

*ÉQUIPEMENTS
DES TUNNELS ROUTIERS ET
DE TRANSPORTS GUIDÉS URBAINS
ESSAIS, RÉCEPTIONS ET GARANTIES*



AVERTISSEMENT

Ce document a pour objet d'aider les acteurs de la réalisation de tunnels dans leur pratique professionnelle. Il n'affranchit pas les lecteurs de leur obligation de vigilance vis-à-vis de l'adaptation du texte aux situations particulières. En conséquence, les acteurs de la réalisation de tunnels gardent la responsabilité des choix qu'ils opèrent lorsqu'ils citent des textes ou des méthodes issus de ce document dans un contrat et ne sauraient opposer aux auteurs les éléments qui y sont présents. Les lecteurs sont par ailleurs prévenus qu'il leur incombe de rester vigilants vis-à-vis de l'exhaustivité des textes cités et de leur actualité, au regard de la date de publication du document.

*ÉQUIPEMENTS
DES TUNNELS ROUTIERS ET
DE TRANSPORTS GUIDÉS URBAINS
ESSAIS, RÉCEPTIONS ET GARANTIES*

juin 2019

Centre d'Études des Tunnels

25, avenue François Mitterrand

69500 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

Depuis 2013, le CETU anime le référentiel Tunnels dont l'objectif principal est d'améliorer la qualité de rédaction des marchés publics des ouvrages souterrains et la disponibilité des textes et documents pour tous les acteurs des marchés de travaux.

Le « Référentiel Tunnel » met à disposition de tous les acteurs des marchés publics de travaux de construction et de réhabilitation des tunnels routiers, ferroviaires, de transport guidé et de transport fluvial, les références de documents couvrant tous les sous-domaines qui composent un tunnel (génie civil et équipements d'exploitation et de sécurité). Ces références sont accessibles à l'adresse internet suivante : <http://cetun-tunnels.fr/referentieltunnel/>.

Un comité de pilotage et de suivi assure la gouvernance du référentiel Tunnels, avec pour missions principales :

- établir l'architecture documentaire existante ;
- assurer une veille sur le référentiel existant et analyser les besoins d'évolution ;
- définir les priorités de révision ou de production de nouveaux documents, et mettre en place les structures de travail pour atteindre cet objectif ;
- valider la production en s'assurant qu'elle a été élaborée dans un cadre consensuel avec toutes les parties intéressées ;
- veiller à l'intégration dans la base de données du référentiel, des références des documents existants ou élaborés dans le cadre du référentiel Tunnels.

Le comité de pilotage et de suivi est présidé par le CETU (Éric Premat, directeur adjoint) et composé, au 31 décembre 2018, de :

- maîtres d'ouvrage : Didier Brazillier (DIR Centre-Est), Alain Chabert (TELT), Jean-Frédéric Enderlé (EPSF), Rodolphe Guyon (SYTRAL), Idrissa Mahamadou (VNF), Roland Mistral (Département de la Savoie), Frédéric Rocher-Lacoste (DIR Île-de-France), Joaquin Valdes (SNCF Réseau) ;
- maîtres d'œuvre : Elena Chiriotti (INCAS Partners) M. Pré (SETEC-TPI), H. Tournery (EGIS Tunnels) ;
- entreprises : Bernard Pucéat (Vinci Energies), Loïc Thévenot (Eiffage) ;
- et par un comité technique animé par le CETU (Florent Robert, Gilles Hamaide et Jean-François Burkhart) et également composé de représentants des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des entreprises.

Ce document a été rédigé par :

Jean-Pierre Arnau – Département de la Savoie
Guillaume Bouvatier – SETEC-ITS
Alain Brehm – SYTRAL
Jean-François Burkhart – CETU
Laurent Guillot – Vinci Energies
Olivier Martinetto – EGIS Tunnels
Michel Roignot – SYTRAL

Avec les avis et contributions de :

Laurent Chassagne – RATP
Alexandre Dusserre – STRMTG
David Favre – DIR Centre-Est
Christian Gaiottino – SFTRF
Sylvie Guesdon – RATP
Matthieu Pihouée – SYSTRA

Relecteur et contributeur :

Daniel Couffignal – Cabinet Clément Associés

Relecteurs :

Michel Deffayet – CETU
Éric Premat – CETU
Gilles Hamaide – CETU
Jean-Claude Martin – CETU
Michael Potier – CETU

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	8
1 CONTEXTE ET OBJECTIFS	9
1.1 Fonctions de sécurité et rôle des équipements	9
1.2 Enjeux du processus d'essais et de réception	9
1.3 Objectifs et contenu du document	10
1.3.1 Objectifs	10
1.3.2 Contenu	10
2 CADRES DE RÉFÉRENCE ET PRATIQUES	11
2.1 Tunnels routiers	11
2.1.1 Les textes généraux	11
2.1.2 Les textes spécifiques à des domaines techniques	13
2.1.3 Les pratiques	14
2.2 Tunnels des systèmes de transport guidés urbains	14
2.2.1 Les textes généraux	14
2.2.2 Les textes spécifiques à des domaines techniques	16
2.2.3 Les pratiques	17
2.3 Synthèse	18
2.3.1 Au-delà d'apparentes différences, de nombreuses similitudes	18
2.3.2 Des axes d'amélioration	19
3 ESSAIS ET CONTRÔLE DES OUVRAGES	21
3.1 Principaux acteurs : rôles et responsabilités	21
3.1.1 Préambule	21
3.1.2 Maître d'ouvrage	22
3.1.3 Exploitant	23
3.1.4 Maître d'œuvre	23
3.1.5 Entrepreneurs - Installateurs	24
3.1.6 Assistants au maître d'ouvrage	24
3.1.7 Coordonnateur sécurité et protection de la santé	25
3.1.8 Bureaux de contrôle	25
3.1.9 Fabricants - Fournisseurs	27
3.1.10 Services de secours	27
3.2 Recommandations générales concernant les essais	28
3.2.1 Élaboration d'un plan de management des tests et essais	28
3.2.2 Essais de qualification	28
3.2.3 Essais en usine et sur plate-forme	28
3.2.4 Essais sur site	29
3.2.5 Documentation à produire	31
3.3 Objectifs et contenu type des différents essais	32
3.3.1 Essais de qualification	32
3.3.2 Essais spécifiques en usine	32
3.3.3 Essais spécifiques sur plate-forme	33
3.3.4 Essais spécifiques sur site - Essais statiques	35
3.3.5 Essais spécifiques sur site - Essais d'Acceptation Partielle	36
3.3.6 Essais spécifiques sur site - Essais d'Acceptation Système	37
3.3.7 Essais spécifiques sur site - Essais d'acceptation globale	38
3.4 Marche à Blanc – Exercices de Pré-Exploitation	39
3.4.1 Objectifs	39
3.4.2 Positionnement dans le temps de la marche à blanc	39

3.4.3	Contenu type	40
3.4.4	Acteurs	40
3.5	Vérification de Service Régulier (VSR)	41
3.5.1	Objectifs	41
3.5.2	Contenu type	41
3.5.3	Acteurs	42
3.6	Inspection détaillée initiale	42
3.7	Ordonnancement général de principe	43
3.7.1	Principes à suivre pour l'élaboration d'un ordonnancement de projet	43
3.7.2	Proposition d'ordonnancements de projet type	43
3.7.3	Cas standard simple de travaux hors exploitation avec marché à l'entreprise générale	44
3.7.4	Cas des travaux sous exploitation (à longs délais d'exécution)	45
3.7.5	Cas des travaux allotis – marchés séparés	45
4	DÉROULEMENT DE LA RÉCEPTION	49
4.1	Préambule (rappels du CCAG Travaux)	49
4.2	Pré-opérations préalables à la réception (pré-OPR)	49
4.3	Opérations préalables à la réception (OPR)	50
4.4	Mise à disposition de certains ouvrages ou parties d'ouvrages	51
4.5	Réception	51
4.6	Remise de l'ouvrage à l'exploitant	53
5	GARANTIES	55
5.1	Garanties réglementaires	55
5.1.1	Définitions	55
5.1.2	Garantie de parfait achèvement	55
5.2	Garanties contractuelles particulières	56
5.2.1	Garantie particulière des luminaires de type LED	56
5.2.2	Garantie particulière des batteries	56
5.2.3	Garantie particulière des systèmes de protection contre la corrosion	56
5.2.4	Garantie particulière de durée d'approvisionnement	56
5.3	Prolongation du délai de garantie de parfait achèvement	57
5.4	Prestations de maintenance pendant le délai de garantie	57
5.5	Conditions d'intervention pendant la période de garantie	58
6	SYNTHÈSE	61
	GLOSSAIRE	62
	LISTE DES FIGURES	64
	LISTE DES CLAUSES TYPE	65
	BIBLIOGRAPHIE	66
	ANNEXES	68
	ANNEXE 1 – Exemple de fiche d'exercice de pré-exploitation	68
	ANNEXE 2 – Exemple d'outil de suivi des procédures d'essais	70
	ANNEXE 3 – Exemple de logigramme d'interaction des systèmes lors des essais d'acceptation partielle et d'acceptation système	72
	ANNEXE 4 – Interactions du sous-système Ventilation	74

PRÉAMBULE

Quel que soit le mode de transport terrestre – routier, ferroviaire ou de transports guidés urbains –, les équipements des tunnels jouent le même rôle essentiel pour la sécurité des personnes.

Malgré quelques spécificités, la nature des équipements installés et la façon de les utiliser offrent de grandes similarités d'un mode à l'autre, avec pour conséquence des procédures d'essais et des conditions de garantie très voisines. Dans tous les cas, les phases d'essais et de réception sont essentielles en vue de prévenir les événements accidentels.

Il découle de ces similarités le plus grand intérêt à réunir dans un même document des recommandations concernant les trois modes, qu'il s'agisse de recommandations communes, ou de recommandations propres liées aux spécificités de chaque mode.

La présente édition ne traite toutefois que des modes routiers et de transports guidés urbains, l'objectif étant de le compléter pour le système ferroviaire, afin qu'à terme, tous les modes de transports terrestres soient traités.

Ce document a pour objet d'aider les acteurs de la réalisation de tunnels dans leur pratique professionnelle. Il n'affranchit pas les lecteurs de leur obligation de vigilance vis-à-vis de l'adaptation du texte aux situations particulières. En conséquence, les acteurs de la réalisation de tunnels gardent la responsabilité des choix qu'ils opèrent lorsqu'ils citent des textes ou des méthodes issus de ce document dans un contrat et ne sauraient opposer aux auteurs les éléments qui y sont présents. Les lecteurs sont par ailleurs prévenus qu'il leur incombe de rester vigilants vis-à-vis de l'exhaustivité des textes cités et de leur actualité, au regard de la date de publication du document.

Enfin, le présent document n'évoque que les montages contractuels appelés « classiques » selon le livre IV du Code de la Commande Publique [1] qui a codifié la loi MOP (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) pour lesquels la conception de l'ouvrage est établie par un maître d'œuvre indépendant des entreprises.



CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 FONCTIONS DE SÉCURITÉ ET RÔLE DES ÉQUIPEMENTS

La réglementation relative à la sécurité dans les tunnels conduit à l'installation d'équipements nombreux et sophistiqués, organisés en systèmes qui interagissent pour former des ensembles complexes, propres à chaque tunnel. Ces nombreux équipements se complètent afin d'assurer cinq grandes fonctions de sécurité :

- la prévention des incidents ou accidents ;
- la détection des incidents ou accidents ;
- l'alerte et l'information ;

- la protection et l'évacuation des usagers ainsi que l'intervention des services de secours en cas d'incident ou d'accident, tout en limitant les conséquences des incidents ou accidents ;
- le retour à la normale après un événement.

Au-delà des fonctions de sécurité qu'ils assurent en cas d'événement particulier, certains équipements constituent également une aide permanente pour l'exploitation courante des ouvrages.



1.2 ENJEUX DU PROCESSUS D'ESSAIS ET DE RÉCEPTION

Les essais – également appelés tests ou recettes – et les réceptions des équipements doivent permettre d'aboutir au fonctionnement de la totalité des systèmes dans leur état nominal, dans le respect des délais qui auront été fixés au préalable. Les délais doivent être définis de façon raisonnable et, en aucun cas, servir de variable d'ajustement. Il s'agit ainsi d'éviter les mises en service prématurées d'ouvrages, dans des conditions de sécurité insuffisantes ou de performances inaptes à l'exploitation, ou les reports imposés de mises en service pour disposer du temps supplémentaire nécessaire aux dernières mises au point des équipements.

Les enjeux sont importants, car ils concernent :

- la vérification de la conformité au cahier des charges donc la vérification rigoureuse, systématique, exhaustive des critères de qualité, de performances et de fonctionnalités ;
- la responsabilité des différents acteurs (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, bureaux de contrôle, exploitant, entrepreneurs de travaux...), en particulier vis-à-vis des objectifs de sécurité qui ont guidé la conception des ouvrages ;

- la réception des installations et donc les conditions de transfert de garde des ouvrages ainsi que le début des périodes de garanties légales et contractuelles ;
- la définition d'un état initial (de référence) des installations, opposable juridiquement et véritable référence technique pour les futures inspections détaillées.

Des enjeux supplémentaires peuvent être rencontrés, notamment dans les cas suivants :

- travaux dans un ouvrage avec obligation de maintien de l'exploitation de l'ouvrage ;
- rénovation ou renouvellement d'équipements d'ouvrages en exploitation.

Il est enfin essentiel, pour l'exploitant de l'ouvrage, que les opérations d'essais soient menées de manière rigoureuse et méthodique, car elles ont une incidence directe sur le niveau de service de l'ouvrage. En effet, les dysfonctionnements et pannes des équipements vitaux pour la sécurité du tunnel sont de nature à entraîner la fermeture de l'ouvrage, dès lors qu'ils ne respectent pas les conditions minimales d'exploitation.

1.3 OBJECTIFS ET CONTENU DU DOCUMENT

1.3.1 Objectifs

Le champ d'application du document concerne les équipements des tunnels routiers et de transports guidés urbains. Il s'agit des tunnels au sens strict, les stations souterraines de transports guidés urbains étant exclues, avec pour conséquence que la réglementation relative aux établissements recevant du public (ERP) n'est pas abordée ici.

Les systèmes d'équipements qui sont traités dans le document sont les équipements de sécurité et d'exploitation liés aux ouvrages en excluant, pour les systèmes de transports guidés urbains, le matériel roulant, la signalisation ferroviaire, les automatismes de conduite et de sécurité, ainsi que l'énergie électrique de traction liée aux systèmes de transport.

Le document s'adresse à une cible large : maîtres d'ouvrage (constructeurs et exploitants), maîtres d'œuvre et entrepreneurs de travaux. Étant donné d'une part la dispersion des textes existants et d'autre part l'absence de documents de référence pour certains champs du sujet ici traité, ce document a pour objectifs :

- de proposer une démarche fondée sur les textes existants et les « bonnes pratiques » ;
- de préciser ou compléter tel ou tel texte de référence, en particulier le cahier des clauses administratives générales (CCAG) [2] Travaux qui est largement utilisé par les différents acteurs ;
- de partager un vocabulaire commun tout en respectant les spécificités de chacun des modes routiers et transports guidés urbains.

