont rémunérés par des prix unitaires sur constat des quantités réalisées.

Les quantités d'aciers pour béton armé sont rémunérées suivant les dispositions prévues au fascicule 65 du CCTG Travaux. **(93)**

Lorsque des hors profils (HP) se produisent sans qu'il y ait faute du titulaire, leur origine géologique doit être justifiée par celui-ci.

Les quantités supplémentaires liées aux HP sont prises en compte à partir de mètres contradictoires établis sur la base de levés de sections ; elles sont rémunérées par application de prix spécifiques, en fonction du type de quantité supplémentaire. **(94)**

Pour les cavités naturelles, sauf disposition différente explicitée au PMR, la totalité du comblement de la cavité est rémunérée par application de prix spécifiques, en fonction de la nature du remplissage. Les quantités prises en compte sont mesurées contradictoirement au-delà de la quantité normale prise en compte, définie au CCTP pour chaque profil type.

(92)

Prestations rémunérées par mètre d'ouvrage pour chaque profil type

Ce mode de rémunération est en lien direct avec la définition des ouvrages linéaires par profils types (cf. article II.1.2). Il s'agit d'une globalisation des quantités mises en œuvre par mètre d'ouvrage qui s'applique notamment aux déblais, bétons de soutènement en parois, étanchéité, coffrage d'intrados et béton de revêtement. Une logique similaire est appliquée pour les bétons de soutènement des fronts qui eux sont rémunérés à l'unité de front soutenu.

Les quantités de référence (ou quantités normales) sont issues des tableaux de définition des profils types et des plans associés.

Pour établir ses prix, l'entrepreneur doit prendre en compte ces quantités de référence (géométrie du profil) mais aussi le domaine de validité du profil type (fourchettes de quantités) et une marge liée aux conditions réelles d'exécution (précision du découpage par exemple).

Le bordereau des prix précise les règles de détermination des quantités et la décomposition attendue de chaque prix. Il est important de demander à l'appui des offres les sous-détails de prix, qui devront faire apparaître cette décomposition.

Pour chaque pas d'avancement, les contrôles sur chantier permettent de s'assurer que les lignes de référence sont respectées et que les paramètres caractéristiques du profil type se situent bien à l'intérieur des fourchettes définies au

marché (longueur de pas d'avancement, épaisseur de béton de soutènement, etc.). Les prestations sont rémunérées sur constat des longueurs d'application des profils types, quelles que soient les quantités réelles mises en œuvre.

(93)

Prestations rémunérées sur constat des quantités réalisées

Pour chaque prestation non incluse dans le prix au mètre, le bordereau des prix précise l'unité et le mode de détermination des quantités.

Les règles de détermination peuvent être les suivantes :

- cintres : au kg, comprenant les accessoires de montage et d'assemblage ; la masse à prendre en compte peut être déterminée en considérant la section du profilé et la longueur d'un cintre, mesurée sur la fibre moyenne et en attribuant à l'acier une masse volumique de 7850 kg/m³ ;
- blindages et plaques de répartition : au kg, en prenant en compte la surface réelle sans les recouvrements ; la masse peut être déterminée à partir des poids indiqués dans les catalogues des fabricants ou par pesée ;
- boulons :
 - soit au kg, en prenant en compte les accessoires (plaques, contre-plaques, écrous) ; dans le cas d'utilisation de boulons à ancrage ponctuel, la coquille d'ancrage n'est pas prise en compte dans la pesée,
 - soit au mètre en prenant en compte la longueur de la tige (et non celle du forage) et les accessoires,
 - soit à l'unité comprenant le boulon et tous ses accessoires.

- grillages : au mètre carré de surface réellement soutenue sans les recouvrements ;
- treillis soudés : soit au mètre carré soit au kg en prenant en compte la surface réellement soutenue sans les recouvrements ; la masse peut être déterminée à partir des poids indiqués dans les catalogues des fabricants ou par pesée ;
- joints entre anneaux de bétonnage : au mètre théorique de profilé ou à l'unité ; la longueur prise en compte est mesurée selon la développée de la ligne I de l'intrados ;
- compartimentages de l'étanchéité (longitudinaux et transversaux) et dispositifs d'arrêt aux reprises de bétonnage : en l'absence d'une étanchéité totale, au mètre de profilé réellement mis en œuvre, sans majoration pour les accessoires de raccordement.

Pour la rémunération des aciers pour armatures de béton, des autres coffrages (y compris dalle et cloison de ventilation) ou bétons autres que ceux de revêtement, le contenu des prix est conforme aux stipulations du Fascicule 65 du CCTG [17] et les quantités prises en compte sont mesurées conformément aux stipulations de l'annexe D du Fascicule 65.

Les opérations de cure des bétons, les dispositions prises pour assurer le bétonnage sous conditions de températures extrêmes et les opérations particulières de réglage et de finition des surfaces non coffrées ou de traitements des parements sont rémunérées selon les dispositions de l'annexe D du fascicule 65 du CCTG [17].

(94)

Hors profils d'origine géologique

Lorsque des hors profils d'origine géologique se produisent, des quantités supplémentaires relatives aux prestations rémunérées par mètre d'ouvrage peuvent être prises en compte. Il s'agit d'un risque ordinaire, intégré au dossier de référence.

La convention de prise en compte de ces quantités supplémentaires doit être fixée par le maître d'ouvrage sur proposition du maître d'œuvre dans le DCE :

- notion de hors profil : la limite à partir de laquelle on peut parler de hors profil doit être précisée. Il est courant d'utiliser pour cela une ligne conventionnelle qui résulte d'un décalage de la ligne A pour chaque profil type. La notion de hors profil n'apparaît alors que dans les zones où la ligne d'excavation réelle est située au-delà de cette ligne conventionnelle.

En-deçà, le maître d'ouvrage considère que toutes les prestations sont rémunérées par les prix au mètre et l'entrepreneur ne peut prétendre à la prise en compte de quantités supplémentaires ;

- caractère géologique des hors profils : la règle retenue pour juger du caractère géologique ou non des hors profils doit être indiquée. Seuls les hors profils reconnus d'origine géologique, donc sans faute de l'entrepreneur, peuvent conduire à la prise en compte de quantités supplémentaires ;
- mode de rémunération des quantités supplémentaires : la règle de rémunération retenue par le maître d'ouvrage doit être indiquée dans le BPU. Elle comprend la détermination des quantités supplémentaires et les prix spécifiques associés. Il est recommandé d'utiliser une règle qui incite fortement les entreprises à limiter au maximum les hors profils. On peut retenir par exemple une règle consistant à appliquer un abattement de 70% sur le prix des déblais normaux pour rémunérer les volumes d'excédent de déblais reconnus comme hors profils géologiques et un abattement de 30% sur le prix de béton projeté ou de béton de revêtement selon les cas, pour rémunérer le remplissage de ces mêmes volumes.

L'entrepreneur fournit les levés de section réalisés dans le cadre de son contrôle intérieur (contrôles des lignes A et S, cf. article II.1.1) ; ces levés permettent d'identifier les zones de hors profils et de déterminer les volumes de hors profils conformément à la convention fixée au marché.

Pour la prise en compte de quantités supplémentaires, l'entrepreneur doit justifier l'origine géologique du hors profil en rapport :

- à la description des conditions géologiques rencontrées ;
- aux méthodes de déblais utilisées (plans de tir, ...) ;
- aux constats contradictoires (levés géologiques, ...) ;
- aux adaptations effectuées selon les résultats des avancements précédents.

Tous les indices permettant de juger du caractère géologique du hors profil sont également relevés par le maître d'œuvre au moment du levé géologique de front (cf. article III.2.2 et III.4.3).

L'analyse se fait par tronçon homogène d'ouvrage (selon les conditions géologiques et les méthodes de creusement).

IV.3 RÉALISATION DES OUVRAGES DÉFINIS PAR DES PLANS ET COUPES

Article IV.3.1 - Généralités

F69 Pour chaque ouvrage, les limites sont sensiblement constituées par des contours équivalents à ceux définis pour les profils types par les lignes I, S et A.

Article IV.3.2 - Contenu des prestations

F69 Le contenu des différentes prestations est identique à ceux applicables aux ouvrages définis par des profils types.

Article IV.3.3 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

F69 En l'absence de hors profils, la rémunération des ouvrages se fait sur prix unitaires et sur la base des contours équivalents définis par les plans et coupes ou sur prix forfaitaires. **(95)**
 En présence de hors profils dont l'origine géologique est justifiée par le titulaire, les quantités supplémentaires sont prises en compte à partir de mètres contradictoires.
 En présence de venues d'eau, les sujétions d'exécution sont prises en compte conformément à l'Article IV.4.2 du présent fascicule.