1.3.2 Contenu

Afin de répondre aussi précisément que possible à ces objectifs, ce document développe dans quatre chapitres principaux :

- une description des **référentiels existants** et des **pratiques actuelles** pour chacun des domaines routier et transports guidés urbains avec, in fine, une synthèse comparative dégageant les similitudes à encourager et les lacunes à combler dans chacun des domaines ;
- les **objectifs** et le **contenu type** de chacun **des essais** à réaliser, y compris les rôles et responsabilités des principaux acteurs, et l'ordonnancement des essais dans différents cas, standard ou complexes ;
- le **processus de réception**, avec rappel des principes et proposition de dispositions complémentaires ;
- la question sensible des **garanties**, indissociable du processus d'essais et de réception sous ses aspects tant techniques qu'administratifs.

CADRES DE RÉFÉRENCE ET PRATIQUES

Ce chapitre recense les textes existants, réglementaires ou non, qui constituent le cadre de référence dans lequel s'insère le processus d'essais, de tests, de réception et d'application des garanties. Les textes cités sont ceux qui ont un lien direct avec les essais et la garantie des équipements de tunnels ; les nombreux autres textes relatifs à la sécurité dans les tunnels ainsi que les documents techniques spécialisés pour chaque famille d'équipements ne sont pas listés ici.

Le cadre de référence intègre les textes français et européens réglementaires et normatifs, mais pas les autres textes internationaux. Par exemple, les codes et standards nord-américains de la NFPA (National Fire Protection Association) ne sont pas cités ici.

2.1 TUNNELS ROUTIERS

2.1.1 Les textes généraux

2.1.1.1 Les textes législatifs et réglementaires

Il n'existe pas de texte législatif ou réglementaire relatif aux essais et à la garantie des équipements de tunnels routiers.

La loi relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport (loi SIST) du 3 janvier 2002 [3] est venue modifier le Code de la voirie routière [4]. Elle constitue le socle des dispositions législatives applicables aux tunnels routiers. Complétée par le décret du 24 juin 2005 [5], elle définit le régime d'autorisation préfectorale auxquels sont soumis les tunnels de plus de 300 mètres avant leur mise en service.

Il découle de ces textes que lorsque la construction d'un nouveau tunnel routier de plus de 300 mètres de longueur est envisagée, un dossier préliminaire de sécurité (DPS) doit être élaboré et soumis à un expert ou un organisme qualifié agréé. Le DPS – systématiquement instruit par la CNESOR – est transmis pour examen au préfet du département concerné par le projet. Les travaux de construction ne peuvent être engagés avant que le préfet ait donné un avis favorable sur le DPS. Le DPS est élaboré parallèlement aux études techniques de définition de l'ouvrage ; son élaboration coïncide généralement avec les études de projet.

Les mêmes dispositions doivent être suivies lorsque d'importants travaux sont prévus dans un tunnel existant de plus de 300 mètres de longueur.

Le DPS comprend une description complète de l'ouvrage projeté, dans laquelle toutes les dispositions relatives à la sécurité sont très précisément développées. Cette description est complétée par une étude spécifique de dangers décrivant les types d'événements susceptibles de se produire dans l'ouvrage et leurs conséquences éventuelles. Le DPS présente également l'organisation envisagée en phase d'exploitation, en termes de moyens humains et matériels, ainsi que les mesures prévues par le maître d'ouvrage pour assurer la sécurité de l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage. Aucune exigence n'est requise quant au contenu du DPS vis-à-vis des essais à réaliser avant sa mise en service pour qualifier les performances et la conformité aux dispositions annoncées.

Une fois les travaux terminés, la mise en service de l'ouvrage est conditionnée à l'approbation par le préfet du dossier de sécurité (DS). Le DS, lui aussi soumis à un expert ou à un organisme qualifié agréé, contient les pièces du DPS – qui auront été actualisées – ainsi que, notamment, le futur règlement de circulation et un plan d'intervention et de sécurité établi en liaison avec les services d'intervention. Aucune exigence n'est requise quant au contenu du DS vis-à-vis des résultats des essais et de la conformité de l'ouvrage réalisé par rapport à sa description annoncée.



2.1.1.2 Les textes non réglementaires

Les cahiers des clauses administratives générales (CCAG)

Les cahiers des clauses administratives générales (CCAG) ne sont pas d'application obligatoire, y compris pour les marchés de l'État. Leur application relève d'un choix du maître d'ouvrage. Les CCAG contiennent des prescriptions concernant directement les essais, les réceptions et les garanties, sous leurs aspects administratifs, en particulier le transfert de la garde, le règlement des litiges, les délais. Il convient de noter que, pour ce qui est relatif à ces domaines,

- les différents CCAG (Travaux [2], Fournitures courantes et services [6], Techniques de l'information et de la communication [7], Marchés industriels [8]) prévoient des processus très différents ;
- le CCAG Travaux est bien adapté aux travaux de génie civil des tunnels ;
- aucun des CCAG n'est parfaitement adapté aux travaux d'équipements des tunnels, ce qui nécessite de rédiger des clauses particulières spécifiques.

Aussi, pour les marchés d'équipements de tunnels routiers, il est proposé d'utiliser comme base le CCAG Travaux complété par quelques clauses spécifiques inspirées des autres CCAG.

Instruction gouvernementale du 29 avril 2014 et Instruction technique du 8 novembre 2018

Pour les projets de l'État, l'instruction gouvernementale du 29 avril 2014 fixant les modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national [9] définit des dispositions de pilotage et de conduite des projets qui visent notamment à mieux prendre en compte les enjeux de maîtrise des coûts et des délais ou encore de sécurité juridique des procédures. L'instruction technique du 8 novembre 2018 [10] décrit pour sa part de manière détaillée les modalités prescrites par l'instruction gouvernementale.

Ces deux textes font ressortir les responsabilités du maître d'ouvrage et de l'ingénierie vis-à-vis du respect des normes, des instructions et des règles de l'art, qui conditionnent la sécurité d'usage de l'infrastructure. Il rappelle notamment que « *Le temps nécessaire aux contrôles et à la prise en compte des observations doit être intégré dans le planning de l'opération.* »

Guide d'application de l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art – Fascicule 40 : tunnels, génie civil et équipements

Le fascicule 40 [11] est applicable à tous les tunnels et tranchées couvertes du réseau routier national non concédé. Il définit notamment les contrôles à réaliser durant toute la vie de l'ouvrage, c'est-à-dire ceux menés lors de l'inspection détaillée initiale (IDI) des équipements qui doit être réalisée après la réception de l'ouvrage, et ceux à réaliser ensuite tous les six ans, lors d'inspections détaillées périodiques (IDP).



Les comptes-rendus et procès-verbaux des essais, contrôles et mesures de performance des installations qui sont rassemblés dans le dossier des ouvrages exécutés (DOE) permettent d'alimenter l'IDI.

Bilan et principaux enseignements des dossiers examinés sur la période 2009-2012 – Commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers [34]

Le bilan et les principaux enseignements des dossiers examinés par la Commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers (CNESOR) sont régulièrement publiés sous forme de rapport par le CETU. Ce document présente une synthèse des recommandations et réserves formulées, et plus largement les sujets qui ont suscité des interrogations et des débats, au-delà de la stricte application de la réglementation, en vue de fixer des principes de référence.

Le sujet des essais a été abordé à quelques reprises durant la période 2009-2012.

D'une façon générale, la commission recommande de rester vigilant vis-à-vis de la complexité des systèmes de gestion de la ventilation, et de conforter la mise au point finale de la commande du système de désenfumage en mode normal et en mode dégradé avec des essais réels de ventilation et d'incendie. Dans un cas particulier, la commission a été amenée à recommander au maître d'ouvrage d'établir un bilan détaillé des essais et expérimentations réalisés avant ouverture.

2.1.1.3 Synthèse

Le tableau ci-dessous indique, pour chacun des enjeux cités en 1.2, les textes généraux identifiés dans ce chapitre qui apportent des éléments de construction du cadre de référence pour les essais, la réception et l'application des garanties des équipements de tunnels.

Enjeux / texte	CCAG [2] [6] [7] [8]	Instructions État [9] [10]	Fascicule 40 [11]
Définition de la responsabilité des parties	√	√	
Définition et conditions d'application des garanties	√		
Vérification de la conformité au cahier des charges		√	
Réception et transfert de garde	√		
Définition d'un état initial			√

En conclusion, les textes réunis couvrent tous les enjeux, mais demeurent trop généraux et insuffisamment adaptés aux équipements de tunnels et à leurs spécificités.

2.1.2 Les textes spécifiques à des domaines techniques

Au-delà des textes généraux présentés dans le chapitre précédent, il existe, pour certaines familles d'équipements, des documents techniques apportant des éléments utiles à la réalisation du processus d'essais et de réception. Quelques-uns de ces documents, de typologie variée, sont présentés ci-dessous, mais sans aucun caractère d'exhaustivité. Le référentiel qui est ici présenté est celui applicable en France, prenant en compte les normes européennes et internationales.

2.1.2.1 Les normes

Les normes contenant des prescriptions relatives aux essais et à la réception des équipements sont peu nombreuses. Il n'en existe que pour trois familles d'équipements : la ventilation, l'énergie et l'éclairage. Elles fournissent des indications sur le contenu et les modalités des essais à mener en usine, sur plate-forme ou sur site, mais très rarement des exigences sur les performances à atteindre et les fonctionnalités à assurer.

Il existe beaucoup d'autres normes – par exemple celles relatives aux procédés industriels des fabricants – mais qui ne concernent pas les essais au sens de ce document.

Quelques exemples – la liste n'étant pas exhaustive – de normes relatives aux essais des équipements sont donnés ci-dessous.

Ventilation

- NF EN 12101-1 pour les essais de résistance à la température des ventilateurs de désenfumage (Système pour le contrôle des fumées et de la chaleur - Partie 3 - Spécifications pour ventilateurs extracteurs de fumées et de chaleur) [12] ;
- NF EN ISO 13350 pour les essais de performance des ventilateurs accélérateurs [13] ;
- NF ISO 13347-1 à 4 pour les essais de détermination des niveaux de puissance acoustique des ventilateurs [14] ;
- NF EN ISO 5801 et NF EN ISO 5802 pour les essais aérauliques sur circuits normalisés ou les essais de performance sur site [15].



Énergie

- NF C13-100 Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV) [16],
- NF C13-200 Installations électriques à haute tension - Règles complémentaires pour les sites de production et les installations industrielles, tertiaires et agricoles [17],
- NF C15-100 Installations électriques à basse tension [18].

Éclairage

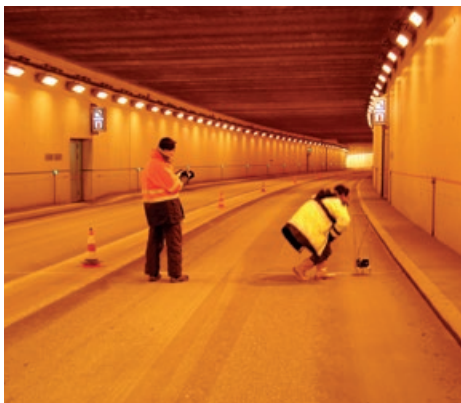
Un fascicule de documentation, qui n'est pas norme mais est publié par le Comité européen de normalisation (CEN), traite de l'éclairage des tunnels routiers :

- FD CEN/CR 14-380 Éclairagisme - Éclairage des tunnels [19].

2.1.2.2 Les autres documents techniques

Quelques documents techniques abordent la question des essais et du contrôle des équipements de tunnels :

- pour l'éclairage, le dossier pilote du CETU - section 4.2 Éclairage (novembre 2000) [20] fournit des prescriptions concernant le contrôle des performances photométriques des installations, s'appuyant sur des mesures d'éclairement (clauses contractuelles) et de luminance ;
- pour la ventilation, la note d'information n°14 du CETU Ancre des accélérateurs en tunnel (2005) [21] fournit des indications sur les épreuves de convenance et de contrôle à réaliser sur les dispositifs de fixation des accélérateurs ;
- pour la vidéo / DAI, le document d'information du CETU Détection automatique d'incidents par analyse d'images en tunnel (mai 2015) [22] présente le contenu et les modalités de réalisation des tests de performance à effectuer préalablement à la réception de ce type d'installation. Il présente également le processus de qualification à poursuivre postérieurement, durant la période de vérification de service régulier (VSR) et donne des recommandations sur l'étendue de la garantie à prévoir contractuellement.



2.1.3 Les pratiques

Le bon fonctionnement des équipements d'un tunnel routier requiert une succession d'essais et de contrôles préalables qui débutent au commencement des travaux et se poursuivent jusqu'à la réception des ouvrages, parfois même au-delà dans le cadre de la levée des réserves ou de la correction des défauts apparus durant la marche à blanc ou la vérification de service régulier (VSR).

La réalisation de ces essais a un impact direct sur la durée totale de l'opération. Ces essais sont en effet nombreux, car le nombre d'équipements à tester est élevé, et sont parfois assez longs. Ils peuvent de surcroît nécessiter, durant leur réalisation, l'arrêt de tout ou partie de l'activité sur le chantier.

Pour ce qui concerne le matériel de grande série (par exemple un moteur électrique), les essais sont réalisés par le fournisseur au titre de son contrôle qualité, dans l'usine de fabrication. Ces **essais de qualification** sont généralement transparents vis-à-vis du chantier.

Mais une bonne part des équipements installés en tunnel, faisant l'objet de montages ou de développements particuliers (transformateurs, tableaux basse-tension, ventilateurs, appareils d'éclairage, GTC, vidéo / DAI, RAU, etc.), doivent faire l'objet

d'essais spécifiques, qui vont d'essais en usine et sur plate-forme à des essais sur site. Les essais sur site sont progressifs. Ils commencent par la vérification de la bonne intégration et de la bonne installation sur site (**essais statiques**), afin de vérifier que chaque équipement est correctement posé et raccordé, tant pour son alimentation en énergie que pour son contrôle-commande ; ils se poursuivent par les **essais d'acceptation partielle**, consistant à tester de façon indépendante le fonctionnement de chaque équipement, eux-mêmes suivis des **essais d'acceptation système**, au cours desquels on contrôle que chaque système répond à la fonction – ou aux différentes fonctions – qu'il doit remplir dans le système global de sécurité du tunnel ; et ils se terminent enfin par les **essais d'acceptation globale**, au cours desquels on vérifie que les équipements, vus comme un ensemble, remplissent les exigences fixées dans le cahier des charges, pour des modes de fonctionnement identiques à ceux qui sont rencontrés en phase d'exploitation.

Si, en pratique, les processus mis en œuvre allant des essais en usine à la vérification de service régulier ne sont jamais très éloignés de ce schéma, le découpage en phases n'est pas toujours très explicite, entraînant des incompréhensions parfois profondes entre les différents intervenants, incompréhension accentuée par le vocabulaire employé, profondément hétérogène.

2.2 TUNNELS DES SYSTÈMES DE TRANSPORT GUIDÉS URBAINS

2.2.1 Les textes généraux

2.2.1.1 Les textes législatifs et réglementaires

Le dispositif actuel a été initié en 2002 par la loi SIST relative à la sécurité des infrastructures de transport du 3 janvier 2002 qui a introduit dans le **Code des Transports** les articles L1612-1 et L1612-2. Ces articles précisent notamment des dispositions relatives à l'engagement des travaux et à la mise en service des ouvrages.

Ce Code a été complété par le **décret n°2017-440 du 30 mars 2017** relatif à la sécurité des transports publics guidés (décret STPG) [23], lui-même accompagné de deux arrêtés :

- **arrêté du 30 mars 2017 modifiant l'arrêté du 23 mai 2003** relatif aux dossiers de sécurité des systèmes de transport public guidés urbains [24],
- **arrêté du 30 mars 2017** relatif aux dossiers de sécurité des systèmes mixtes [25].

Le **décret STPG du 30 mars 2017** [23] indique :

- que le dossier de définition de sécurité (DDS), exigé pour les nouvelles lignes, extensions de lignes ou automatisation et établi dès les études de définition du projet, doit présenter un calendrier prévisionnel du projet indiquant les dates prévues pour la réalisation des essais sur site et de la marche à blanc ;
- que le dossier préliminaire de sécurité (DPS), établi avant l'engagement des travaux, doit inclure un calendrier prévisionnel du projet indiquant les dates prévues pour le début des travaux de toute nature, pour la réalisation des essais, pour la marche à blanc et pour la mise en exploitation commerciale, ainsi que le programme des tests et des essais prévus. L'avis sur le DPS conditionne le début des travaux ;
- que le dossier de sécurité (DS) doit inclure les résultats des tests et des essais. L'avis sur le DS conditionne la mise en service ;
- la possibilité de demander un dossier de récolement de sécurité (DRS) un an après la mise en service pour mettre à jour le dossier de sécurité.



Le décret du 30 mars 2017 explicite le principe GAME (Globalement Au Moins Équivalent) autorisé pour la démonstration de sécurité des systèmes, et impose l'évaluation des dossiers de sécurité par un deuxième regard indépendant (organisme qualifié agréé ou accrédité, OQA), à partir du DPS.

Il précise également que l'autorité organisatrice des transports doit établir un dossier spécifique – **le dossier d'autorisation des tests et essais (DAE)** – en vue d'obtenir du préfet l'autorisation préalable de réaliser les tests ou des essais dynamiques susceptibles de présenter des risques pour les tiers, les riverains ou les utilisateurs du système de transport. Ce dossier doit notamment contenir la description des tests et des essais, les lieux concernés et les dates ou périodes programmées. Il doit aussi identifier les risques encourus et indiquer les précautions prises.

L'arrêté du 22 novembre 2005 [26] précise en outre qu'en présence de tunnels dans un projet de système de transport public guidés urbains de personnes :

- des essais sur site doivent être réalisés pour évaluer les modalités de sortie des voyageurs hors des véhicules ;
- des essais à la réception doivent être réalisés afin de s'assurer des performances réelles du système de ventilation de désenfumage.

Il faut noter que cet arrêté n'est applicable réglementairement qu'aux tunnels nouveaux ou prolongements de tunnels sur une longueur supérieure à 100 mètres.

Dans le cas d'une ligne de transports guidés urbains de personnes, les essais ne peuvent démarrer que lorsque le dossier d'autorisation des essais a été approuvé par le préfet.

Une fois les essais terminés, le dossier de sécurité avec compléments d'essais contenant les procès-verbaux faisant état de leur bon déroulement est transmis au préfet, qui peut alors approuver le dossier et autoriser la mise en service de l'ouvrage.

Enfin le décret n°2010-1580 relatif au service technique des remontées mécaniques et transports guidés (**STRMTG**) [27] et ses circulaires et l'arrêté du 2 février 2011 [28] précisent l'organisation du STRMTG quant à l'instruction technique des dossiers STPG décrits plus haut. Le préfet sollicite le STRMTG qui vérifie la complétude et fournit un avis technique de sécurité détaillé sur les dossiers de sécurité. L'instruction apporte une réelle valeur ajoutée aux étapes administratives, par des échanges techniques directs dès la phase de conception et favorise également la diffusion des retours d'expérience et des bonnes pratiques issues d'autres réseaux de transports en France.



2.2.1.2 Les textes non réglementaires

Les cahiers des clauses administratives générales (CCAG)

Les cahiers des clauses administratives générales (CCAG) constituent une référence sur laquelle le rédacteur des marchés de travaux d'équipements des tunnels de transports guidés urbains peut s'appuyer, au même titre que pour les tunnels routiers (cf. 2.1.1.2).

Les Guides d'application du STRMTG

Les Guides d'application du STRMTG ont pour objet d'explicitier les dispositions de la réglementation de sécurité en vigueur (décret STPG et arrêtés d'application) et par la même d'en faciliter la mise en œuvre et le contrôle.

2.2.1.3 Synthèse

La réglementation applicable aux transports guidés urbains intègre le fait que le système de transport public de voyageurs comprend, en plus des infrastructures et des installations techniques et de sécurité, des véhicules (rames de tramway ou de métro) avec leurs principes et règles d'exploitation. Ces véhicules et leurs règles d'exploitation contribuent directement à la démonstration de

sécurité du système – par exemple les équipements embarqués de pilotage automatique et de communication avec les voyageurs – et à la protection des personnes (en cas d'évacuation).

Cette composante est à l'origine de la réglementation spécifique aux transports guidés urbains. Afin de maîtriser l'ensemble des composants du système y compris les véhicules, la démonstration de sécurité et les essais d'ensemble doivent être effectués préalablement à l'obtention de l'arrêté d'autorisation d'exploitation. Aussi le déroulé des dossiers réglementaires et leurs contenus attendus imposent-ils une programmation suffisamment anticipée des phases d'essais et de réception. Ces bonnes pratiques induites par des contraintes réglementaires sont décrites ci-après.

Le prolongement de lignes existantes offre l'avantage de pouvoir recourir à la démarche GAME (Globalement Au Moins Équivalent) dans la démonstration de sécurité. En contrepartie, de tels projets présentent l'inconvénient d'être soumis aux contraintes et exigences liées à l'infrastructure existante en exploitation, en particulier pour les essais d'ensemble pouvant nécessiter des essais hors exploitation (nuits ou coupures programmées), ce qui milite pour un calendrier d'opération comprenant des durées d'essais réalistes et intégrant des aléas.



© SETEC-ITS



© SETEC-ITS



© SETEC-ITS

Le tableau ci-dessous indique, pour chacun des enjeux cités en 1.2, les textes généraux identifiés dans ce chapitre qui apportent des éléments de construction du cadre de référence pour les essais, la réception et l'application des garanties des équipements de tunnels.

d'une portée beaucoup plus générale, donc pas totalement adapté aux équipements des tunnels de transports guidés urbains et à leurs spécificités.

Enjeux / texte	CCAG [2] [6] [7] [8]	Décret STPG, arrêtés d'application [23] [24] [26] et guides du STRMTG
Définition de la responsabilité des parties	√	√
Définition et conditions d'application des garanties	√	
Vérification de la conformité au cahier des charges		√
Réception et transfert de garde	√	
Définition d'un état initial		√

En conclusion, les textes présentés couvrent tous les enjeux identifiés. Le décret STPG, à la fois spécialisé dans le domaine des transports guidés urbains et abordant explicitement les tests et essais avec des matériels roulants en circulation présentant des risques pour les tiers, les riverains ou les utilisateurs du système considéré, fixe un cadre très utile, applicable directement. Le CCAG vient le compléter sur des volets plus administratifs (garantie, réception, transfert de garde) avec l'inconvénient d'être

2.2.2 Les textes spécifiques à des domaines techniques

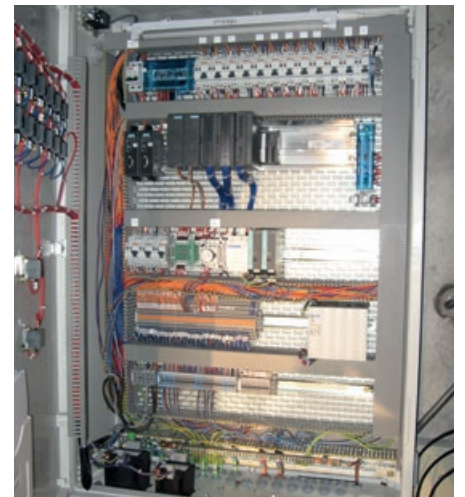
2.2.2.1 Les normes

Les normes contenant des prescriptions relatives aux essais et à la réception des équipements sont peu nombreuses. Il s'agit des mêmes normes que celles citées au chapitre 2.1.2.1. pour les tunnels routiers, à l'exception du fascicule FD CEN/CR 14-380 Éclairagisme - Éclairage des tunnels [19], qui est spécifique aux ouvrages routiers.

L'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport guidés urbains de personnes [26] fait référence à plusieurs normes concernant le comportement au feu des câbles, la protection contre l'incendie des matériels ferroviaires et les caractéristiques du réseau d'alimentation en eau (colonnes sèches ou colonnes en eau). Ces normes ne contiennent toutefois pas de prescription en lien direct avec les essais sur site.

2.2.2.2 Les autres documents techniques

Il n'existe pas de document technique, autre que les normes, qui contienne des prescriptions relatives aux essais et à la réception des équipements qui sont traités dans ce document.



2.2.3 Les pratiques

D'un point de vue purement technique, les essais des équipements des transports guidés urbains sont similaires à ceux menés pour les équipements des tunnels routiers. On retrouve de simples essais de qualification pour les matériels de série (ou tout au moins pour les matériels fabriqués au moyen de processus de fabrication strictement définis), et des essais spécifiques lorsque les matériels installés ne sont pas du matériel standard. De ce point de vue, les pratiques en ce qui concerne les transports guidés urbains sont donc similaires à celles des tunnels routiers, détaillées au paragraphe 2.1.3. Il en est de même pour la progressivité des essais, depuis les essais unitaires en usine ou sur plate-forme jusqu'aux essais d'ensemble sur site.

Dans le cas des transports guidés urbains de personnes, il existe toutefois deux étapes supplémentaires par rapport aux projets routiers. Il s'agit des essais dynamiques du matériel roulant, qui ont lieu à l'issue des essais d'ensemble sur site,



© SETEC-ITS



© SETEC-ITS



© SETEC-ITS

Pour parvenir à l'obtention de cette autorisation d'exploiter, le processus de sécurité suit le rythme de production des études par l'établissement de dossiers soumis à instruction par les services de l'État :

- le dossier de définition de la sécurité (DDS) établi pour les nouveaux tunnels (prolongements ou création) ou pour une automatisation de ligne dès la fin des Études Préliminaires et qui doit faire l'objet d'un avis du Préfet ;
- le dossier préliminaire de sécurité (DPS), accompagné des rapports et attestations de l'OQA, qui doit faire l'objet d'une approbation préfectorale avant commencement des travaux ;
- le cas échéant des dossiers jalons de sécurité (DJS) – non réglementaires – sur certains sous-systèmes contribuant à la sécurité, établis en fin de phase EXE, et qui font l'objet d'un processus d'échanges impliquant les fournisseurs, le concepteur, l'OQA et l'exploitant, en amont de l'instruction du dossier de sécurité global du système de transport. Selon la complexité du système, le processus de mise au point des DJS des différents fournisseurs de sous-systèmes, qui doit traiter les contradictions éventuelles et faire valider l'ensemble des contraintes exportées sur l'exploitation et la maintenance par

et des tests relatifs au respect des normes et réglementations ERP dans les stations de métros. Ces deux points ne sont néanmoins pas développés dans ce document (cf. 1.3.1).

Les pratiques observées sont guidées par les textes réglementaires qui imposent un cadre strict, tant pour la définition du contenu des essais que pour leur temporalité.

L'objectif est l'obtention de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation. Cet arrêté est pris à l'appui de l'avis donné par la sous-commission SIST¹ (Sécurité des Infrastructures et Systèmes de Transport) de la CCDSA (Commission Consultative Départementale de Sécurité et d'Accessibilité) dans les cas identifiés dans le décret STPG. La sous-commission SIST réunit, sous l'égide de la DDT (Direction Départementale des Territoires) ou de la DDTM (Direction Départementale des Territoires et de la Mer), le STRMTG, les services de secours (SDIS, SDMIS, BSPP ou BMPM). Pour les stations de métro, il faut ajouter l'avis obligatoire de la commission accessibilité propre aux établissements recevant du public (ERP).

l'exploitant ou son représentant, peut représenter un délai supplémentaire de un à trois mois ;

- le dossier d'autorisation des tests et essais (DAE) doit décrire les conditions de sécurité et les procédures relatives au déroulement des essais. Ces essais ne peuvent démarrer sans l'obtention d'un avis favorable d'autorisation de la Préfecture sur le Dossier d'autorisation des tests et essais, accompagné de l'avis de l'OQA. La durée des essais dépend de la complexité du système de transport et de la disponibilité du site. Il faut compter un à trois mois d'essais ;
- le dossier de sécurité (DS) doit démontrer la sécurité de la conception et de la réalisation du système de transport. Le DS comprend la clôture de l'analyse de sécurité globale du concepteur y compris pour les véhicules et leurs règles d'exploitation, le règlement de sécurité en exploitation (RSE) et le plan d'intervention des secours (PIS) pour le maintien dans le temps du niveau de sécurité, les rapports et attestations de l'OQA et la description détaillée des essais d'ensemble et de leurs résultats². Une fois l'intégralité du dossier transmis au service de contrôle, y compris les résultats des essais, le préfet peut accorder l'autorisation d'exploiter.

1. Seulement si le tunnel est d'une longueur supérieure à 300 mètres, ou si sa longueur est comprise entre 100 et 300 mètres et que les convois qui l'empruntent ont une capacité de plus de 500 voyageurs, sur la base de 6 voyageurs debout par m².

2. Les résultats des essais peuvent être transmis après l'envoi du DS (tolérance art.28 du décret STPG du 30 mars 2017).



La prise en compte de l'ensemble des délais réglementaires amène à considérer, lors de l'élaboration du calendrier général d'une opération, qu'une durée de neuf mois est en général nécessaire entre la fin de l'installation des équipements et la mise en service de l'infrastructure.

Les essais des équipements des tunnels de transports guidés urbains de personnes ne se limitent toutefois pas aux essais d'ensemble qui ne constituent que la dernière étape d'un long processus.

2.3 SYNTHÈSE

2.3.1 Au-delà d'apparentes différences, de nombreuses similitudes

2.2.1.1 Les textes législatifs et réglementaires

Malgré d'apparentes différences liées à des contextes historiques variables selon les modes de transport, tant en ce qui concerne la prise en compte de la sécurité que l'organisation de la maîtrise d'ouvrage et de l'ingénierie, les pratiques observées sont proches d'un domaine à l'autre.

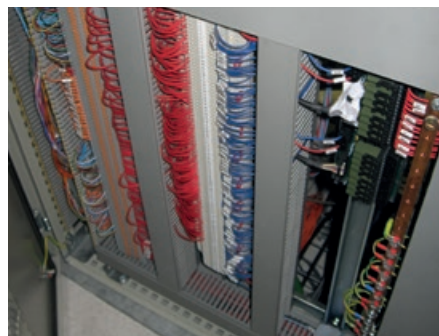
Des essais systématiques et progressifs sont conduits en usine, sur plate-forme et sur site, et sont suivis d'une période de **marche à blanc** pendant laquelle l'exploitant prend en main son ouvrage. À l'issue de cette période, la mise en service de l'ouvrage a lieu, et débute alors la période de **vérification de service régulier** (VSR), pendant laquelle l'entrepreneur intervient pour corriger tous les défauts révélés par les premiers mois d'exploitation. Un tel enchaînement est devenu une pratique courante en général, plus ou moins correctement formalisée. Quel que soit le mode de transport, la démarche s'appuie sur le socle que constituent le CCAG Travaux [2] et les normes.