(95)

Les prestations entrant dans cette catégorie (ouvrages définis par des plans et coupes) concernent toutes celles qui ne sont pas rémunérées au mètre de profil type. Il s'agit en particulier des prestations relatives aux ouvrages singuliers (cf. article II.1.3).

Le bordereau des prix définit les différents ouvrages rémunérés sur prix unitaires, précise l'unité de rémunération et le mode de détermination des quantités.

Les règles de détermination peuvent être les suivantes :

- pour les cintres, les blindages et plaques de répartition, les boulons, les grillages, les treillis soudés, les compartimentages de l'étanchéité, longitudinaux et transversaux ainsi que les dispositifs d'arrêt, les règles de détermination peuvent être identiques à celles énoncées au commentaire de l'article IV.2.2 ;
- pour les déblais : au mètre cube en place ; le volume est déterminé à partir des plans d'exécution visés « Bon pour exécution » ou à partir de mètres contradictoires ;
- pour les bétons projetés ou de remplissage (blocage) : au mètre cube ; le volume est déterminé en considérant la surface à recouvrir mesurée sur les plans d'exécution et l'épaisseur moyenne prescrite ;
- pour l'étanchéité : au mètre carré ; la surface est déterminée à partir des plans d'exécution visés « Bon pour exécution » ou à partir de mètres contradictoires. Dans le cas d'un dispositif d'étanchéité par géomembrane (D.E.G.), l'arrêt de l'étanchéité sur les banquettes de fondation du type collage de la feuille sur tôle colaminée est compris dans la prestation.

Pour la rémunération des aciers pour armatures de béton, des coffrages et bétons, le contenu des prix est conforme aux stipulations de l'annexe D du Fascicule 65 du CCTG [17] et les quantités prises en compte sont mesurées conformément aux stipulations de l'annexe D du Fascicule 65.

Les opérations de cure des bétons, les dispositions prises pour assurer le bétonnage sous conditions de températures extrêmes et les opérations particulières de réglage et de finition des surfaces non coffrées ou de traitements des parements sont rémunérées selon les dispositions de l'annexe D du fascicule 65 du CCTG [17].

Les travaux d'étanchement et de drainage des venues d'eau qui sont effectués préalablement au coulage du revêtement sont rémunérés sur prix unitaires ou forfaitaires. Par exemple :

- les tuyaux, drains, lisses drainantes peuvent être rémunérés au mètre ;
- les nappes drainantes de type géospaceur appliquées en cerces, peuvent être rémunérées au mètre carré ;
- les écrans de protection des géomembranes d'étanchéité peuvent être rémunérés au mètre carré.

La convention de prise en compte des quantités supplémentaires liées à la présence de hors profils d'origine géologique doit être fixée par le maître d'ouvrage sur proposition du maître d'œuvre dans le DCE (cf. commentaire à l'article IV.2.2).

IV.4 RÉALISATION DES DÉBLAIS EN PRÉSENCE DE VENUES D'EAU

Article IV.4.1 - Généralités

F69

Afin de prendre en compte les sujétions d'exécution des déblais en présence de venues d'eau dans la zone du front de taille, le CCTP fixe les limites de débit et les débits caractéristiques intermédiaires. Il précise également la distance en arrière du front concernée pour l'application de ces sujétions.

Sont pris en considération :

- une limite minimale de débit en-dessous de laquelle ces sujétions d'exécution sont réputées incluses dans les prix de déblais ;
- une limite maximale de débit au-delà de laquelle ces sujétions ne sont pas incluses dans le mode de règlement des travaux ;
- un ou des débits caractéristiques intermédiaires définis à partir des données hydrogéologiques du MSG.

Article IV.4.2 - Contenu des prestations

F69

Les sujétions concernent l'évacuation des venues d'eau dont, notamment :

- les moyens de collecte au front et en arrière de celui-ci dans la zone du front limitée par la distance précisée au CCTP ;
- les moyens d'acheminement, soit vers l'extérieur, soit vers les points de pompage ;
- les ouvrages provisoires nécessaires pour l'évacuation des eaux d'épuisement ;
- le pompage proprement dit, s'il y a lieu.

Sont considérés comme ouvrages provisoires, ceux que le titulaire est amené à réaliser en complément de ceux prévus au marché pour l'évacuation définitive des eaux. Ces ouvrages provisoires sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre après accord du maître d'ouvrage.

Article IV.4.3 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

F69

Entre les limites minimale et maximale de débit fixées au CCTP, les sujétions visées à l'Article IV.4.1 ci-dessus sont rémunérées en plus-value au(x) prix de base, en fonction des débits mesurés par tronçon d'ouvrage.

Pour l'application des plus-values, le débit pris en compte est le débit maximal mesuré dans le tronçon d'ouvrage défini au CCTP. (96)
Les apports d'eaux consécutifs à l'exécution des travaux sont déduits des quantités de rejet mesurées. Le titulaire soumet au visa du maître d'œuvre les dispositifs de mesure des rejets et la fréquence des mesures.

a) Déblais en attaque montante

Les plus-values rémunèrent, par tranche caractérisée par les débits intermédiaires définis au CCTP :

- les sujétions d'exécution des déblais ;
- les ouvrages de captage des venues d'eau en voûte et en piédroits ;
- la réalisation des ouvrages provisoires d'évacuation des eaux éventuels.

b) Déblais en attaque descendante

Au-delà des plus-values définies ci-avant, les plus-values spécifiques au pompage sont décomposées en deux termes :

- un ou des prix forfaitaires d'installation de pompage au front, en fonction de l'importance des débits, par tranche caractérisée par les débits intermédiaires fixés au CCTP et rémunérant l'ensemble des moyens (méthodes et matériels) ;
- un ou des prix de fonctionnement du matériel, en fonction des puissances installées, pour la mise à disposition du matériel.

(96)

On appelle tronçon d'ouvrage, la distance en arrière du front sur laquelle les venues d'eau occasionnent une gêne à l'exécution des travaux de creusement-soutènement.

En attaque montante, le prix qui s'applique à chaque tronçon est celui qui correspond au débit maximal effectif dans ledit tronçon. Les quantités d'eau amenées par les activités du chantier telles que la réalisation de forage, le marinage, les lavages divers et autres ateliers utilisant de l'eau sont défalquées des débits mesurés. Elles sont généralement évaluées à partir d'un compteur placé sur la conduite d'amenée d'eau.

En attaque descendante, le ou les prix d'installation(s) de pompage comprennent le transport à pied d'œuvre et le repliement, le montage et le démontage du matériel et de ses accessoires ainsi que les moyens de collecte et d'acheminement des venues d'eau jusqu'aux points de pompage.

La mise à disposition du matériel, quelle que soit sa durée d'utilisation, est rémunérée à l'unité de puissance installée ; elle comprend également les dépenses de réparation et d'entretien ainsi que la fourniture et la maintenance d'un matériel de secours. Les dépenses de fonctionnement sont rémunérées à l'unité d'énergie consommée (kWh) mesurée au compteur. Le prix de l'unité intègre les dépenses annexes de fonctionnement.

Dans le cas d'utilisation de pompe à air comprimé, leur énergie est convertie en kW.

Si un fonctionnement continu et à cadence sensiblement constante des installations d'équipement peut être envisagé, un seul prix unitaire, applicable, soit à l'unité de temps d'utilisation, soit à l'unité d'énergie consommée, peut être prévu pour rémunérer l'ensemble des dépenses de mise à disposition et de fonctionnement des matériels.

IV.5 RÉALISATION DES OUVRAGES AU TUNNELIER

Article IV.5.1 - Contenu des prestations

Pour la construction du tunnelier, la prestation comprend la conception, la fabrication, l'amenée et le repli, le montage et le démontage en usine et sur site, les essais du tunnelier.

La phase de réalisation des ouvrages est décomposée de la manière suivante :

a) Cas des tunneliers n'assurant pas de soutènement

Les déblais comprennent, outre les prestations énoncées à l'Article IV.2.1 – a) du présent fascicule, les opérations de traitement des terrains, en fonction du type de tunnelier.

Les soutènements comprennent les prestations énoncées à l'Article IV.2.1 – b) du présent fascicule.

L'étanchéité comprend les prestations énumérées à l'Article IV.2.1 – c) du présent fascicule.

Le revêtement coulé en place comprend les prestations énumérées à l'Article IV.2.1 – e) du présent fascicule.

Les aciers pour béton armé comprennent les prestations énumérées à l'Article IV.2.1 – f) du présent fascicule.

b) Cas des tunneliers assurant le soutènement

Les déblais comprennent, outre les prestations énoncées au § a) ci-avant, les opérations de traitement des terrains, en fonction du type de tunnelier.

Le soutènement est assuré par la mise en place d'un revêtement en voussoirs préfabriqués.