En application de la loi SIST, les systèmes soumis à la procédure STPG ont des exigences réglementaires supplémentaires de définition et de programmation des essais, ainsi que de démonstration de la réussite des essais. Cette spécificité est liée au fait que le système de transport intègre, à la différence du mode routier, des véhicules guidés transportant du public sous la responsabilité de l'exploitant. Elle s'explique aussi par le fait que les essais sont dans certains cas réalisés sur des voiries ouvertes à la circulation publique (cas des sorties de tunnel pour les tramways), ce qui est une source de risques supplémentaires.

Bien que l'instruction technique du 25 août 2000 relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers [29] indique explicitement la possibilité d'adopter des prescriptions différentes de celles qu'elle préconise s'il est démontré que les dispositions proposées assurent un niveau de sécurité globalement au moins équivalent, cette possibilité est dans les faits rarement utilisée, à la différence de ce qui est pratiqué dans le domaine des STPG. Cette différence peut s'expliquer par le caractère très prescriptif de l'instruction technique routière, à la différence de l'instruction technique annexée à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport guidés urbains de personnes [26], qui laisse beaucoup plus de liberté dans le choix des solutions techniques.



© EGIS Tunnels



© EGIS Tunnels

2.3.2 Des axes d'amélioration

2.3.2.1 Axes d'amélioration communs aux modes routiers et de transports guidés urbains

Les équipements des tunnels routiers et de transports guidés urbains, sur lesquels reposent des enjeux de sécurité identiques, doivent faire l'objet du même processus rigoureux d'essais. Parce que les textes réglementaires STPG sont assortis d'exigences concernant cet aspect, les processus d'essais sont plus naturellement intégrés aux projets applicables aux systèmes de transports guidés urbains qu'ils ne le sont aux projets routiers. Toutefois, dans un cas comme dans l'autre, que les essais découlent d'une obligation réglementaire explicite ou d'une simple pratique, les dispositions en la matière, reconnues et partagées par tous les acteurs, doivent être traduites contractuellement.

Ainsi, pour s'assurer du respect des étapes successives nécessaires à la validation du système dans son ensemble, les dossiers de consultation des entreprises (DCE) de maîtrise d'œuvre ou de travaux pourraient faire apparaître plus systématiquement, ou de manière plus précise,

d'une part les rôles respectifs de chacun des acteurs pour le bon déroulement des essais liés à la mise en service de l'ouvrage, d'autre part les différentes étapes des essais et recettes à effectuer incluant les conditions d'entrée et de sortie de chacune. Associées à des points d'arrêts, ces dernières peuvent être assorties de pénalités ou retenues à mentionner au CCAP.

Il est également envisageable, pour mieux cadrer les interventions relatives aux essais, de segmenter un ouvrage en plusieurs zones d'essais unitaire.

Dans certains cas, l'introduction dans les DCE de travaux de délais partiels pour jalonner chaque système est possible. Ainsi, une meilleure anticipation des tâches, un meilleur contrôle de leur avancement et une détection précoce d'éventuelles dérives semblent pouvoir être atteints. De telles clauses doivent néanmoins être mûrement réfléchies, car elles risquent de réduire la souplesse d'organisation de l'intégrateur et finalement rallonger le délai global, selon les possibilités de recouvrement ou d'enchaînement de tâches propres à chaque projet.

Enfin, l'élaboration en début de contrat de travaux d'un document de type plan de management des tests et essais devrait devenir systématique.



© EGIS Tunnels



© EGIS Tunnels



© EGIS Tunnels

2.3.2.2 Axes d'amélioration spécifiques aux tunnels routiers

Dans le domaine des tunnels routiers, les évolutions réglementaires apparues depuis 2000 ont considérablement relevé le niveau d'exigence. Une conséquence directe est l'installation d'équipements beaucoup plus nombreux, qui constituent des systèmes complexes, difficiles à mettre au point, et longs à contrôler. Les difficultés potentielles qui en résultent sont le non-respect de l'ordonnancement entre travaux et essais, et l'allongement des durées nécessaires aux essais et aux mises au point, qui ont parfois été – et sont encore souvent – sous-estimées. Ceci a conduit à des reports de mise en service parfois très importants par rapport aux calendriers annoncés, malgré des efforts considérables en termes de moyens développés sur le chantier. Pour éviter ces situations très délicates pour le maître d'ouvrage et pour l'ensemble des acteurs impliqués, un meilleur formalisme et une standardisation des pratiques doivent être établis.

Un plan de management des tests et essais devrait là aussi être systématiquement établi et accompagné de moyens suffisants pour son bon déroulement, quel que soit le niveau de contrôle considéré (entrepreneur, maître d'œuvre, assistants du maître d'ouvrage, maître d'ouvrage...).

2.3.2.3 Axes d'amélioration spécifiques aux tunnels de transports guidés urbains

Le processus d'autorisation actuel permet de répondre aux besoins et aux exigences liées à la démonstration du niveau de sécurité attendu sur les systèmes de transports guidés urbains, y compris sur la thématique des tunnels, du moins quand les projets comprennent des nouveaux tunnels ou des extensions.

Ce processus permet de garantir la bonne réalisation des procédures de réception des équipements en tunnel, qui doivent être déroulées et validées positivement pour obtenir l'autorisation de mise en service commerciale.

L'instruction technique annexée à l'arrêté du 22 novembre 2005 [26] permet d'asseoir les attentes minimales techniques à déployer dans les tunnels construits.

Une des marges d'amélioration consiste à engager des actions pour les tunnels existants et dits « anciens » (c'est-à-dire non couverts par l'instruction technique précitée),

et à déployer des mesures spécifiques et adaptées, en fonction des possibilités (travaux de réhabilitation prévus ou actions engagées lors de modifications ayant lieu dans le tunnel...), suite à l'identification de ces points et actions dans les dossiers de sécurité régularisés réalisés par les autorités organisatrices et évalués par les OQA.

ESSAIS ET CONTRÔLE DES OUVRAGES

Les équipements sont une composante fondamentale de la sécurité dans les tunnels. Ils doivent par conséquent bénéficier d'essais rigoureux qui ne peuvent souffrir d'aucune dérogation, au risque d'affaiblir le niveau de sécurité global du tunnel et de conduire à un niveau de sécurité inférieur aux exigences réglementaires. Compte-tenu des enjeux précités, cette partie du document, tout comme les parties 4, 5 et 6 qui suivent, a pour objet de synthétiser les prescriptions à respecter, notamment par les maîtres d'œuvre chargés de définir contractuellement la consistance des essais à réaliser dans le cadre des marchés de travaux, qu'ils soient à la charge de l'entrepreneur (contrôle intérieur) ou non (contrôle extérieur).

Il est indispensable d'identifier et formaliser chaque phase du processus, dont le contenu est précisé de façon détaillée dans le contrat passé entre le maître d'ouvrage et l'entrepreneur.

Normalement, l'enchaînement est le suivant :

- 1° des essais de qualification réalisés par les fabricants des équipements, ou même plus en amont par les fournisseurs de matériaux et de constituants des équipements ;
- 2° des essais spécifiques, eux-mêmes progressifs avec successivement essais en usine et en plate-forme, essais statiques sur site, essais d'acceptation partielle (EAP) sur site, essais d'acceptation système (EAS) sur site, et essais d'acceptation globale (EAG) sur site ;
- 3° les opérations préalables à la réception (OPR), opérations techniques débouchant sur une proposition de réception ou de non-réception adressée par le maître d'œuvre au maître d'ouvrage, au vu des résultats de l'ensemble des essais ;
- 4° une réception par le maître d'ouvrage ;
- 5° une période de marche à blanc (ou de pré-exploitation) par l'exploitant de l'infrastructure ;
- 6° la mise en service ;
- 7° une vérification de service régulier (VSR).



3.1 PRINCIPAUX ACTEURS : RÔLES ET RESPONSABILITÉS

3.1.1 Préambule

Les rôles des principaux acteurs sont développés ci-après, sans traiter des interventions particulières aux experts – tels que les OQA – ou aux services de l'État.

Le schéma de principe de l'organisation la plus courante est donné sur la Figure 1.

La planification générale de l'opération de construction s'articule autour de quatre étapes successives fondamentales :

- l'élaboration du programme, responsabilité du maître de l'ouvrage ;
- la conception, responsabilité du maître d'œuvre ;

- la réalisation des travaux, responsabilité de l'entrepreneur pour l'exécution et responsabilité du maître d'œuvre pour le contrôle ;
- l'exploitation de l'ouvrage, responsabilité de l'exploitant.

Les trois acteurs dans l'acte de construire sont liés par deux types de contrats :

- un marché de maîtrise d'œuvre entre le maître de l'ouvrage et le maître d'œuvre ;
- un marché de travaux entre le maître de l'ouvrage et l'entrepreneur.

Pour rappel, le maître d'œuvre tire son autorité sur l'entrepreneur des obligations que celui-ci a dans son marché conformément au CCAG Travaux [2].

À ces trois acteurs, il faut ajouter l'exploitant de l'ouvrage, principal utilisateur des équipements et chargé de leur maintenance.

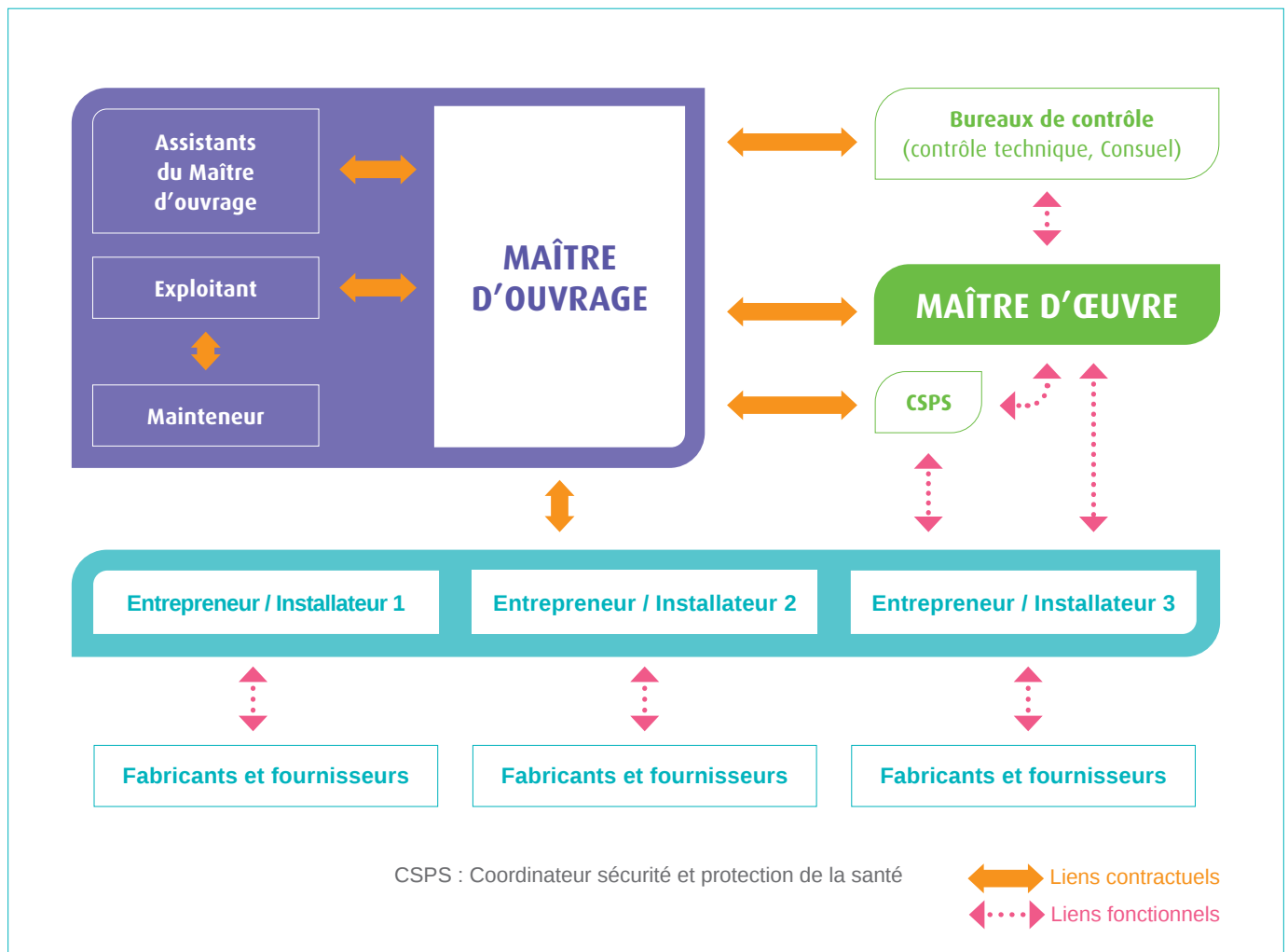


Figure 1 : Schéma de principe de l'organisation la plus courante entre les acteurs.

3.1.2 Maître d'ouvrage

Comme le définit l'article L.2410-1 du Code de la commande publique [1], le maître d'ouvrage est l'acheteur qui, projetant la construction d'un ouvrage, envisage la passation des marchés de construction.

Il lui appartient, après s'être assuré préalablement de la faisabilité et de l'opportunité de l'opération envisagée, d'en déterminer la localisation, d'en élaborer le programme, d'en fixer l'enveloppe financière prévisionnelle, d'en assurer le financement, de choisir le processus selon lequel l'ouvrage sera réalisé et de conclure les marchés publics ayant pour objet les études et l'exécution des travaux de l'opération.

Il fournit tous les éléments connus en sa possession utiles à la réalisation de l'ouvrage, paye le prix convenu et facilite son exécution.

Le maître d'ouvrage fixe le calendrier de l'opération et veille à son respect. Il définit une date de mise en service réaliste, intégrant la durée nécessaire aux essais, aux levées de réserve, à la marche à blanc et à l'exercice de sécurité. Il intègre également au calendrier les procédures réglementaires d'élaboration, d'instruction et d'approbation du dossier de sécurité, jusqu'à l'obtention de l'autorisation de mise en exploitation.

Le maître d'ouvrage veille à ce que l'ouvrage réalisé soit conforme au programme et en adéquation avec les contraintes de l'exploitant.

Le maître d'ouvrage organise la remise de l'ouvrage à l'exploitant et assure la coordination entre l'ensemble des acteurs participant à la construction de l'ouvrage et, plus largement, avec l'ensemble des services concernés, et notamment ceux concernés par l'élaboration du dossier de sécurité (Préfecture, services de secours, etc.).

3.1.3 Exploitant

Le terme exploitant peut désigner celui qui est chargé de l'exploitation soit du réseau soit du poste de contrôle-commande. Par exemple, les essais plate-forme de la gestion technique centralisée concernent en premier lieu le personnel du poste de contrôle-commande alors que les essais sur les tableaux généraux basse-tension concernent spécifiquement le personnel chargé de la maintenance. Dans ce qui suit, le vocable unique désigne indifféremment l'un ou l'autre. En tout état de cause, l'exploitant est l'intervenant premier sur les équipements d'un tunnel. À ce titre, il doit participer activement à toutes les étapes, depuis la conception jusqu'à la mise en service de l'ouvrage.

Lors de la conception, l'exploitant doit être associé le plus tôt possible, afin qu'il contribue à la définition des fonctionnalités des équipements du tunnel, idéalement dès l'élaboration du projet et jusqu'à la finalisation du marché de travaux.

À ce stade, le maître d'œuvre associe l'exploitant à l'écriture du cahier des charges fonctionnel des équipements et définit les éléments qui doivent être pris en compte dans le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO). En particulier, il apporte son expérience sur l'ergonomie et veille à la cohérence des procédures et fonctionnalités avec les autres ouvrages dont

il a ou aura l'exploitation. En d'autres termes, la conception des équipements d'un tunnel ne doit pas consister à développer de nouveaux prototypes – démarche longue et incertaine –, mais plutôt à faire évoluer les matériels connus, en s'appuyant sur l'expérience acquise et les dernières évolutions technologiques.

Durant les travaux, l'exploitant doit être invité régulièrement à des visites techniques du chantier, afin qu'il puisse s'approprier progressivement le futur ouvrage. De plus, il est consulté sur tout projet de modification des équipements.

Avant les opérations préalables à la réception, l'exploitant est invité par le maître d'œuvre aux pré-OPR, visite du tunnel au cours de laquelle l'exploitant peut faire de ses observations (cf. 4.2).

Durant la marche à blanc, l'exploitant se rode à l'utilisation des équipements, observe leur fonctionnement et constate s'ils sont capables ou non de remplir leurs fonctions dans les conditions normales d'exploitation et en modes dégradés. Il fait part des dysfonctionnements observés au maître d'ouvrage qui mandate l'entrepreneur afin qu'il procède aux correctifs nécessaires.

Une fois l'ouvrage mis en service, la VSR permet à l'exploitant de signaler au maître de l'ouvrage les défauts des équipements révélés par les premiers mois d'exploitation.



3.1.4 Maître d'œuvre

L'article L.2431-1 du Code de la Commande Publique [1] dispose que la mission de maîtrise d'œuvre est une mission globale qui doit permettre d'apporter une réponse architecturale, technique et économique au programme défini par le maître d'ouvrage. À ce titre, le maître de l'ouvrage peut confier au maître d'œuvre tout ou partie des éléments de conception et d'assistance suivants définis par l'arrêté du 22 mars 2019 [35] :

- 1° les études préliminaires ;
- 2° les études d'avant-projet ;

- 3° les études de projet ;
- 4° l'assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation des marchés de travaux ;
- 5° les études d'exécution ou l'examen de la conformité au projet et le visa de celles qui ont été faites par les opérateurs économiques chargés des travaux ;
- 6° la direction de l'exécution des marchés de travaux ;
- 7° l'ordonnancement, le pilotage et la coordination du chantier ;
- 8° l'assistance apportée au maître d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement.



© SETEC-ITS



© SETEC-ITS



© SETEC-ITS

Le maître d'œuvre est vigilant vis-à-vis de tout risque pouvant survenir sur le chantier, qu'il soit d'ordre technique ou qu'il concerne le calendrier de l'opération. Il tient informé en permanence le maître d'ouvrage du déroulement du chantier.

Le rôle du maître d'œuvre est primordial pour garantir le niveau de performance et de fiabilité des équipements de sécurité dès la mise en service, à l'appui des résultats des essais.

C'est en effet le maître d'œuvre qui définit la consistance des essais dans le CCTP et en désigne le responsable. Les essais sont quant à eux réalisés par l'entrepreneur (contrôles interne et externe) et éventuellement des bureaux de contrôle extérieur (contrôle extérieur). Ensuite, durant le chantier, le maître d'œuvre contrôle en permanence la bonne exécution des travaux en mettant en œuvre les moyens nécessaires à ce suivi, et en les adaptant si nécessaire au rythme réel du chantier. Il organise les interventions de contrôle extérieur et associe le futur exploitant lorsque cela est nécessaire par l'intermédiaire du maître d'ouvrage (cf. 3.1.3).

Au fur et à mesure que les travaux sont exécutés, le maître d'œuvre est présent lors des essais menés par l'entrepreneur. Les résultats de ces essais sont consignés dans les cahiers de recette, que le maître d'œuvre décide de valider ou pas. À l'issue de l'ensemble des recettes, le maître d'œuvre propose au maître d'ouvrage de prononcer ou de ne pas prononcer la réception des travaux, au vu de la nature et de la quantité des

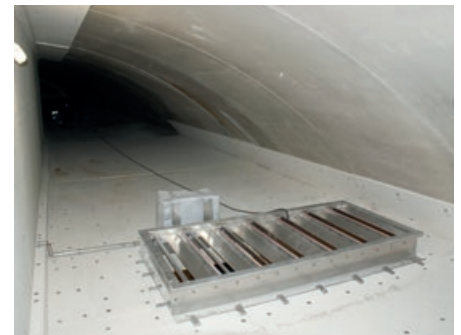
prestations (finitions, travaux correctifs, etc.) restant à réaliser. C'est une lourde responsabilité pour le maître d'œuvre compte tenu des conséquences administratives que représente la décision de réception (cf. 5) et de l'incidence que peut avoir la persistance de défauts des équipements de sécurité vis-à-vis du déroulement de la marche à blanc, et encore plus de la mise en service.

Dans le cas d'une opération allotie, la mission OPC (Ordonnement-pilotage-coordination) confiée au maître d'œuvre ou à un tiers indépendant doit permettre de planifier de façon coordonnée les interventions des différentes entreprises, en particulier lors des phases d'essais.

3.1.5 Entrepreneurs - Installateurs

L'entrepreneur ou le groupement d'entrepreneurs qui a la charge et la responsabilité de l'exécution des travaux doit respecter les engagements contractuels qui le lient avec le maître d'ouvrage ; ceux-ci concernent la bonne exécution de l'ouvrage dans le respect des coûts et des délais. Le CCAG Travaux fixe le cadre des aspects contractuels du marché liant l'entrepreneur au maître d'ouvrage.

L'entrepreneur conseille le maître d'ouvrage – il connaît et applique les règles de l'art –, exécute les travaux, assure la garde l'ouvrage – il garde le chantier jusqu'à sa réception – et garantit l'ouvrage.



L'entrepreneur est responsable de la conformité finale de l'ouvrage à travers le choix de l'origine, de la provenance et de la qualité des matériaux et matériels, qu'il doit vérifier. L'entrepreneur est également responsable de leur bonne mise en œuvre, dans le respect des prescriptions du cahier des charges. Il doit s'assurer de la qualité de la construction de l'ouvrage à travers un processus de contrôle – interne et externe – défini préalablement au démarrage des travaux. Outre le plan de contrôle des travaux, l'entrepreneur établit, pour chaque équipement, un cahier de recette décrivant les contrôles qui seront réalisés pour cet équipement.

Le contrôle de la bonne exécution des travaux est réalisé de façon continue par l'entrepreneur. Les résultats des essais sont consignés dans les cahiers de recettes, qui sont soumis à l'approbation du maître d'œuvre.

À l'appui de l'ensemble des résultats des recettes, l'entrepreneur juge à quelle date les travaux pourront être considérés comme

achevés et en informe le maître de l'ouvrage et le maître d'œuvre, afin que le maître d'œuvre procède, en présence de l'entrepreneur, aux opérations préalables à la réception.

3.1.6 Assistants au maître d'ouvrage

Dès le début de l'opération, le maître d'ouvrage doit apprécier ses compétences et moyens au regard de la complexité de l'opération et s'entourer, si nécessaire, d'assistants à objets spécialisés au sens de l'article L.2422-2 du Code de la commande publique [1]. Ces assistants à la maîtrise d'ouvrage (AMO) peuvent intervenir sur les aspects réglementaires, administratifs, financiers, techniques, ou encore de communication.

Si, en cours d'opération, le maître d'ouvrage détecte un besoin nouveau, il peut recourir à l'emploi d'un assistant au maître d'ouvrage supplémentaire pour l'aider à y faire face.

3.1.7 Coordonnateur sécurité et protection de la santé (CSPS)

Désigné par le maître d'ouvrage dès le début de la conception des ouvrages, le CSPS intervient en vue de préserver la sécurité et la santé des ouvriers sur deux aspects :

- les phases de coactivité du chantier,
- lors des interventions ultérieures sur l'ouvrage.

Il est à noter que les phases d'essais mobilisent une forte coactivité interentreprises, dans des situations qu'il est parfois difficile de planifier sur le plan de la sécurité.

Le plan général de coordination (PGC) établi par le CSPS précise ainsi les mesures de coordination retenues pour l'opération ainsi que les dispositifs de protection collective (ventilation, éclairage, moyens de secours) maintenus en place pour les ouvriers.

Chaque acteur de la construction doit se sentir impliqué dans les actions de sécurité du chantier. Le Code du travail (art. L.4531-1) demande qu'en plus des entreprises, le maître de l'ouvrage, le maître d'œuvre et le CSPS mettent en œuvre les principes généraux de prévention.

Cet article précise que :

« Ces principes sont pris en compte notamment lors des choix architecturaux et techniques ainsi que dans l'organisation des opérations de chantier, en vue :

- 1° De permettre la planification de l'exécution des différents travaux ou phases de travail se déroulant simultanément ou successivement ;
- 2° De prévoir la durée de ces phases ;
- 3° De faciliter les interventions ultérieures sur l'ouvrage. »

3.1.8 Bureaux de contrôle

Les bureaux de contrôle, quelle que soit la prestation qui leur est demandée, doivent être associés suffisamment tôt. Ils doivent dans certains cas intervenir dès les études de conception initiale et, presque toujours, au moins lors de la rédaction des clauses techniques des marchés de travaux.

3.1.8.1 Les contrôleurs techniques

Plutôt connu dans le domaine du bâtiment, le contrôleur technique de la construction est cependant susceptible d'intervenir dans le domaine de l'infrastructure dont relèvent les travaux souterrains. Il doit pour cela être titulaire d'un agrément délivré par le ministère en charge de la construction, pour le domaine d'application E1 (E.1 : Ouvrages de génie civil, pour toutes missions de contrôle : infrastructures terrestres non hydrauliques et non destinées au transport des fluides, courants et ondes ; sont inclus les grands ouvrages urbains relevant des mêmes spécialités ainsi que les équipements associés à ces infrastructures).

Les tunnels³ ne sont pas des établissements recevant du public, donc ils ne sont pas soumis à obligation de contrôle technique. En tout état de cause, il appartient au maître d'œuvre de vérifier le respect de la réglementation et des règles de l'art à travers le contrôle des documents d'exécution, le suivi des travaux et la participation aux essais. Toutefois, le maître d'ouvrage pourra décider de s'appuyer sur un contrôleur technique afin de disposer d'un regard extérieur sur les risques vis-à-vis de la solidité de l'ouvrage et de la sécurité des personnes.

Parmi les missions de contrôle technique définies par la norme NF P 03-100 [32], le choix portera principalement sur celles relatives à la solidité des ouvrages (missions L + LP + LE dans le cas de travaux de réhabilitation) et à la sécurité des personnes (mission S visant les dispositions relatives à la protection contre les risques d'incendie et de panique, systèmes de sécurité incendie installations électriques, garde-corps, etc.). Rien n'interdit de confier d'autres missions à ce prestataire.



3. Ce document ne traite pas des stations de transports guidés souterrains qui sont des établissements recevant du public.

3.1.8.2 L'organisme qualifié agréé (OQA)

L'OQA n'a pas la charge des missions de conception et de réalisation qui incombent au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre et aux entreprises, auxquels il ne doit pas se substituer. La vérification et la validation du système en matière de sécurité doivent être assurées sous la pleine et entière responsabilité des intervenants dont la mission est de concevoir et construire – ou rénover – l'ouvrage.

L'OQA doit néanmoins assurer une mission d'évaluation débouchant sur un avis concernant le niveau de sécurité global du système du point de vue de la conformité du projet aux règlements, normes et référentiels techniques en vigueur, de l'atteinte du niveau de sécurité requis pour le système dans son ensemble, ainsi que la capacité de maintien dans le temps de ce niveau.

Le guide d'application du STRMTG « *Systèmes de transport public guidés urbains de personnes - Mission de l'Organisme Qualifié Agréé (OQA) pour l'évaluation de la sécurité des projets* » du 8 février 2012 [33] décrit, sans caractère d'exhaustivité, la mission attendue de l'OQA pour ce qui concerne l'évaluation de la sécurité des nouveaux systèmes ou des modifications des systèmes existants de transport guidés urbains.

Ce guide indique explicitement qu'au-delà des phases de conception et de réalisation, la mission de l'OQA concerne les phases d'essais préalables à la mise en service et de mise en d'exploitation.

Pour les tunnels routiers, le Code de la voirie routière [4], dans son article R 118-3-2 mentionne simplement le fait qu'un rapport de sécurité actualisé de l'expert ou de l'organisme qualifié agréé doit accompagner le dossier de sécurité à partir duquel l'autorisation de mise en service est délivrée. Même si le Code de la voirie routière ne mentionne pas explicitement les essais et la mise en service, l'OQA (désigné EOQA, expert ou organisme qualifié agréé) doit néanmoins être présent durant cette phase. Ses interventions sont liées au contexte, mais dans tous les cas, il doit être associé à la levée des dernières réserves et recommandations qui auront été formulées sur le dossier de sécurité, ainsi qu'à la définition et au déroulement de l'exercice de sécurité avant mise en service.

3.1.8.3 L'agent de sécurité

Pour les tunnels routiers de plus de 500 mètres situés sur le réseau routier transeuropéen (RTE), un agent de sécurité est désigné par le maître d'ouvrage pour coordonner les mesures de prévention et de sauvegarde visant à assurer la sécurité des usagers et du personnel d'exploitation.

À ce titre, tout comme l'OQA, l'agent de sécurité, sans toutefois se substituer aux acteurs directement chargés de la réalisation, du suivi et du contrôle des travaux des équipements, veillera à ce que les équipements assurent en permanence les fonctions de sécurité qui leur sont assignées.

3.1.8.4 Le Consuel

Le maître d'ouvrage doit prévoir l'intervention du Consuel, Comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité.

Le Consuel est une association reconnue d'utilité publique chargée de vérifier la conformité des installations électriques et de délivrer le visa sans lequel la mise sous tension définitive de l'installation électrique par le distributeur n'est pas possible.

L'attestation de conformité du Consuel est obligatoire pour toute installation nouvelle, ainsi que pour tous les travaux de rénovation ayant nécessité une mise hors tension.

3.1.8.5 Le Service de Zone des Systèmes d'Information et de Communication

Lorsque le tunnel est doté d'un système de retransmission des communications radioélectriques pour les services d'intervention (pompiers, SAMU, SMUR, gendarmerie nationale, police, CRS) s'inscrivant dans l'Infrastructure Nationale Partageable des Télécommunications (INPT), le Service de Zone des Systèmes d'Information et de Communication (SZSIC) [30] doit être sollicité pour vérifier la conformité à la réglementation et le bon fonctionnement du système mis en place [31].

Le SZSIC effectue des essais et des mesures en tunnel, et participe aux essais de compatibilité radioélectrique. Il donne son avis sur le fonctionnement du dispositif pour son utilisation et son intégration au réseau radio extérieur existant.

L'autorisation de mise en service du dispositif est délivrée par la préfecture, au vu des mesures et essais effectués par le SZSIC.

3.1.8.6 Organisme chargé de l'Inspection détaillée initiale des équipements

Pour les tunnels et tranchées couvertes du réseau routier national non concédé, une Inspection détaillée initiale des équipements doit être réalisée entre la réception de l'ouvrage et la fin de la VSR. L'organisme – ou tout au moins les personnes physiques chargées de l'inspection –, doit être indépendant des acteurs directement impliqués dans la construction, le contrôle et la future exploitation de l'ouvrage.