La préfabrication des voussoirs comprend les prestations de fourniture et d'emploi des constituants entrant dans la composition des voussoirs dont, notamment :

- *les coffrages des moules, y compris les opérations de préparation et de contrôle, le béton, y compris le traitement thermique, les armatures et leurs traitements, et la cure des bétons ;*
- *les réservations pour les garnitures d'étanchéité, pour les injections, pour les ancrages, pour les dispositifs d'appui de la machine (bras érecteur) et d'assemblage des voussoirs entre eux, pour la maîtrise de l'alignement des pièces entre elles (barres de guidage) ;*
- *les surfaçages des surfaces libres des voussoirs ;*
- *les garnitures d'étanchéité entre voussoirs, y compris les opérations d'essais et de contrôle sur les performances de ces garnitures ;*
- *le marquage des éléments conformément aux plans d'exécution ;*
- *les opérations de colisage et de manutention, y compris le stockage, les reprises et transports au cours de la préfabrication ;*
- *les opérations de réception contradictoire en usine.*

La mise en œuvre des éléments préfabriqués comprend :

- *le transport à pied d'œuvre ;*
- *les opérations de réception contradictoire permettant de vérifier que les éléments n'ont subi aucun dommage depuis leur sortie d'usine ;*
- *les opérations de mise en place, y compris la fourniture et la mise en œuvre du lit de pose des éléments de radier, et la fourniture et la mise en place des barres de guidage, le cas échéant ;*
- *l'ensemble des prestations d'assemblage, y compris les dispositifs d'assemblage, de stabilisation et de drainage ;*
- *la fourniture et la mise en œuvre des injections.*

Les auscultations telles que le suivi des paramètres de fonctionnement du tunnelier sont rémunérées par un prix spécifique.

Article IV.5.2 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

F69

Les prestations relatives à la réalisation d'ouvrages au tunnelier sont décomposées de la manière suivante :

- un prix forfaitaire pour la fourniture du tunnelier ;
- des prix unitaires ou forfaitaires spécifiques à chaque étape de la réalisation des travaux.

La rémunération de la fourniture du tunnelier est effectuée selon l'échéancier suivant :

- à la commande du tunnelier ;
- en cours de fabrication ;
- au terme du montage à blanc en usine ;
- lors du premier tour de roue sur site ;
- à la fin de l'excavation ;
- après démontage.

Le CCTP fixe les pourcentages de rémunération selon les échéances.

La traversée des stations et le traitement des tympans et des avoisinants sont rémunérés par des prix spécifiques.

Le cas échéant, le déplacement du tunnelier d'un tube à l'autre, y compris démontage et remontage, fait l'objet d'un prix spécifique.

a) Cas des tunneliers n'assurant pas de soutènement

L'excavation est rémunérée par mètre d'ouvrage excavé.

Les soutènements, l'étanchéité, le revêtement, les aciers pour béton armé sont rémunérés conformément à l'Article IV.2.2 du présent fascicule.

b) Cas des tunneliers assurant le soutènement (97)

La rémunération pour la préfabrication des voussoirs, incluant leur fourniture et leur stockage, doit s'effectuer selon les trois échéances suivantes :

- à la réception du montage à blanc de l'anneau ;
- au fur et à mesure de la fabrication des anneaux ;
- au fur et à mesure de la livraison des anneaux.

Le CCTP fixe les pourcentages de rémunération selon les échéances.

La rémunération du creusement de l'ouvrage incluant l'ensemble des prestations énoncées à l'Article IV.5.1 - b) est effectuée au mètre de pose des anneaux.

(97)

Une rémunération spécifique fractionnée peut être prévue pour les équipements de marinage et le traitement des déblais avec par exemple, pour chacun, une première fraction à l'entrée en terre, une deuxième à la fin du creusement et le solde au démontage des équipements.

Pour la fabrication des voussoirs et plus précisément la fraction de rémunération en cours de fabrication, le CCTP précise l'échéance en termes de délai.

En cas de rémunération au forfait du creusement au tunnelier, les risques doivent toujours être rémunérés avec le BPU des risques.

IV.6

RÉALISATION DES RENFORCEMENTS ET TRAITEMENTS DES TERRAINS EN PLACE

Article IV.6.1 - Généralités

F69

Les renforcements et traitements des terrains en place comprennent les prestations énoncées au Chapitre III.3 du présent fascicule.

Article IV.6.2 - Contenu des prestations

F69

Pour les inclusions rigides, les prestations comprennent la fourniture, la mise en œuvre, le scellement et le cachetage éventuels des inclusions, les essais de convenue et de contrôle prescrits au CCTP.

Pour les traitements spéciaux, les prestations comprennent l'amenée, la mise en station et la mise en œuvre des matériels spécifiques, la perforation et les sujétions de maintien des parois du trou, le cas échéant, la fourniture et la mise en œuvre des produits de traitement, ainsi que les essais de convenue et de contrôle prescrits au CCTP.

Article IV.6.3 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

F69

Les prestations relatives aux inclusions rigides sont rémunérées par des prix unitaires sur constat des quantités réalisées. Les prestations relatives aux traitements spéciaux sont décomposées pour chaque nature d'intervention de la manière suivante :

- un prix forfaitaire pour les études d'exécution, le pilotage, le suivi et les données de récolement des travaux ;
- un prix forfaitaire pour l'installation de chantier comprenant :
 - l'amenée et le repliement des matériels afférents à la tâche, y compris amortissement et entretien desdits matériels,
 - par phase d'intervention, les opérations de transport, de montage, démontage et remontage des matériels dans l'enceinte du chantier. Une phase d'intervention est caractérisée par le repli total des installations ;
- un prix d'immobilisation des matériels, en fonction de la durée. Seules sont prises en compte les durées supérieures à une demi-journée, sur ordre du maître d'œuvre, à l'exclusion des interruptions prévues dans les études d'exécution ;
- des prix unitaires spécifiques à chaque type de traitement. **(98)**

(98)

Les unités de rémunération de chaque type de traitement peuvent être les suivantes :

Inclusions rigides

- soit au kilogramme mis en œuvre, lorsqu'il s'agit de produits métalliques ;
- soit au mètre d'inclusions mises en œuvre.

Traitements spéciaux

Les forages sont rémunérés au mètre en fonction du diamètre de foration et de la nature du traitement. Les traitements proprement dits sont rémunérés en fonction de la technologie mise en œuvre.

Pour le drainage, l'équipement des trous de forage est rémunéré soit au mètre, soit à l'unité de forage.

Le rabattement de nappes fait appel à différentes méthodes telles que rabattement à pleine fouille, rabattement par puits filtrants, rabattement par pointes filtrantes, rabattement par tranchée drainante. Selon la technologie mise en œuvre, il convient de prévoir un prix pour le captage (forage, puits, tranchée), soit au mètre, soit à l'unité, soit au mètre cube et des prix pour le pompage (prix d'installation de pompage en fonction de la puissance et prix pour le fonctionnement).

Les injections sont rémunérées au mètre cube de coulis injecté.

Les colonnes de jet grouting sont rémunérées au mètre de colonne effectivement injectée.

La congélation est rémunérée au mètre de tubes congélateurs effectivement mis en œuvre et en fonction de la durée du traitement.

La vibroflotation est rémunérée au mètre de forage effectivement traité par injection d'eau et d'air.

IV.7 RÉALISATION DES RECONNAISSANCES

Article IV.7.1 - Généralités

F69

Les reconnaissances comprennent les prestations énoncées à l'Article III.4.2 du présent fascicule.

Article IV.7.2 - Contenu des prestations

F69

Les prestations comprennent, selon leur type :

- la mise à disposition des matériels spécifiques comprenant l'amenée, le repli, les déplacements et les mises en station, y compris amortissement et entretien desdits matériels. Cette prestation inclut également le transport à pied d'œuvre des personnels affectés à la tâche et les relevés topographiques d'implantation des forages ;
- l'exécution de toutes les opérations nécessaires à la bonne réalisation des différentes reconnaissances selon leur type, ainsi que les opérations de contrôle interne, le rendu et la mise à disposition des résultats bruts ;
- le traitement et l'interprétation des résultats ainsi que la production des données directement exploitables pour le suivi et le pilotage des travaux ;
- les sujétions d'exécution résultant des venues d'eau et tous les frais pour en assurer l'évacuation, en-dessous de la limite minimale de débit fixée par le CCTP ;
- les sujétions résultant des contrôles ;
- le système de gestion électronique des résultats, le cas échéant. Cette prestation inclut la mise en place de la base de données, la fourniture du matériel et des moyens de gestion, l'accessibilité aux données suivant les prescriptions du CCTP, y compris la mise en forme des données, la gestion des valeurs de seuils, la synthèse et l'analyse des données.

La réalisation des forages inclut le tubage éventuel du trou. Le cas échéant, les prélèvements d'échantillons comprennent, outre le prélèvement, les moyens de stockage. Ils ne comprennent pas le transport des échantillons aux lieux d'analyse ou de conservation qui sont inclus dans les essais.

Lorsque des forages sont réalisés dans le cadre des reconnaissances en dehors de la zone de front, la prestation inclut le rebouchage du trou sur toute sa longueur, à l'issue des travaux d'investigation.

Article IV.7.3 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

F69

Les prestations relatives aux reconnaissances sont décomposées, pour chaque nature d'intervention, de la manière suivante : (99)

- sont rémunérées par des prix forfaitaires, les mises à disposition des systèmes de gestion électronique des résultats ;
- sont rémunérées par des prix unitaires :
 - les mises à disposition des matériels spécifiques afférents à la tâche ;
 - la réalisation des reconnaissances, y compris l'ensemble des sujétions d'exécution énoncées à l'Article IV.7.2 ci-dessus.

(99)

Les mises à disposition des matériels spécifiques sont rémunérées à l'unité, en fonction du type de matériels.

Les levés de front sont rémunérés à l'unité. La quantité prise en compte correspond au nombre de levés effectivement transmis au maître d'œuvre.

Les levés de parements sont rémunérés au mètre de parement levé. La quantité prise en compte correspond au nombre de levés effectivement transmis au maître d'œuvre.

La réalisation des sondages de reconnaissances est rémunérée au mètre foré. La quantité prise en compte est celle indiquée sur les rapports d'enregistrement du sondage.

La réalisation des diagraphies est rémunérée au mètre de sondage investigué. La quantité prise en compte est celle indiquée sur les rapports d'enregistrement du sondage.

Les mesures sismiques, les prélèvements et les essais effectués sur les prélèvements sont rémunérés à l'unité.

Les documents de suivi concernent l'interprétation des reconnaissances et le rapport d'analyse. Ils sont rémunérés à l'unité. En fonction du type de reconnaissances, le suivi intègre la gestion électronique des résultats.

En cas de survenance d'un risque identifié au PMR ou d'une sujétion imprévue, si l'exécution des reconnaissances est susceptible d'entraîner un arrêt total de l'avancement de la production au front, le bordereau des prix doit prévoir un prix d'immobilisation du poste d'avancement à la journée effective d'arrêt constatée contradictoirement.

IV.8 RÉALISATION DES AUSCULTATIONS

Article IV.8.1 - Généralités

F69

Les auscultations comprennent les prestations énoncées au Chapitre III.6 du présent fascicule.

Article IV.8.2 - Contenu des prestations

F69

Les prestations comprennent, selon leur type :

- la mise à disposition des matériels spécifiques comprenant l'amenée, le repli, les déplacements et les mises en station, y compris amortissement et entretien desdits matériels. Cette prestation inclut également le transport à pied d'œuvre des personnels affectés à la tâche ;
- la réalisation des auscultations c'est-à-dire l'acquisition des données, le traitement des mesures, les opérations de contrôle interne et l'interprétation des mesures. Lorsque des forages sont réalisés dans le cadre des auscultations, la prestation inclut le rebouchage du trou sur toute sa longueur à l'issue des travaux d'investigation et les relevés topographiques d'implantation des forages ; la réalisation des forages inclut le tubage éventuel du trou. Le cas échéant, les prélèvements d'échantillons comprennent, outre le prélèvement, les moyens de stockage. Ils ne comprennent pas le transport des échantillons aux lieux d'analyse ou de conservation qui sont inclus dans les essais ;
- les sujétions d'exécution résultant des venues d'eau et tous les frais pour en assurer l'évacuation, en-dessous de la limite minimale de débit fixée par le CCTP ;
- les sujétions résultant des contrôles ;
- les sujétions d'exécution dont, notamment, celles liées aux arrêts de l'avancement (immobilisations des équipes et matériels) et aux interactions avec le processus de production ;
- le système de gestion électronique des résultats, le cas échéant. Cette prestation inclut la mise en place de la base de données, la fourniture du matériel et des moyens de gestion, l'accessibilité aux données suivant les prescriptions du CCTP, y compris la mise en forme des données, la gestion des valeurs de seuils, la synthèse et l'analyse des données ;
- l'interprétation des résultats.

Article IV.8.3 - Modalités de prise en compte et mode de rémunération

F69

Les prestations relatives aux auscultations sont décomposées, pour chaque type, de la manière suivante : **(100)**

- sont rémunérées par des prix forfaitaires, les mises à disposition des systèmes de gestion électronique des résultats ;
- sont rémunérés par des prix unitaires :
 - les mises à disposition des matériels spécifiques afférents à la tâche,
 - la réalisation des auscultations, y compris l'ensemble des sujétions d'exécution énoncées à l'Article IV.8.2 ci-dessus,
 - les prélèvements d'échantillons,
 - les essais réalisés sur les prélèvements,
 - l'élaboration des rapports d'interprétation des résultats.

(100)

Les mises à disposition des matériels spécifiques sont rémunérées à l'unité.

Les mesures de déformations des parois de l'excavation, du front de taille et éventuellement des tassements en surface et en tunnel sont rémunérées à l'unité ; la rémunération du suivi des convergences peut également être évaluée au mois.

Les mesures des contraintes – pressions exercées par le terrain sur les soutènements et le revêtement et contraintes dans les soutènements et revêtement – sont rémunérées à l'unité.

Le suivi hydrogéologique du massif que ce soit depuis l'intérieur de l'ouvrage ou à l'extérieur est rémunéré au forfait.

L'installation des plots de mesures de convergences est rémunérée à l'ensemble de plots équipant un profil de mesures.

Pour chaque prix, les quantités prises en compte correspondent aux quantités réellement exécutées pour lesquelles les résultats de mesures et rapports spécifiés sont effectivement transmis au maître d'œuvre.

ANNEXE A – PRÉSENTATION DE LA RÉVISION DU FASCICULE 69 EN 2012

Le texte ci-après figure en préambule du texte du fascicule 69 approuvé pour la première fois par l'arrêté interministériel du 30 mai 2012. Il rappelle le contexte et les objectifs de la révision du fascicule.

RAPPORT DE PRÉSENTATION FASCICULE N°69 DU CCTG TRAVAUX RELATIF AUX TRAVAUX EN SOUTERRAIN

1 - OBJET DU FASCICULE

Le nouveau fascicule n° 69 du CCTG Travaux concerne les marchés publics de travaux pour l'exécution des travaux de génie civil en souterrain qu'ils soient neufs ou de réhabilitation, à caractère permanent ou provisoire. Les travaux en souterrain qui font l'objet du présent fascicule ont trait aux travaux exécutés à partir de postes de travail situés au-dessous de la surface du sol, avec une couverture de terrain naturel (tunnels, galeries, cavités et usines souterraines, puits...).

2 - LE CONTEXTE DU NOUVEAU FASCICULE N° 69 DU CCTG TRAVAUX

Le précédent fascicule 69 du cahier des clauses techniques générales (CCTG Travaux) a été approuvé par décret du 14 juin 1982. Depuis cette date, l'activité des travaux souterrains s'est développée et diversifiée (émissaires d'eaux usées, métros et chemins de fer, routes et autoroutes, espaces publics, etc.) et, parallèlement, les technologies ont fortement évolué. L'ensemble de la profession a donc souhaité une révision de ce fascicule, afin de mettre à jour les pratiques partagées des maîtres d'ouvrage publics en ce domaine complexe.

À cette fin, le groupe permanent des marchés de travaux et de maîtrise d'œuvre (GPEM - TMO) a créé en septembre 2006 un groupe de travail présidé par M. Pierre GARNIER, Ingénieur Général au MEDDTL. Ce groupe de travail a rassemblé les trois grandes composantes de la profession : entreprise, maître d'ouvrage et maître d'œuvre. La liste des membres de ce groupe figure à la fin du présent rapport. Le secrétariat du groupe a été assuré par le Centre d'Études des Tunnels (CETU - Mme Michèle FEMELAND) et le rapporteur a été M. Gilles HAMAIDE du CETU.