3.1.8.7 Autres organismes de contrôle

Le maître d'ouvrage, éventuellement sur les conseils du maître d'œuvre, désigne des organismes de contrôle extérieur pour vérifier la bonne exécution des travaux et les performances de l'installation. Il peut s'agir d'apporter un regard indépendant en cas de doute sur les résultats de certains essais, de la volonté de disposer d'un double regard sur certains équipements sensibles ou bien simplement de faire réaliser des essais qui nécessitent une compétence très spécifique.

Des organismes de contrôle extérieur peuvent ainsi être sollicités pour vérifier la stabilité de certains ouvrages particuliers (dispositifs de contrôle de gabarit et protection des équipements, portiques, mâts), le degré de protection au feu des ouvrages (chambres de tirage), la qualité d'application de dispositifs de protection contre la corrosion (galvanisation, systèmes de peinture). Ces contrôles peuvent être exercés aussi bien en usine que sur plate-forme ou sur chantier.

3.1.9 Fabricants - Fournisseurs

Les fournitures de matériaux et matériels nécessaires à la construction de l'ouvrage font l'objet de contrats directs entre l'entrepreneur et les fournisseurs et fabricants. Néanmoins, tous les matériaux et matériels doivent être conformes aux prescriptions du marché passé entre le maître d'ouvrage et l'entrepreneur.

Les fournisseurs et fabricants doivent effectuer les contrôles de qualité de leur production et en fournir une attestation à l'entrepreneur, qui la transmet au maître d'œuvre si cela est demandé au marché.

Beaucoup d'équipements de sécurité des tunnels (câbles, portes, trappes, registres, ventilateurs...) doivent posséder des certifications particulières, notamment vis-à-vis de leur comportement au feu. Il peut s'agir d'auto-certification, mais parfois, l'agrément ne peut être donné que par des laboratoires agréés extérieurs. Les essais de certification par de tels laboratoires restent néanmoins de la responsabilité du fournisseur.

3.1.10 Services de secours

Les pompiers amenés à intervenir dans l'ouvrage en cas de sinistre doivent être invités à vérifier que le réseau incendie – sec ou humide – déployé dans le tunnel correspond à leurs exigences. Ces exigences auront bien sûr été définies avec eux très en amont, en phase de conception.

Les pompiers testent la manœuvrabilité des organes du réseau incendie (bouches, poteaux, vannes, etc) et vérifient les performances atteintes (débit, pression). L'intérêt de la réalisation de ces essais par les services de secours eux-mêmes tient au fait qu'ils mettent en œuvre leur propre matériel (lances, fourgon pompe tonne, etc.) et ont aussi l'occasion d'en vérifier la compatibilité avec le réseau incendie du tunnel.

Les pompiers doivent également être associés à la vérification des conditions d'accès et d'intervention en tunnel : praticabilité du cheminement, manœuvrabilité des portes, lisibilité du balisage, performances de l'éclairage, utilisation de la ligne-guide, fonctionnement des prises pompiers et du système de retransmission radio.

Plus généralement, il est utile de présenter aux pompiers l'ensemble des équipements de sécurité du tunnel – et en premier lieu le système de désenfumage – ainsi que leur mode d'utilisation en cas d'événement.

Les pompiers seront notamment conviés aux essais de fumées réalisés pour vérifier le bon fonctionnement du système de désenfumage. Les essais avec production de fumées tièdes ou chaudes seront préférés aux simples essais avec fumées froides (fumigènes) qui ne permettent pas de reproduire le comportement des fumées produites lors d'un incendie. Lorsqu'il y a un enjeu fort et que cela est possible, un essai avec combustion d'une épave de véhicule sera réalisé. En effet, que ce soit en termes de cinétique d'incendie ou de caractéristiques des fumées (visibilité, toxicité et température), les essais d'autre nature ne permettent pas de reproduire des conditions identiques à celles auxquelles seront confrontés les pompiers en cas d'intervention sur feu de véhicule réel. Si un tel essai est réalisé, il est même possible d'envisager que ce soient les pompiers eux-mêmes qui procèdent à l'extinction du foyer, afin de leur permettre de réaliser un exercice en conditions extrêmement proches de la réalité. Dans tous les cas, les pompiers interviennent lors de l'exercice de sécurité qui doit obligatoirement être réalisé avant la mise en service.



3.2 RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LES ESSAIS

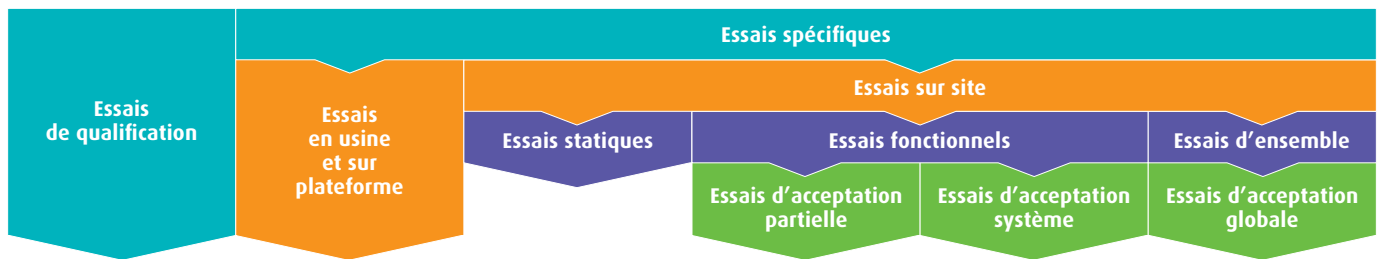


Figure 2 : Ensemble du processus d'essais – Progressivité et exhaustivité.

Les deux principes à suivre impérativement sont la progressivité et l'exhaustivité des essais, ce qui exige méthode et rigueur.

Le processus d'essais est une démarche structurée, souvent longue, qui implique de nombreux acteurs et se déroule en différents lieux ; il conviendra de consacrer le temps et les moyens nécessaires à cette phase obligatoire.

Il faut distinguer les essais selon leur nature (essais de qualification et essais spécifiques), et selon le lieu où ils se déroulent (usine, centre d'essais agréé, plate-forme, site). Tous sont indispensables.

À chaque niveau d'essai, les équipements sont testés afin de contrôler qu'ils sont conformes en qualité, performances et fonctionnalités.

Une illustration de l'ensemble du processus d'essais est donnée sur la Figure 2. Les différentes étapes du processus sont ensuite détaillées dans les paragraphes 3.2.2 et 3.2.4.

3.2.1 Élaboration d'un plan de management des tests et essais

Dès le début de l'exécution du contrat de travaux, un plan de management des tests et essais doit être élaboré par l'entrepreneur.

Ce document est indispensable pour la définition respective des objectifs fixés, de l'organisation, de la procédure, des activités et des livrables à mettre en œuvre pour gérer l'ensemble des tests et essais. Il doit préciser :

- la logique d'ensemble des essais à réaliser en usine et sur site, et les points d'arrêts proposés éventuellement complétés par ceux du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre ;
- l'organigramme, les notes descriptives d'organisation et de moyens mobilisés ;
- un descriptif général sur l'organisation et les procédures mises en œuvre pour la sécurité vis-à-vis des intervenants et tiers ;
- un tableau de bord permettant de visualiser l'avancement des essais ;
- un plan de documentation détaillé.

En cas d'allotissement, un plan général de management des tests et essais pourra être préparé par le maître d'œuvre, intégré dans les DCE et appliqué dès le début du contrat.

3.2.2 Essais de qualification

Des essais de qualification doivent être menés pour qualifier les matériels de série, ou tout au moins issus de processus de fabrication strictement définis auxquels aucune adaptation n'a été apportée pour des besoins spécifiques du projet (câbles électriques, boîtes de dérivation, caméras, fibres optiques, ordinateurs, écrans des murs d'image, panneaux de signalisation fixe, ventilateurs des locaux techniques ou de suppression des issues, climatisations, extincteurs, etc.). Ces essais recouvrent également le contrôle et la provenance des matériaux et constituants.

Ces essais sont le plus souvent effectués dans l'usine de fabrication des matériels. Ils sont parfois réalisés dans des laboratoires agréés (essais feu).

3.2.3 Essais en usine et sur plate-forme

Lorsque les matériels installés ne sont pas standard, des essais particuliers doivent être réalisés afin d'une part de vérifier qu'ils répondent aux exigences du cahier des charges et d'autre part de contrôler leur bon fonctionnement, y compris une fois intégrés dans l'ensemble des équipements du tunnel.

On distingue ainsi plusieurs types d'essais qui se succèdent avec progressivité en usine, puis sur plate-forme et enfin sur site. Ces essais concernent tous les équipements :

- Essais usine : ventilation, énergie (transformateurs, onduleurs ou variateurs s'il s'agit de modèles de fabrication spécifique, groupes électrogènes, TGBT et CAES), réseaux hydrauliques (pompes s'il s'agit de modèles de fabrication spécifique, essais en présence des pompiers pour les cas de fabrication de nourrices spécifiques), éclairage (éventuellement le câblage des luminaires), métallerie (portes sur mesure), signalisation (équipements unitaires), etc. ;
- Essais plate-formes : GTC, Vidéo / DAI (associée à la GTC), RAU (associé à la GTC), radio-retransmission, signalisation (système), système de climatisation (éventuellement), etc. Ces essais consistent à vérifier la bonne intégration de toutes les fonctions d'un système, ainsi que son bon interfaçage, avant installation sur site.



3.2.4 Essais sur site

3.2.4.1 Un processus progressif et exhaustif

Les essais sur site – parfois également appelés essais terrain – ont pour objectif la vérification de l'aptitude au bon fonctionnement (VABF) des systèmes.

Il s'agit de vérifier l'aptitude des équipements de sécurité et d'exploitation à répondre aux besoins exprimés dans le cahier des charges initial.

Les essais sur site doivent concerner chaque système d'équipement et chaque équipement de chaque système. Il s'agit de la phase d'essais la plus longue et la plus délicate.

La complexité de ces essais est liée au fait que l'ensemble des équipements d'un tunnel constitue un système lui-même composé de nombreux systèmes en interaction les uns avec les autres.

Ainsi, dans le cas d'un tunnel routier, on peut dénombrer une vingtaine de systèmes qui, pour beaucoup, interagissent les uns avec les autres :

- alimentation HTA ;
- alimentation BTA ;
- détection automatique d'incident ;
- détection des hors-gabarits ;
- détection incendie ;
- éclairage ;
- exhaure ;
- gestion technique centralisée ;
- métallerie ;

- recueil de données de trafic ;
- radio-retransmission ;
- réseau d'appel d'urgence ;
- réseau incendie ;
- réseaux ;
- signalisation dynamique, sonorisation ;
- supervision ;
- système d'aide à la gestion du tunnel ;
- téléphonie ;
- ventilation ;
- vidéo ;
- etc.

Ces interactions sont à l'origine de la progressivité des essais des différents systèmes. La réalisation des essais d'un système est entièrement liée aux résultats des essais des systèmes auxquels il est lié. En reprenant l'exemple de la ventilation, ses essais complets ne peuvent être menés que lorsque d'une part l'alimentation basse-tension, elle-même dépendante de l'alimentation haute-tension, est disponible, et que d'autre part, elle peut être commandée et pilotée par l'intermédiaire de la GTC et de la Supervision, l'ensemble étant relié par des réseaux fonctionnels (cf. Annexe 4).

Les essais à réaliser sont donc nombreux et fortement dépendants les uns des autres. Ils doivent tenir compte d'éventuels aléas et des problématiques de co-activité qui sont susceptibles d'augmenter leur durée. Ils doivent être organisés selon un calendrier très précis. Chaque retard dans la réalisation d'un essai ou la validation des résultats d'un essai est susceptible d'avoir une incidence sur l'ensemble des essais. C'est notamment le cas pour l'alimentation électrique et la GTC.



3.2.4.2 Progressivité des essais sur site : quatre étapes essentielles

Les essais de validation sur site suivent donc un processus progressif, dont l'objectif est de contrôler le respect des objectifs de performances et de fonctionnalités propres au projet. Les phases de ce processus sont les suivantes :

- essais statiques (ES) ;
- essais d'acceptation partielle (EAP) ;
- essais d'acceptation systèmes (EAS) ;
- essais d'acceptation globale (EAG) ;

qui s'enchaînent et s'articulent tel que représenté sur la figure 3, donnée à titre d'exemple (sur cette figure, le système GTC n'a pas été intégré au schéma).

Lors des **essais statiques**, chaque équipement est contrôlé unitairement selon une procédure spécifique adaptée.

Les **essais d'acceptation partielle** sont également des essais spécifiques à chaque équipement, mais à la différence des essais statiques, il s'agit d'essais fonctionnels qui permettent de valider les performances de chaque équipement.

Les **essais d'acceptation système** sont des essais fonctionnels qui consistent à vérifier la bonne intégration de chaque équipement à l'intérieur d'un système. Chaque système est testé indépendamment l'un de l'autre.

Les **essais d'acceptation globale** sont des essais qui permettent de vérifier l'intégration des systèmes dans le système global, lorsque les performances et fonctionnalités de chaque système ont été validées. On parle d'essai d'ensemble.

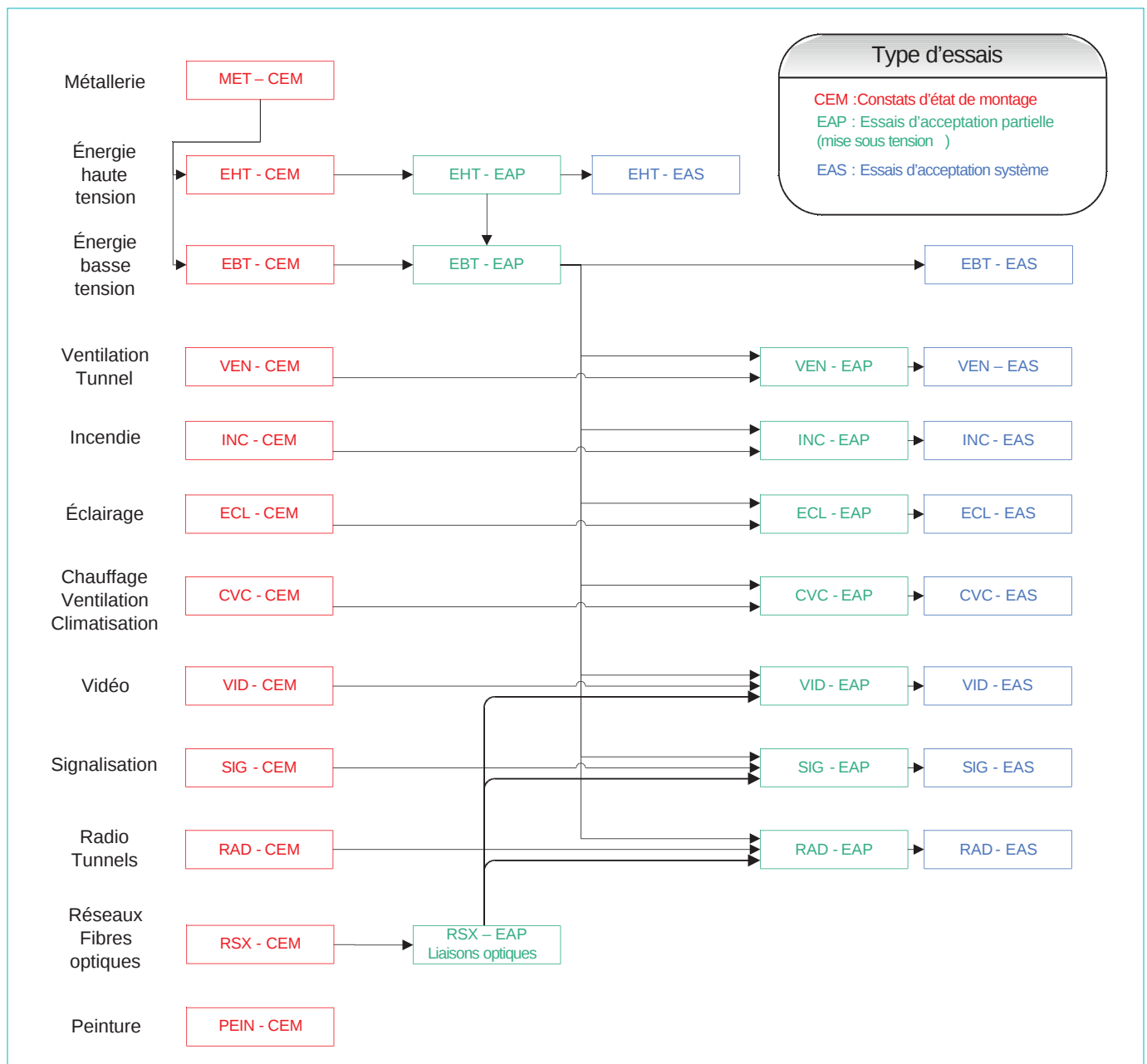


Figure 3 : Exemple d'ordonnancement des différentes phases d'essais (hors GTC).