3 - LES PRINCIPALES DISPOSITIONS DU FASCICULE N°69 DU CCTG TRAVAUX

Le groupe de travail a œuvré pendant 4 années pour aboutir au projet de texte ci-joint, sur lequel peuvent être formulés les principaux commentaires suivants :

1. Mémoire de synthèse géologique et plan de management des risques

Le nouveau fascicule prévoit que soient rendus contractuels deux documents spécifiques :

***Le mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique (MSG).** Il s'agit du mémoire déjà décrit dans le précédent fascicule 69 puis repris dans les recommandations du GT32 de l'Association Française des Travaux et de l'Espace Souterrains (AFTES) « Prise en compte des risques géotechniques dans les dossiers de consultation des entreprises pour les projets de tunnel GT32R1F1 2004 – n°185 » et intitulé cahier B.*

***Le plan de management des risques (PMR).** Le groupe de travail a pris en compte la suggestion exprimée par l'AFTES de rendre contractuelle cette nouvelle pièce annexée au cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Le PMR a pour objectif de présenter parmi les risques qui n'ont pas été éliminés lors des études, ceux contre lesquels le maître d'ouvrage souhaite se prémunir et de définir les procédures tant techniques que contractuelles à mettre en œuvre lors des travaux en cas d'occurrence d'évènements redoutés nécessitant des adaptations techniques aux dispositions constructives prévues au CCTP et au détail estimatif. Il s'agit donc de risques identifiés, soit dont les conséquences sont difficiles à apprécier, soit dont la connaissance de l'évènement redouté n'est pas suffisante au moment des études, soit dont la vraisemblance est faible.*

Le PMR doit permettre au moment des travaux de choisir des méthodes d'exécution adaptées pour traiter les conséquences de ces risques et de disposer des modalités contractuelles pour leur prise en charge. Les reconnaissances à l'avancement intégrées dans les dispositions techniques du marché doivent permettre l'anticipation des évènements redoutés. Le fascicule fixe dans les grandes lignes les objectifs du PMR mais laisse une latitude aux maîtres d'ouvrage dans la méthode pour y parvenir.

2. Autres dispositions générales

Le nouveau fascicule apporte un cadre :

- pour l'organisation de la qualité en précisant notamment les principales étapes sensibles lors de la construction d'un ouvrage souterrain. Il propose une liste raisonnée de points critiques et de points d'arrêt ;
- pour la protection de l'environnement durant le chantier ; il rappelle l'ensemble des sujets qui doivent être traités et pour lesquels le marché doit fixer des exigences contractuelles ;
- pour l'ensemble des documents à fournir par le titulaire pendant et après l'exécution des ouvrages.

3. Vis-à-vis de la prévention des risques professionnels en milieu souterrain

Le nouveau fascicule rappelle les principes de la prévention. A noter qu'un document visant à apporter aux différents acteurs des projets de travaux souterrains un ensemble d'informations relatif à la prévention des risques professionnels qui leur sont propres est en cours de rédaction et devrait être publié conjointement par la CARSAT Rhône-Alpes et le CETU.

4. Sur la conception des ouvrages souterrains

Le nouveau fascicule retient, comme le précédent, une définition des ouvrages linéaires par des profils types de creusement-soutènements. Afin de favoriser au maximum l'adaptation des soutènements utilisés aux conditions géologiques rencontrées, sans que la nature du profil type ne change systématiquement et sans en multiplier le nombre, le domaine d'application de chaque profil type défini au marché est encadré par des fourchettes de valeurs qui portent sur la longueur des pas d'avancement et les quantités de soutènements. De plus, afin de simplifier la gestion quotidienne du chantier, il est prévu pour les ouvrages souterrains linéaires définis par profils types que les principales prestations (déblais, soutènement, étanchéité, revêtement...) soient rémunérées au mètre de tunnel.

5. Sur l'exécution des travaux

Plusieurs points font l'objet d'indications précises.

Le nouveau fascicule aborde la période de préparation des travaux en proposant de retenir, par dérogation au CCAG - travaux, une durée de 4 mois. Il apporte également des indications précises sur les opérations qui doivent être effectuées pendant cette période. Pour l'organisation et le pilotage des travaux, le nouveau fascicule décrit les rapports journaliers et mensuels qui doivent être fournis par le titulaire. De plus, il aborde les conditions de pilotage du chantier en conditions normales de creusement, en cas d'occurrence d'un événement prévu au PMR et en conditions imprévues.

6. Le nouveau fascicule a été largement complété sur les méthodes de travaux

Il intègre notamment les progrès technologiques intervenus depuis 1982, tant en ce qui concerne par exemple les tunneliers que les méthodes de traitement des terrains. Pour les travaux d'abattage, il aborde en particulier :

- les reconnaissances à l'avancement indispensables pour anticiper les risques ;
- les contrôles à effectuer vis-à-vis des effets du chantier, en particulier pour les vibrations et pour les déplacements sur les avoisinants.

7. Le nouveau fascicule traite également de la consistance des prestations et de la détermination des quantités

Outre la rémunération par mètre déjà évoquée, il propose par exemple une rémunération des installations de chantier qui distingue les installations d'une part et leur fonctionnement d'autre part.

8. Un guide d'application du fascicule 69 a été rédigé

Il se substitue aux anciens « commentaires » du précédent fascicule et a pour objectif d'aider à l'élaboration du dossier de consultation des entreprises et à la mise au point du marché, en application des principes définis par le nouveau fascicule. Il sera diffusé par le Centre d'études des tunnels (CETU) dès la publication du décret d'approbation du présent fascicule.

Ce guide attire notamment l'attention sur la nécessaire qualité du dossier de consultation des entreprises, dont dépendra directement la qualité du marché en résultant. A ce titre, deux points méritent ici d'être signalés :

- en regard du plan de management des risques décrits au point 1 ci-dessus, le DCE doit proposer aux entreprises un cadre de PMR dans lequel ne seront retenus que les seuls risques contre lesquels le maître d'ouvrage souhaite arrêter dans le marché des dispositions pour s'en prémunir ;
- pour faciliter la bonne compréhension par les entreprises du contexte géologique dans lequel va être construit l'ouvrage, le guide recommande de joindre au DCE deux documents non contractuels :
 - un document comportant toutes les informations géologiques, hydrogéologiques et géotechniques sous la forme de données brutes factuelles (cahier A au sens des recommandations de l'AFTES) ;

- un document dénommé « Mémoire de conception » qui récapitule les hypothèses retenues pour le choix des méthodes constructives arrêtées lors de la conception et les hypothèses concernant les paramètres déterminants à retenir pour les méthodes qui peuvent être proposées par les entreprises dans leur offre. Il indique les paramètres à retenir pour le dimensionnement des ouvrages à construire et pour l'étude du comportement des ouvrages existants. Il définit également les processus de mesures, de suivi et de surveillance que le maître d'ouvrage souhaite voir mis en œuvre. Il récapitule tous les événements jugés incertains lors des études mais pouvant néanmoins survenir. Il évalue leurs conséquences et identifie d'une part tous les risques dont les traitements ont été inclus dans les dispositions constructives du CCTP et du détail estimatif et d'autre part tous les risques à traiter dans le cadre du PMR tel que présenté en 1 (cahier C au sens des recommandations de l'AFTES).

4 - APPROBATION

Le projet du fascicule n°69 du CCTG Travaux a été présenté, dans une version intermédiaire, au groupe d'étude des marchés « Ouvrage, travaux et maîtrise d'œuvre » (GEM/OTM) lors de sa réunion le 15 octobre 2010. Le projet final a été examiné et validé par le GEM/OTM à la suite de sa séance du 27 mai 2011. Il a été validé par le Conseil Scientifique de l'Observatoire Économique de l'Achat Public (OEAP) au cours de sa séance du 10 octobre 2011.

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL FASCICULE 69

Ont participé à la rédaction du fascicule :

Daniel André	SNCF Direction de l'Ingénierie - Division Tunnels
Bernard Bizon	BEC
Alain Chabert	LTF
Jean-Claude Daumarie	SNCF Direction de l'Ingénierie - Division Tunnels
Michèle Fémeland (Secrétaire)	Centre d'Études des Tunnels (CETU) - MEDDTL
Pierre Garnier (Président)	IGOA Tunnels - MEDDTL
Salah Ghozayel	EGIS Rail
Pascal Guedon	ARCADIS
Gilles Hamaide (Rapporteur)	Centre d'Études des Tunnels (CETU) - MEDDTL
Pierre Hingant	EGIS Tunnel
Christophe Persoz	CAMPENON BERNARD TP
Pierre Piciocchi	BOUYGUES TP
Jacques Renard	EIFFAGE TP
Pascal Sergi	CARSAT Rhône-Alpes
Marc Svetchine	RFF
Loïc Thevenot	RAZEL
Hervé Thiébault	SETEC TPI
Jacques Triclot	EGIS Tunnel
Joël Vanni	Communauté Urbaine de Marseille
Odile Vannière	DIR Centre-Est - SREI Chambéry - MEDDTL
Pierre Loïc Veyron	SETEC TPI

Ont participé à la relecture du fascicule :

Valérie Baillat	FNTF
Christian Binet	GEM
Michel Deffayet	Centre d'Études des Tunnels (CETU) - MEDDTL
Dominique Guth	DREAL Midi Pyrénées - MEDDTL
Pierre Kohler	Bonnard & Gardel
Roland Mistral & Jean Pierre Arnau	Association des Directeurs de Services Techniques Départementaux
Marc Perez	EDF
Jean Piraud	ANTEA

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL GUIDE D'APPLICATION 2013

Ont participé à la rédaction ou à la relecture du guide d'application :

Les rédacteurs du fascicule, et	
Andrew Bourget	EGIS Tunnel
Gilles Paradis	SNCF Direction de l'Ingénierie – Division Tunnels
Michel Pré	SETEC TPI
Alain Robert	Centre d'Études des Tunnels (CETU) – MEDDE
Florent Robert	Centre d'Études des Tunnels (CETU) – MEDDE
Didier Subrin	Centre d'Études des Tunnels (CETU) – MEDDE
Jean François Thibaut	EIFFAGE TP
Hubert Tournery	EGIS Tunnel
Bruno Vachin	DIR MED / SIR Montpellier – MEDDE

ANNEXE B – TERMINOLOGIE DES RISQUES

Sans rapporter toutes les définitions de la norme NF ISO 31000 [8], plusieurs extraits sont rappelés ici, accompagnés de notes sur leur application aux tunnels.

À noter que la version 2018 de la norme NF ISO 31000 a supprimé plusieurs définitions proposées dans la version de 2010 et dans le fascicule FD ISO GUIDE 73 de 2009 [10]. Les définitions des termes suivis d'un astérisque (*) sont issus de ce fascicule.

Le **risque** est défini comme l'effet de l'incertitude sur les objectifs ; l'**incertitude*** est l'état, même partiel, de défaut d'information concernant la compréhension ou la connaissance d'un événement, de ses conséquences ou de sa vraisemblance ; l'**effet** est un écart par rapport à un attendu ; il peut être positif, négatif ou les deux à la fois, et traiter, créer ou entraîner des opportunités et des menaces.

L'atteinte des objectifs est pour le domaine des travaux souterrains comprise comme la réalisation des travaux de construction dans le respect des coûts et délais prévus, de l'environnement et des avoisinants et in fine des performances de l'ouvrage attendues. Ainsi défini, le risque correspond à la possibilité que se produise un événement (occurrence ou changement d'un ensemble particulier de circonstances) qui constituerait un écart par rapport aux conditions attendues et dont la conséquence serait susceptible d'affecter sensiblement l'atteinte des objectifs.

L'appréciation du risque comporte trois étapes : l'identification, l'analyse et l'évaluation du risque.

L'identification des risques* consiste en un processus de recherche, de reconnaissance et de description des risques. En pratique, il s'agit pour chaque incertitude recensée dans le « registre des incertitudes » de déterminer quel pourrait être l'événement susceptible de se produire et de créer ainsi un écart par rapport à la situation de référence.

L'analyse du risque* est le processus mis en œuvre pour comprendre la nature d'un risque et pour déterminer le **niveau de risque*** caractérisant l'importance d'un risque exprimée en termes de combinaison des conséquences et de leur vraisemblance. En pratique, il est procédé pour tout risque identifié à une recherche des événements susceptibles de se produire ainsi qu'à l'estimation de la **vraisemblance** (possibilité que quelque chose se produise) et de la **conséquence** (effet d'un événement affectant les objectifs) de ces événements.

Le risque est alors caractérisé en référence à la vraisemblance et aux conséquences de l'événement redouté sur tel ou tel objectif ou sur tous les objectifs. Le niveau de risque peut s'exprimer de manière quantitative, semi-quantitative ou qualitative.

L'évaluation du risque* est la comparaison des résultats de l'analyse du risque avec les critères de risque afin de déterminer si le risque est acceptable ou tolérable. Les **critères de risque*** sont des termes de référence vis à vis desquels l'importance d'un risque est évaluée. Ils sont établis par le maître d'ouvrage et fixent les limites de l'acceptabilité des risques. Comme pour le niveau de risque, la détermination de la valeur des critères peut s'exprimer de manière quantitative, semi-quantitative ou qualitative.

Le traitement du risque* est le processus destiné à modifier le risque. Plusieurs actions sont possibles, notamment :

- le refus du risque (décision de ne pas poursuivre le projet considéré : abandon d'une variante par exemple) ;
- l'élimination de la source du risque (modification de la géométrie du projet par exemple) ;
- la modification de la vraisemblance (par des reconnaissances géologiques par exemple) ;
- la modification des conséquences (par une conception différente des méthodes par exemple).

Les risques qui ne sont pas totalement éliminés constituent les **risques résiduels*** qui doivent être acceptés et/ou partagés par les différents acteurs.

Le partage du risque* est une forme de traitement du risque impliquant la répartition consentie du risque avec d'autres parties ; le transfert du risque est une forme de partage du risque.

Les risques acceptés doivent faire l'objet d'un **suivi** et d'une **revue**. Le suivi continu et la revue périodique ont pour but de s'assurer et d'améliorer la qualité et l'efficacité de la conception, de la mise en œuvre et des résultats du processus de management des risques. Le suivi et la revue comprennent la planification, le recueil et l'analyse d'informations, l'enregistrement des résultats et le retour d'information.

Dans le cadre de ce guide, on considère également que :

- Les **actions préventives** (ou actions de traitement) sont définies comme l'ensemble :
 - des dispositions constructives particulières intégrées à la conception et visant à atténuer l'ampleur des conséquences en cas d'occurrence de l'évènement redouté ;
 - des dispositions de suivi du risque (reconnaitances à l'avancement, auscultation, constats) destinées à détecter le plus tôt possible l'éventuelle occurrence de l'évènement redouté.Ces actions préventives sont systématiquement mises en œuvre par l'entreprise, elles figurent au dossier de référence.
- Les **actions correctives** sont définies comme l'ensemble des dispositions adoptées lors des travaux en cas d'occurrence de l'évènement redouté (réalisation du risque). Elles doivent permettre d'apprécier les changements de circonstances (caractérisation de l'évènement), de définir les dispositions constructives adéquates et de les mettre en œuvre. Ces actions correctives ne sont mises en œuvre par l'entreprise qu'en cas d'occurrence de l'évènement redouté.

ANNEXE C – CADRES DE REGISTRE DES RISQUES ET DE FICHE DE RISQUE

REGISTRE DES RISQUES DU DOSSIER DES RISQUES

Un cadre de registre des risques du dossier des risques est donné ci-après. Il s'agit de lister dans un tableau synthétique les risques remarquables, en indiquant pour chaque risque le bilan des incertitudes (colonnes 1 à 3), l'appréciation du risque tenant compte des actions préventives (colonnes 4 à 7) et les actions correctives prévues au marché (colonnes 8 et 9).

Les risques y sont regroupés par familles : risques géotechniques, risques avoisinants et risques environnement.

Les premières colonnes (1 à 7) synthétisent le contenu du registre des risques de conception présenté au cahier C (mémoire de conception). Lors de la consultation, l'entreprise est amenée à se prononcer sur les actions préventives et correctives prévues au DCE.

Le contenu de chaque colonne est commenté ci-après. Deux exemples figurent dans un registre complété.

Incertitude

Colonne 1 « n° du risque » : chaque risque remarquable est numéroté afin d'en faciliter le suivi.

Colonne 2 « partie d'ouvrage / avoisinant concernés – mode de construction » : description de la partie d'ouvrage ou de l'avoisinant concernés par le risque (répartition spatiale de l'incertitude). La répartition spatiale doit être reportée sur le profil en long géotechnique de l'ouvrage. Elle peut également être reportée sur le planning chemin de fer afin de disposer de la période possible d'occurrence du risque.

Colonne 3 « nature de l'incertitude » : description de l'incertitude, de façon cohérente avec les cahiers B1 – mémoire de synthèse géotechnique, B2 – mémoire de sensibilité des constructions avoisinantes ou B3 – commentaires sur les contraintes environnementales (cf. GT32R2F1 [11]).

Appréciation du risque

Colonne 4 « description de l'évènement redouté » : description de l'évènement craint en termes d'écart par rapport aux conditions attendues décrites au modèle géotechnique, dans le contexte des avoisinants, etc.

Colonne 5 « actions préventives (dossier de référence) » : description des dispositions prévues dans le dossier de référence afin de confirmer et/ou d'anticiper l'occurrence du risque.

Colonne 6 « description de la conséquence » : description de la conséquence de l'évènement redouté sur la conduite des travaux, le comportement des avoisinants, l'atteinte des objectifs en termes de coût, de délais ou encore de performances (technique, fonctionnelle, réglementaire, sécurité – dans le sens SPS – etc.) de l'ouvrage à réaliser, en lien avec le programme du maître d'ouvrage. La conséquence tient compte des dispositions constructives particulières intégrées à la conception (action préventive).