Tunnels de Violy Bussière et Chalosset (A89 est – Balbigny – La Tour de Salvagny). Auteur : CEGELEC Mobility

Les **essais dynamiques** ne concernent que les tunnels de transports guidés urbains. Ils consistent à faire rouler sur l'infrastructure le matériel roulant. Ces essais sont eux-mêmes progressifs. Ils débutent par une circulation à vitesse réduite, qui augmente progressivement jusqu'à la vitesse d'exploitation et même au-delà pour vérifier le comportement des systèmes dans toutes les circonstances.

La circulation en mode dégradé est également testée (arrêt d'exploitation et redémarrage, perte d'équipements, secours d'une rame en panne, services partiels dans le cas de lignes de métro...).

Les essais dynamiques n'entrent pas dans le champ de ce document, ils n'y seront pas développés.



3.2.4.3 Exhaustivité des essais : le pilier de la démonstration de sécurité

À la progressivité des essais doit s'ajouter une exhaustivité absolue, du fait des enjeux de sécurité des personnes que représente la vérification de la conformité au cahier des charges, en particulier vis-à-vis des objectifs de sécurité qui ont guidé la conception des ouvrages.

Cette exhaustivité recouvre de nombreuses formes :

- vérification de tous les équipements et toutes leurs fonctions : par exemple, pour la DAI, toutes les fonctions de détection sont testées sur toutes les caméras ; pour les capteurs de pollution, tous les capteurs sont contrôlés à l'aide de gaz titrés ; pour le réseau incendie, chaque poteau fait l'objet de mesures de débit et de pression, etc. ;
- vérification de tous les modes de fonctionnement des équipements et des systèmes : par exemple, la ventilation devra être testée en mode sanitaire et en mode désenfumage, et s'il existe plusieurs modes de désenfumage (par exemple « trafic bloqué » ou « trafic fluide ») ou plusieurs scénarios dépendant de la position de l'incendie (exemple du désenfumage transversal par cantons d'extraction glissants), tous doivent être testés ;
- vérification de tous les modes de commandes : l'activation des équipements et des systèmes doit être testée aussi bien en mode manuel local, qu'en mode manuel distant ou en mode automatique ; ces tests doivent aussi contrôler la conformité des ordres de priorité des modes les uns par rapport aux autres ;

- vérification de toutes les conditions de fonctionnement : par exemple, efficacité de la DAI selon le mode d'éclairage en tunnel, performances de la ventilation selon les conditions atmosphériques, etc. ;
- vérification de tous les modes de secours : des défauts doivent être simulés afin de tester tous les modes secourus ; la simulation des défauts servira également à tester, le cas échéant, les basculements automatiques sur les modes secourus ;
- vérification de tous les modes dégradés : les essais doivent vérifier que l'installation est capable de continuer à fonctionner en mode dégradé (par exemple que les ventilateurs de désenfumage d'un système transversal continuent à tourner sans dommage sur leur courbe de fonctionnement, malgré un nombre de trappes d'extraction ouvertes réduit) et que les performances correspondent à celles attendues, sans engager les conditions minimales d'exploitation.

3.2.5 Documentation à produire

Des cahiers de recettes doivent être établis avant le début des essais, pour chaque système. Ils décrivent intégralement la procédure d'essai du système concerné en précisant :

- les tâches du fabricant, de l'installateur ou de l'intégrateur ;
- la liste des documents à communiquer ;
- la liste de tous les tests pratiqués ;
- l'ordre des tests et le calendrier ;
- les critères d'acceptation du produit ou du système.

Les cahiers de recettes sont visés par le maître d'œuvre.

3.3 OBJECTIFS ET CONTENU TYPE DES DIFFÉRENTS ESSAIS

Les différents essais à conduire sont listés dans un ordre chronologique (cf. 3.2). Leur contenu type est précisé ainsi que leurs objectifs propres, leur localisation et les acteurs impliqués.

3.3.1 Essais de qualification

3.3.1.1 Objectifs

Il s'agit de contrôle-qualité au sens large (respect de la qualité et des performances, éventuellement des fonctionnalités, au niveau d'un équipement, voire d'un composant)

Ces essais sont de la responsabilité du fabricant du matériel, en tant que fournisseur de l'entrepreneur. Ces essais s'appliquent au niveau du composant ou de l'équipement. Ils sont réalisés par le fabricant lui-même ou par des organismes tiers.

Les clauses du marché doivent indiquer que l'entrepreneur du marché est tenu de fournir les procès-verbaux d'essais de certification attestant de la conformité des matériels aux normes ou aux prescriptions particulières indiquées dans les cahiers des charges. Un exemple est le cas des portes coupe-feu des tunnels routiers qui doivent répondre aux exigences de l'instruction technique et dont la conformité à ce texte est apportée par la fourniture d'un procès-verbal d'essai.

Lors de cette phase, l'entrepreneur doit s'assurer que tous les matériaux répondent aux prescriptions du contrat, et plus généralement qu'ils conviennent à l'usage auxquels ils sont destinés.

Les documents produits à l'issue de cette phase sont des procès-verbaux d'essais, des certifications, des déclarations de conformité (conformité CE notamment), etc. La liste des documents à fournir au maître d'œuvre doit figurer dans le contrat.

3.3.1.2 Contenu type

À titre d'illustration, le contenu-type des essais de qualification est donné pour les systèmes Éclairage et Ventilation.

3.3.1.3 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
non	non	non	non	option	oui

3.3.1.4 Localisation

Les essais de qualification sont conduits sur les chaînes de fabrication de série ou dans les ateliers de fabrication et d'assemblage.

Exemple de contenu-type des essais de qualification pour le système éclairage :

- contrôles photométriques (flux unitaire des sources lumineuses) ;
- contrôle de l'appareillage ;
- contrôle des matériaux (caissons, supports...) ;
- contrôle des dispositifs anti-corrosion éventuels (épaisseurs).

Exemple de contenu-type des essais de qualification pour le système ventilation :

- contrôle moteur ;
- contrôle des matériaux (virole, pâles...) ;
- contrôle des dispositifs anti-corrosion éventuels (épaisseurs).

3.3.2 Essais spécifiques en usine

3.3.2.1 Objectifs

Les essais spécifiques en usine sont indispensables, car ils permettent de réduire la durée d'essai sur site. Des exigences concernant les essais à réaliser préalablement à l'installation des matériels doivent donc être imposées aux différents fournisseurs de systèmes.

Il s'agit souvent d'essais par échantillonnage, par exemple sur un équipement « premier de série ». Ces essais s'appliquent au niveau de l'équipement, voire du système.

Dans certains cas, les essais en usine permettent de réaliser des tests qui ne seraient pas raisonnablement faisables sur site, car nécessitant des matériels d'essais ou des conditions d'essais très spécifiques : mesure de la poussée d'un accélérateur sur banc, mesures acoustiques des ventilateurs en champ libre...

On peut également rattacher aux essais en usine les essais réalisés dans des laboratoires spécialisés, tels que les organismes agréés pour les tests de tenue à la chaleur. Ces essais doivent être réalisés selon des procédures établies très strictes, nécessitant notamment un four et des appareils métrologiques qui doivent être parfaitement calibrés et contrôlés.



3.3.2.2 Contenu type

À titre d'illustration, le contenu-type des essais spécifiques en usine est donné pour les systèmes Éclairage et Ventilation.

Exemple de contenu-type des essais spécifiques en usine pour le système éclairage, sur échantillon ou premier de série :

- contrôle des PV d'essais de qualification ;
- contrôle des indices IP (pénétration corps solides et étanchéité) et IK (tenue aux chocs) ;
- contrôle des câblages internes ;
- contrôles fonctionnels ;
- contrôle de la répartition photométrique.

Exemple de contenu-type des essais de qualification pour le système ventilation, sur échantillon :

- contrôle des PV d'essais spécifiques en usine ;
- contrôle poussée / débit / pression / puissance électrique ;
- niveaux sonores ;
- contrôles dimensionnels.

3.3.2.3 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
option	option	oui	option	oui	oui

La présence du maître d'œuvre lors des essais en usine est requise. À cette occasion, il examinera l'organisation des chaînes de production des matériels et les dispositions prises en matière de contrôle de la qualité. Lors des essais des matériels, il contrôlera que les tests et les mesures de performances sont réalisés conformément aux spécifications du marché et à la procédure d'essais établie au préalable par l'entrepreneur, et que les performances attendues sont atteintes. Les enjeux sont forts, tant en termes financiers que de délais, car une fois que le premier de série a été validé lors des essais en usine, la production de la série complète est lancée, et du fait des délais d'approvisionnement de certains éléments, il peut s'écouler plusieurs mois entre le début de la fabrication et la livraison sur site. Tout éventuel défaut ou non-respect des exigences du marché doit donc être détecté au plus tôt, par le maître d'œuvre.

3.3.2.4 Localisation

Les essais spécifiques en usine sont réalisés dans les ateliers de fabrication et d'assemblage, en usine, et dans des laboratoires de contrôle agréés.

3.3.3 Essais spécifiques sur plate-forme

3.3.3.1 Objectifs

Les essais réalisés sur plate-forme concernent les tests de validation des outils logiciels développés sur mesure. Ils permettent de vérifier que la livraison correspondra à la commande.

Ces essais concernent le niveau système, notamment la radio, la DAI, la GTC et la supervision. Ils sont indispensables pour éviter une dérive des délais sur site, qui peut avoir des conséquences lourdes sur l'installation et l'intégration des autres systèmes.

Les documents à produire durant cette phase sont les cahiers de recettes contenant les procédures d'essai, qui doivent être visés par le maître d'œuvre au préalable puis, à l'issue des essais, les procès-verbaux des tests et les cahiers de recettes complétés. À l'issue de la recette plate-forme, le développeur de l'outil logiciel, l'installateur et le maître d'œuvre signent un procès-verbal de fin de recette plate-forme, qui déclenche le déploiement de l'outil logiciel sur site.

3.3.3.2 Contenu type

À titre d'illustration, le contenu-type des essais spécifiques sur plate-forme est donné pour le système Vidéo / DAI.

Exemple de contenu-type des essais sur plate-forme pour le système Vidéo / DAI :

Les tests sont réalisés sur une maquette composée des éléments-clés du système (1 caméra fixe, 1 dôme mobile, 1 analyseur/enregistreur DAI, 1 enregistreur numérique de flux, 1 serveur avec IHM, 1 rack pour encodeurs vidéo, 1 encodeur vidéo, 1 PC de décompression et son moniteur, 1 pupitre de commande...)

- *test des encodeurs vidéo :*
 - *paramétrage de l'encodeur vidéo,*
 - *ajout de l'encodeur dans le système ;*
- *test de configuration d'une caméra depuis l'IHM ;*
- *test de la détection automatique d'incident :*
 - *test de la remontée d'alarme lorsqu'un incident DAI intervient,*
 - *test de création d'une séquence suite à une alarme DAI,*
 - *test d'inhibition d'un détecteur,*
 - *test d'inhibition / désinhibition d'une voie DAI,*
 - *test d'inhibition d'une caméra DAI,*
 - *test d'inversion d'une voie DAI ;*
- *tests d'enregistrement vidéo :*
 - *test d'enregistrement manuel d'une séquence,*
 - *test de lecture des séquences enregistrées,*
 - *test d'extraction d'une séquence d'un enregistrement permanent,*
 - *test d'export d'une séquence,*
 - *test de purge des enregistrements et des séquences ;*
- *tests d'affichage et pilotage des caméras :*
 - *test de visualisation des imagerie des caméras sur l'IHM,*
 - *test d'affichage du flux vidéo d'une caméra sur l'IHM,*
 - *test de commutation d'un flux vidéo d'une caméra sur un moniteur du mur d'images,*
 - *test de libération d'un moniteur,*
 - *test de paramétrage d'un cyclique,*
 - *test d'affectation d'un cyclique sur un moniteur du mur d'images,*
 - *test de pilotage des caméras mobiles,*
 - *test de définition d'une préposition des caméras mobiles ;*
- *tests des fonctions de sécurisation et de contrôle du système :*
 - *test de la gestion des états et défauts techniques,*
 - *test de la surveillance des processus et des états,*
 - *test de la sauvegarde du système,*
 - *test de la synchronisation horaire.*

3.3.3.3 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant/ Développeur
option	option	oui	option	oui	oui

Au même titre que pour les essais en usine, la présence du maître d'œuvre lors des essais sur plate-forme est requise, afin que le maximum de spécifications des systèmes puisse être validé le plus en amont possible. Ainsi, le développement et

les tests des systèmes logiciels – et leurs éventuels correctifs – peuvent être effectués en temps masqué, parallèlement à l'avancement global des travaux. À l'inverse, des contrôles réalisés par le maître d'œuvre à l'approche de la fin des travaux peuvent induire des délais de reprise ayant pour conséquence un allongement significatif du délai total des travaux.

3.3.3.4 Localisation

Les essais spécifiques sur plate-forme sont généralement réalisés dans les locaux du développeur de l'outil logiciel.

3.3.4 Essais spécifiques sur site - Essais statiques

3.3.4.1 Objectifs

Les essais statiques des équipements marquent le début des essais sur site, et donc une transformation des zones de travaux en zones d'essais.

Les **essais statiques** sont des essais unitaires d'équipements réalisés après raccordement de l'ensemble des câbles

d'alimentation électrique et de contrôle-commande, mais hors-tension. Ils permettent notamment de contrôler la nature de l'équipement, son implantation, son montage, son aspect extérieur (absence de dégradation par exemple), son raccordement et ses protections physiques et électriques, par rapport à l'ensemble des documents et plans visés.

Les résultats des essais statiques sont consignés dans les constats d'état de montage (CEM).

L'achèvement de cette phase permet le passage aux essais fonctionnels.



3.3.4.2 Contenu type

À titre d'illustration, le contenu-type des essais statiques est donné pour les systèmes Éclairage et Ventilation.