Colonne 7 « niveau de risque » : évaluation qualitative du niveau de risque (croisement entre la vraisemblance et les conséquences) issue des études de conception. Le détail de l'analyse figure au cahier C. Le report du niveau de risque permet une hiérarchisation des risques.

Mesures intégrées au dossier des risques

Colonne 8 « actions correctives (dossier des risques) » : description des mesures constructives prévues dans le dossier des risques afin de franchir la zone impactée par l'évènement redouté.

Colonne 9 « rémunération (actions correctives) » : référence aux prix du bordereau des prix unitaires des risques (risques remarquables).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N° du risque	Partie d'ouvrage / avoisinant concernés - Mode de construction	NATURE DE L'INCERTITUDE	DESCRIPTION DE L'ÉVÈNEMENT REDOUTÉ	ACTIONS PRÉVENTIVES (dossier de référence)	DESCRIPTION DE LA CONSÉQUENCE	NIVEAU DE RISQUE	ACTIONS CORRECTIVES (dossier des risques)	RÉMUNÉRATION (actions correctives)
Risques géotechniques								
Risques avoisinants								
Risques environnement								

Cadre du registre des risques du dossier des risques

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N° du risque	Partie d'ouvrage / avoisinant concernés	NATURE DE L'INCERTITUDE	DESCRIPTION DE L'ÉVÈNEMENT REDOUTÉ	ACTIONS PRÉVENTIVES (dossier de référence)	DESCRIPTION DE LA CONSÉQUENCE	NIVEAU DE RISQUE	ACTIONS CORRECTIVES (dossier des risques)	RÉMUNÉRATION (actions correctives)
Risques géotechniques								
1	section courante du tunnel : <ul style="list-style-type: none"> • unité géotechnique Marnes • couverture supérieure à 60 mètres • creusée en méthode conventionnelle 	caractéristiques mécaniques de la formation argileuse	instabilité du front de taille due à un comportement mécanique des argiles plus défavorable qu'attendu	<ul style="list-style-type: none"> • sondages destructifs à l'avancement • profil type avec pré-soutènements par voûte parapluie et boulonnage du front • levés géologiques de tous les fronts 	<ul style="list-style-type: none"> • chute de matériaux au pied du front jusqu'à un envahissement partiel du tunnel par ces matériaux • danger pour la sécurité des équipes • arrêt du chantier 	6 Risque important (à surveiller)	<ul style="list-style-type: none"> • sondage carotté • prélèvement d'échantillons intacts pour réaliser des essais en laboratoire • mesures d'extrusion du front • renforcement du boulonnage de front • excavation en section divisée 	prix 101 et 102 du bordereau des prix des risques
2	section courante du tunnel : <ul style="list-style-type: none"> • unité géotechnique Calcaires fracturés • couverture de 30 à 50 mètres • creusée en méthode conventionnelle • en attaque descendante 	conditions hydrogéologiques du massif (niveau des plus hautes eaux et charge hydraulique)	rencontre de venues d'eau avec un débit plus important qu'attendu	<ul style="list-style-type: none"> • sondages destructifs à l'avancement • levés géologiques de tous les fronts • suivi du réseau de piézomètres • suivi des débits d'exhaure (seuil d'alerte) 	<ul style="list-style-type: none"> • inondation du chantier • danger pour la sécurité des équipes • arrêt du chantier 	6 Risque important (à surveiller)	<ul style="list-style-type: none"> • mise en place de moyens de pompage supplémentaires (puisards, pompes adaptées aux débits) • injections depuis le tunnel pour limiter les venues d'eau 	prix 201 et 202 du bordereau des prix des risques

Cadre du registre des risques complété par deux exemples de risques géotechniques

FICHE DE RISQUE

Exemple de fiche de risque.

Numéro du risque :
Date de mise à jour de la fiche :
Personne en charge de la mise à jour :
Libellé du risque :
Cause de la mise à jour :

Le CETU propose un format de fiche de risque en 5 parties :

1. les informations figurant dans le contrat au moment de la notification du marché (ce sont les champs du registre des risques du marché) ;
2. les informations issues des documents d'exécution préparés par l'entreprise (période de préparation ou plus tard en fonction du planning des risques) ;
3. les informations relatives à la mise en œuvre des mesures préventives par l'entreprise (traitement du risque avant occurrence de l'évènement redouté) ;
4. les informations relatives à l'occurrence de l'évènement redouté et à la mise en œuvre des mesures correctives par l'entreprise (après occurrence de l'évènement redouté) ;
5. les informations nécessaires pour le retour d'expérience en vue d'une éventuelle nouvelle occurrence de l'évènement redouté.

Pour le point 1/, le tableau peut être complété des éléments rendus contractuels en cours d'exécution, une nouvelle version de fiche est alors créée.

1/ Prise en compte du risque dans le contrat (notification + avenants)

Partie d'ouvrage concernée / avoisinant concerné	
Nature de l'incertitude	
Évènement redouté	
Conséquence	
Niveau de risque	
Actions préventives (construction et détection)	
Actions correctives	
Rémunération	

2/ Prise en compte du risque dans les documents d'exécution validés

Référence des documents concernés (notes de calcul, procédures d'exécution, plan d'installation de chantier...)	
Précisions apportées par rapport aux documents du marché sur : <ul style="list-style-type: none"> • les actions préventives (construction et détection) • les actions correctives 	

Pour le point 3/, l'actualisation ne s'effectue que lorsqu'il est nécessaire de modifier les mesures préventives.

3/ Actualisation du risque pendant l'exécution du contrat (avant occurrence du risque)	
Nouvelles données disponibles (cause de la mise à jour)	
Incertitude actualisée	
Description de l'évènement redouté actualisée	
Description de la conséquence actualisée	
Niveau de risque actualisé	
Modification éventuelle des mesures préventives (construction et détection)	
Mode de rémunération (prix nouveaux, avenant → engendre une nouvelle fiche de risque à la signature de l'avenant avec prise en compte dans le contrat)	
Référence aux revues des risques concernées	

4/ Occurrence de l'évènement redouté	
Références au rapport déclencheur (indices)	
Numéro du constat et de l'OS	
Description des conditions rencontrées pendant le franchissement	
Descriptions des actions correctives mises en œuvre (caractérisation de l'évènement, dispositions de franchissement, auscultations)	
Référence aux revues des risques concernées	

5/ REX : Mise à jour du traitement du risque pour une nouvelle occurrence éventuelle	
Commentaire sur l'efficacité du traitement (leçons à tirer)	
Description du risque secondaire éventuel (risque induit par les actions correctives)	
Mise à jour nécessaire ou nouvelle fiche de risque	

ANNEXE D – PLAN TYPE DE CCTP TUNNEL

Le plan type proposé décompose le CCTP en livrets, par famille de travaux. Des livrets spécifiques aux matériaux hydrauliques (béton projeté, béton coulé et coulis de scellement) sont identifiés, ces matériaux pouvant être utilisés pour différentes familles de travaux.

Livret 0 : Présentation générale du CCTP

Livret A : Clauses communes à tous les travaux

- A.I - Descriptions des ouvrages et des travaux à réaliser
- A.II - Organisation de la qualité
- A.III - Protection de l'environnement
- A.IV - Prévention des risques professionnels liés à la sécurité et à la santé
- A.V - Études
- A.VI - Préparation et organisation du chantier
- A.VII - Contraintes particulières imposées au chantier
- A.VIII - Dispositions générales pour l'exécution des travaux

Livret B : Travaux extérieurs

- B.I - Travaux préalables
- B.II - Terrassements généraux - Travaux préparatoires
- B.III - Terrassements en fouille
- B.IV - Terrassements en tranchée
- B.V - Confortations des talus de déblais
- B.VI - Organisation et pilotage du terrassement et des confortations
- B. VII - Assurance qualité

Livret C : Travaux de creusement-soutènement

- C.I - Renforcement des fronts d'attaque
- C.II - Creusement
- C.III - Soutènement
- C.IV - Organisation et pilotage du creusement et du soutènement
- C.V - Identification, Traitement et Remplissage de cavités
- C.VI - Assurance qualité pour le creusement-soutènement

Livret D : Reconnaissances, auscultations, contrôles des vibrations et des surpressions aériennes

- D.I - Reconnaissances à l'avancement
- D.II - Auscultations
- D.III - Contrôles des vibrations
- D.IV - Contrôles des surpressions aériennes

Livret E : Drainage définitif et étanchéité

- E.I - Drainage définitif
- E.II - Procédés d'étanchéité
- E.III - Assurance qualité

Livret F : Ouvrages en béton en souterrain et à l'air libre

- F.I - Dispositions générales
- F.II - Réalisation des ouvrages
- F.III - Assurance qualité

Livret G : Assainissement, voirie, réseaux divers

- G.I - Assainissement et drainage
- G.II - Réseaux secs
- G.III - Réseau de lutte contre l'incendie
- G.IV - Chaussées

Livret H : Travaux de finition

- H.I - Peinture des ouvrages
- H.II - Reprise des défauts - Ragréage
- H.III - Parements rapportés
- H.IV - Peinture horizontale
- H.V - Nettoyage des ouvrages

Livret I : Aménagements architecturaux et paysagers

Livret « Bétons projetés »

- Exigences du béton avant projection
- Exigences du béton après projection
- Constituants
- Mise en œuvre du béton projeté
- Épreuves d'études, de convenance et de contrôle

Livret « Bétons coffrés »

- Exigences du béton
- Constituants
- Mise en œuvre du béton
- Épreuves d'études, de convenance et de contrôle

Livret « Coulis de scellement des ancrages »

- Exigences du coulis
- Constituants
- Mise en œuvre du coulis
- Épreuves d'études, de convenance et de contrôle

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Arrêté du 28 mai 2018 relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicables aux marchés publics de travaux de génie civil.
- [2] Cahier des clauses administratives générales (CCAG) applicables aux marchés publics de travaux, version en vigueur à la date de publication du document.
- [3] Code de la Commande Publique créé par l'ordonnance n°2018-1074 du 26 novembre 2018 (partie législative) et le décret n°2018-1075 du 3 décembre 2018 modifié par le décret n°2018-1225 du 24 décembre 2018 (partie réglementaire), entré en vigueur au 1er avril 2019.
- [4] Ordonnance n°2015-899 du 23 juillet 2015 relative aux marchés publics, abrogée par l'Ordonnance n°2018-1074 du 26 novembre 2018 portant partie législative du code de la commande publique.
- [5] Décret n°2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics, abrogé par le décret n°2018-1075 du 3 décembre 2018 portant partie réglementaire du code de la commande publique.
- [6] CCTG Fascicule 68 – Exécution des travaux géotechniques des ouvrages de génie civil – Version 1.0, décembre 2017.
- [7] Norme NF P94-500 - Missions d'ingénierie géotechnique, Classification et spécifications, novembre 2013.
- [8] Norme NF ISO 31000 - Management du risque, Lignes directrices, juin 2018.
- [9] Norme NF EN 62198 - Gestion des risques liés à un projet, Lignes directrices pour l'application, mai 2014.
- [10] Fascicule FD ISO Guide 73 - Management du risque, Vocabulaire, décembre 2009.
- [11] Caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques – Recommandation AFTES n°GT32R2F1, 2012 – n°232.
- [12] Prise en compte des risques techniques dans les projets d'ouvrages souterrains en vue de la consultation des entreprises – Recommandation AFTES n°GT32R3F1, 2016 – n°258.
- [13] Prise en compte des effets induits par le creusement sur les constructions avoisinantes dans la conception et la réalisation des ouvrages souterrains – Recommandation AFTES n°GT16R2F1, 2018.
- [14] Caractérisation des massifs rocheux utile à l'étude et à la réalisation des ouvrages souterrains – Recommandation AFTES n°GT1R1F1, 2003 – n°177.
- [15] Guide d'application au domaine des ouvrages souterrains de la norme NF P94-500 (version 2013) relative aux missions d'ingénierie géotechnique – Recommandation AFTES n°GT43R1F1, 2015 – n°252.
- [16] Guide d'harmonisation des clauses techniques contractuelles relatives aux documents, concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement, à fournir par le titulaire d'un marché de travaux – GEM OTM, juillet 2014.
- [17] CCTG Fascicule 65 – Exécution des ouvrages de génie civil en béton – Version 1.0, décembre 2017.
- [18] CCTG Fascicule 67 titre III – Étanchéité des ouvrages souterrains – Version 1.0, décembre 2017.
- [19] Dossier pilote des tunnels, document n°5 : Environnement – Guide du CETU, juillet 2011.
- [20] Matériaux géologiques naturels excavés en travaux souterrains – Spécificités, scénarios de gestion et rôle des acteurs – Document d'information du CETU, mai 2016.
- [21] La gestion et l'emploi des matériaux excavés – Recommandation AFTES n°GT35R1F2, 2017.
- [22] Guide de bonnes pratiques pour la sécurité et la protection de la santé lors de travaux en souterrain – CARSAT Rhône-Alpes - CETU – SP1194, septembre 2013.

- [23] Grand Paris – Travaux souterrains – DTE 266 : Socle d'exigences minimales en matière de prévention des risques professionnels – CRAMIF, 2017.
- [24] Mise en œuvre de dispositifs de ventilation en travaux souterrains linéaires – Recommandation R.494 du Comité technique national des industries du bâtiment et des travaux publics – INRS, mars 2017.
- [25] Ventilation des ouvrages souterrains en cours de construction – Recommandation AFTES n°GT27R2F1, à paraître.
- [26] Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEO) – Fascicule 1 : Dossier d'ouvrage – Guide technique CEREMA, mai 2016.
- [27] Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux - Fascicule 1 : Dispositions générales - Version 1, décembre 2016.
- [28] Norme NF EN 1997-1 - Eurocode 7 : Calcul géotechnique, Partie 1 : Règles générales, juin 2005.
- [29] Les reconnaissances à l'avancement – Recommandation AFTES n°GT24R1F1, 2008 – n°209.
- [30] Les reconnaissances à l'avancement pour les tunneliers – Recommandation AFTES n°GT24R2F1, 2014 – n°242.
- [31] La conception et la réalisation des travaux d'injection des sols et des roches – Recommandation AFTES n°GT8R2F1, 2006 - n°194/195.
- [32] Étude et réalisation des remblais sur sols compressibles – Guide technique LCPC SETRA, novembre 2000.
- [33] La mise en œuvre du tir séquentiel en travaux souterrains – Recommandation AFTES n°GT3R4F2, 1999 - n°155 et n°210.
- [34] Les explosifs à l'usage des mines, travaux publics et carrières, commercialisés en France – Recommandation AFTES n°GT3R5F1, 2000 - n°161.
- [35] Utilisation des explosifs : émulsions, sensibilisées et pompées directement à front de taille – Recommandation AFTES n°GT3R6F1, 2011 - n°223.
- [36] Pratiques contractuelles dans les travaux souterrains, Contrat de fourniture d'un tunnelier – Recommandation AFTES n°G-T17R1F1, 1998 - n°150.
- [37] Choix des techniques d'excavation mécanisée - Recommandation AFTES n°GT4R3F1, 2000 - n°157 HS1.
- [38] La conception, le dimensionnement et l'exécution des revêtements en voussoirs préfabriqués en béton armé installés à l'arrière d'un tunnelier – Recommandation AFTES n°GT18R1F1, 1998 - n°147 HS1.
- [39] L'utilisation du guide pour la mesure et le suivi de l'effet des vibrations induites par les travaux – Recommandation AFTES n°GT3R2F2, 1993 - n°115.
- [40] L'organisation de l'auscultation des tunnels – Recommandation AFTES n°GT19R1F1, 1998 – n°149.
- [41] Méthodes d'auscultation des ouvrages souterrains – Recommandation AFTES n°GT19R2F1, 2005 - n°187.
- [42] Avis techniques CETU sur les procédés d'étanchéité utilisés dans les ouvrages souterrains (www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/avis-techniques-r260.html).
- [43] Traitements d'arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains – Recommandation AFTES n°GT9R1F3, 2016 - n° 257.
- [44] Étanchéité des tunnels en voussoirs par joints hydrogonflants, Procédures d'évaluation et de contrôle qualité des joints – Recommandation AFTES n°GT9R9F1, 1999 - n°151 HS1.
- [45] Géométrie, béton, coffrage et bétonnage des revêtements de tunnels – Recommandation AFTES n°GT36R1F1, 2007 – n°202.
- [46] La conception, le dimensionnement et la réalisation de voussoirs préfabriqués en béton de fibres métalliques – Recommandation AFTES n°GT38R1F1, 2013 – n°238.
- [47] Loi n°85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, dite loi MOP, abrogée par le Code de la Commande Publique au 1er avril 2019.
- [48] Prise en compte des risques géotechniques dans les dossiers de consultation des entreprises pour les projets de tunnel – Recommandation AFTES n°GT32R1F1 - Annulée par GT32R3F1, 2004 - n°185.

Centre d'Études des Tunnels

25 avenue François Mitterrand
69674 BRON - FRANCE
Tél. +33 (0)4 72 14 34 00
Fax. +33 (0)4 72 14 34 30
cetu@developpement-durable.gouv.fr