Pour le circuit d'éclairage du tunnel les essais statiques consistent à :

- vérifier les certificats de fabrication et la réalisation de l'ensemble des contrôles en usine ;
- contrôler le dispositif de supportage (chemin de câbles et pendarts) du point de vue de la tenue mécanique ;
- contrôle du dispositif de fixation des luminaires ;
- contrôler unitairement l'implantation des luminaires (types, puissance, orientation, position...)
- contrôler ponctuellement les cheminements pour câbles et leur mise à la terre ;
- contrôler le raccordement des boîtes de dérivation ;
- vérifier les essais de continuité et d'isolement des câbles amont ;
- contrôler la fixation des boîtes de dérivation normales / feu ;
- contrôler la bonne identification des luminaires (étiquetage, sens de la circulation...)
- vérifier ponctuellement les valeurs des protections électriques dans les boîtes ;
- validation la conformité du montage avec les plans BPE ;
- vérifier les câblages de puissance (étiquetage, section, type...)
- vérifier les câblages de commande (étiquetage, section, type...).

Pour le système de ventilation du tunnel, et si l'on se limite aux seuls accélérateurs, les essais statiques consistent à :

- vérifier la levée des réserves issues des essais en usine ;
- vérifier la réalisation des auto-contrôles par l'entreprise installatrice ;
- vérifier la plaque signalétique, l'état de la virole, la présence des déflecteurs, le nettoyage de l'intérieur de la machine ;
- vérifier le montage, la hauteur sous équipement et le dispositif de retenue ultime ;
- contrôler les couples de serrage ;
- vérifier les essais de continuité et d'isolement des câbles amont ;
- contrôler la conformité du raccordement selon les dispositions prévues dans le carnet de câbles ;
- valider la conformité du montage avec les plans d'exécution (position, cotes...)
- vérifier les câblages de puissance (étiquetage, section, type...)
- vérifier les câblages de commande (étiquetage, section, type...)
- vérifier les mises à la terre.

3.3.4.3 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
non	option	oui	non	oui	option



3.3.3.4 Localisation

Les essais statiques sont réalisés en tunnel, dans les locaux techniques, dans l'ensemble des ouvrages annexes dotés d'équipements, et sur les voies d'accès au tunnel.

3.3.5 Essais spécifiques sur site - Essais d'Acceptation Partielle

3.3.5.1 Objectifs

Les **essais d'acceptation partielle (EAP)** suivent les essais statiques, si ces derniers se sont révélés concluants.

Ces essais s'appliquent au niveau de l'équipement ou du groupe d'équipements. Ils concernent des équipements unitaires ou ensembles d'équipements ayant un fonctionnement autonome certain. Ils sont réalisés sous tension et permettent de réaliser un premier test de fonctionnement et de performance. Il s'agit

d'essais fonctionnels. Ils doivent permettre de vérifier et valider les entrées / sorties et interfaces avec le contrôle-commande, le pré réglage des paramètres de fonctionnement, le démarrage et le fonctionnement unitaire, la vérification des sécurités et les performances unitaires des appareils. Tous les cas de fonctionnement possibles sont testés.

Des constats d'acceptation partielle (CAP) sont établis à l'issue des EAP, pour chaque équipement ou groupe d'équipements.

3.3.5.2 Contenu type

À titre d'illustration, le contenu-type des EAP est donné pour les systèmes Éclairage et Ventilation.

En reprenant l'exemple du circuit d'éclairage, les essais d'acceptation partielle consistent à :

- vérifier la levée des réserves issues des essais statiques ;
- valider l'allumage et la position des luminaires par circuits ;
- valider le fonctionnement unitaire de la commande de variation pour les circuits qui en sont équipés ;
- vérifier le câblage des entrées / sorties GTC).

Pour le système Ventilation, en se limitant aux seuls accélérateurs, les essais d'acceptation partielle consistent à :

- vérifier la levée des réserves issues des essais statiques ;
- effectuer la mise en route et les essais de fonctionnement en sens direct et en sens inverse ;
- vérifier le sens de rotation, l'absence de vibrations et la remontée correcte au niveau des borniers d'interface des capteurs associés.

3.3.5.3 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
non	option	oui	non	oui	option

3.3.5.4 Localisation

Les essais d'acceptation partielle sont réalisés en tunnel, dans les locaux techniques, dans l'ensemble des ouvrages annexes dotés d'équipements, et sur les voies d'accès au tunnel.



3.3.6 Essais spécifiques sur site - Essais d'Acceptation Système

3.3.6.1 Objectifs

Les essais d'acceptation système (EAS) s'appliquent au niveau de chaque système formé par un ensemble d'équipements.

L'objectif est, pour chacun des systèmes, de réaliser la mise en service dans les différents modes d'exploitation, de vérifier que le mode de fonctionnement est conforme à l'analyse fonctionnelle, de vérifier l'intégration de chaque système avec le contrôle-commande. Il s'agit d'essais fonctionnels. Tous les cas de fonctionnement possibles sont testés.

Pour des raisons d'articulation, une première phase d'EAS mettra en oeuvre le contrôle-commande local des équipements (frontaux ou GTC), une seconde phase permettra de réaliser les essais avec la supervision.

Les EAS ont pour objectif de vérifier que le fonctionnement de chaque système est conforme aux performances attendues pour tous les modes d'exploitation prévus.

Des constats d'acceptation système (CAS) sont établis pour chaque système. La réalisation de l'ensemble des EAS est nécessaire au passage à la phase d'Essais d'Acceptation Globale.

3.3.6.2 Tests de non-régression

Au fil des tests et des anomalies détectées, les outils-logiciels sont corrigés, ce qui implique des tests de non-régression, pour s'assurer que des défauts n'ont pas été introduits dans des parties non modifiées du logiciel. Ils viennent aussi compléter les tests unitaires et les tests d'intégration effectués en amont des EAG. Ces tests sont souvent fastidieux, car ils doivent être les plus exhaustifs possibles.

3.3.6.3 Contenu type

À titre d'illustration, le contenu-type des EAS est donné pour les systèmes Éclairage et Ventilation.

Pour le circuit d'éclairage en tunnel, les essais d'acceptation système consistent à :

- vérifier la levée des réserves issues de l'EAP ;
- valider le fonctionnement, les commandes unitaires et la remontée d'état depuis la GTC de la totalité des équipements composant le système ;
- contrôler le fonctionnement de l'ensemble du système avec la GTC ;
- valider le fonctionnement en modes automatique, manuel distant et manuel local ;
- mesurer et contrôler les performances de l'éclairage en tunnel (luminance et éclairement) ;
- valider le fonctionnement et le pilotage depuis la Supervision.

Pour le système Ventilation, en se limitant aux seuls accélérateurs, les essais d'acceptation système consistent à :

- vérifier la levée des réserves issues de l'EAP ;
- valider le fonctionnement des commandes unitaires et de la remontée d'état depuis la GTC de chaque équipement composant le système ;
- réaliser les essais de fonctionnement de l'ensemble du système avec la GTC ;
- déterminer, par des mesures de vitesses d'air en tunnel, les coefficients de correction à appliquer aux anémomètres ;
- valider les performances globales du système (vitesses d'air en tunnel, contrôle de courant d'air, extraction, modes incendie, modes pompier...) ;
- valider le fonctionnement automatique, manuel, dégradé ;
- contrôler la conformité de fonctionnement vis-à-vis de l'analyse fonctionnelle détaillée associée au système ;
- valider la communication avec le frontal GTC ;
- valider le fonctionnement et le pilotage depuis les écrans de supervision.

3.3.6.4 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
non	oui	oui	non	oui	option

La présence de l'exploitant pour les essais système est requise, selon la démarche visant à l'associer aux différentes étapes du projet, depuis la conception jusqu'à la mise en service de l'ouvrage (cf. 3.1.3 et 4.2 en particulier).



3.3.7 Essais spécifiques sur site - Essais d'acceptation globale

3.3.7.1 Objectifs

Les essais d'acceptation globale sont des essais fonctionnels d'ensemble qui permettent de vérifier la bonne intégration de tous les systèmes à la GTC. Ils sont ainsi parfois qualifiés de tests ou d'essais d'intégration. Les vérifications portent sur les liens inter-systèmes. Tous les cas de fonctionnement possibles sont testés.

Ces essais doivent être absolument exhaustifs. Ils ont pour objectif, sous réserve de tests éventuels de non-régression à mener, de démontrer le bon fonctionnement global des différents systèmes sur le plan des performances, de l'exploitation et de la conformité à la réglementation.

L'objet des EAG est, pour l'ouvrage considéré comme un ensemble, de vérifier la synchronisation des systèmes qui doivent fonctionner ensemble, de vérifier l'indépendance des systèmes (pas de perturbation dans le fonctionnement d'un système par rapport à un autre), de démontrer les objectifs de performances globaux, de poursuivre la formation du personnel et de valider les documents d'exploitation.

À l'issue de cette phase sont produits des certificats d'essais d'acceptation globale. Ils ne constituent en aucun cas des certificats de réception des travaux ou des procès-verbaux de réception des travaux, qui seront établis ultérieurement lors des OPR.

3.3.6.5 Localisation

Les EAS sont le plus généralement réalisés depuis un PC de supervision, avec présence locale auprès des équipements.

3.3.7.2 Contenu type

Les EAG consistent à tester des fonctions et des événements tels qu'actions réflexes, vérification des conditions normales d'exploitation, gestion d'événements, situations dégradées, vérification des CME (conditions minimales d'exploitation).

Les EAG consistent également à tester les réactions des systèmes en cas de défaillance : par exemple, défaillance d'un ou plusieurs systèmes, perte d'une livraison ENEDIS, perte du réseau de terrain, perte du réseau de transport.

Les EAG doivent enfin permettre de valider le bon fonctionnement de l'ensemble des scénarios d'exploitation, dans de nombreuses configurations : scénario incendie, scénario de fermeture programmée, scénario de fermeture d'urgence...

Les EAG reposent en grande partie sur le lancement de scénarios – ou séquences –, sur l'observation de la bonne exécution des actions attendues et sur le contrôle des retours d'état.

3.3.7.3 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
option	oui	oui	option	oui	option

3.3.7.4 Localisation

Les EAG sont le plus généralement réalisés depuis un PC de supervision, avec présence locale auprès des équipements.

3.4 MARCHE À BLANC – EXERCICES DE PRÉ-EXPLOITATION



Figure 4 : Ordonnancement type simplifié pour le scénario avec marche à blanc positionnée après réception de l'ouvrage.

3.4.1 Objectifs

La marche à blanc, également désignée pré-exploitation, peut varier sensiblement d'un projet à l'autre et est en tout état de cause très liée au mode de transport.

Il existe en effet une différence fondamentale entre la marche à blanc pour les tunnels routiers, durant laquelle il n'y a pas de véhicules qui circulent dans le tunnel – excepté le passage ponctuel de véhicules de service –, et la marche à blanc des tunnels de transports guidés urbains, durant laquelle le matériel roulant circule dans des conditions identiques à la future exploitation commerciale, à la seule exception qu'il n'y a pas de passagers transportés.

Dans les tunnels routiers, la marche à blanc consiste donc essentiellement en une prise en main de l'ouvrage par l'exploitant, qui utilise cette phase pour parfaire sa connaissance de l'ouvrage et de son fonctionnement. Durant cette période, il rode ses procédures d'intervention courante ou exceptionnelle sur incident (fermeture de l'ouvrage par exemple).

La marche à blanc peut en outre révéler d'éventuels défauts de fonctionnement non décelés durant les essais, même si ce n'est pas son rôle. La marche à blanc ne doit en effet démarrer que lorsque les équipements sont dans leur état nominal de fonctionnement.

Dans tous les cas, la marche à blanc précède la mise en service.

Une durée d'un mois de marche à blanc est le minimum absolu pour un projet de tunnel routier neuf courant. Une durée de deux à trois mois est préférable car, comme le montre la figure 5, cette phase doit intégrer les formations du personnel exploitant, les exercices de pré-exploitation ou encore l'exercice de sécurité, ainsi que les travaux de levée de réserves et les essais et contrôles faisant suite à ces travaux, et éventuellement l'IDI (obligatoire uniquement pour les tunnels du réseau routier national non concédé – cf. 2.1.1.2). La marche à blanc est donc une phase de l'opération générale qui nécessite en elle-même un travail d'ordonnancement précis, effectué en lien avec tous les acteurs concernés, afin de trouver l'organisation optimale du point de vue de la répartition horaire et géographique des équipes.

3.4.2 Positionnement dans le temps de la marche à blanc

Le choix du positionnement de la marche à blanc est délicat, car cette phase constitue la véritable charnière entre les travaux et l'exploitation.

Scénario 1 : la marche à blanc est positionnée avant la réception de l'ouvrage. La marche à blanc est alors rattachée aux travaux et constitue la phase ultime de test permettant de détecter les défauts encore présents et de les corriger. Un tel positionnement permet d'éviter de prononcer la réception d'un ouvrage non en état d'être réceptionné. Il n'est toutefois pas sans inconvénients. En effet, une marche à blanc antérieure à la réception est par définition incluse dans le délai d'exécution du marché et il y a alors le risque que l'exploitant reçoive, au moment de la mise à disposition pour la marche à blanc (cf. 4.4), un ouvrage ni entièrement terminé ni fonctionnel, l'entrepreneur ayant amputé le temps dédié à la marche à blanc pour réaliser les derniers travaux ou tests et des corrections de défauts. Or de telles conditions ne permettent pas une prise en main correcte de l'ouvrage par l'exploitant.

Scénario 2, **recommandé** : la marche à blanc est positionnée après la réception de l'ouvrage. La marche à blanc est alors postérieure au délai d'exécution des travaux, préserve le délai nécessaire à cette phase avant la mise en service, mais impose de réaliser la réception au préalable, et par corollaire d'anticiper contractuellement les interventions de réglage et réparation par l'entrepreneur du marché dont les équipements sont déjà réceptionnés. L'enchaînement des phases selon ce scénario est donné de façon simplifiée sur la figure 4 ci-dessous, et de façon détaillée à la figure 5 au paragraphe 3.7.3.

Le deuxième scénario est systématique pour les équipements de transports guidés urbains en raison de l'importance et de la complexité des opérations et des procédures administratives à conduire avant mise en service de l'ensemble des ouvrages. S'agissant des tunnels routiers, il est préconisé de procéder ainsi pour éviter les déboires précités.

Les cas des dysfonctionnements constatés lors de la marche à blanc sont traités par application des dispositions prévues à l'article 41.4 du CCAG Travaux qui prévoit la possibilité d'effectuer des « épreuves » après la réception et, en cas de défaut, de « rapporter » celle-ci, c'est-à-dire l'annuler.

Dans le cas des ouvrages en exploitation, l'ouvrage est mis à disposition au fur et à mesure de l'avancement des travaux (cf 4.4) et de fait, dans ce cas, la marche à blanc s'effectue sous exploitation (cf. 3.7.4).



3.4.3 Contenu type

L'ensemble des agents du service d'exploitation appelés à jouer un rôle dans l'exploitation de l'ouvrage sont concernés par la marche à blanc.

Tous les métiers de l'exploitation sont ainsi concernés : les agents chargés de la surveillance du tunnel depuis le poste de contrôle-commande, les patrouilleurs, les agents chargés de l'entretien, de la maintenance et de la réparation des équipements, le personnel d'encadrement de ces agents, et tous les cadres du service d'exploitation susceptibles d'assurer des astreintes et d'être sollicités en cas d'événement.

À chacun de ces niveaux, la première étape de la marche à blanc est une prise de connaissance de l'ouvrage, qui se poursuit par l'apprentissage des tâches à exercer, aussi bien en exploitation courante qu'en cas d'événement.

À chacune de ces étapes, et pour chacun des métiers, la prise en main doit reposer sur des formations théoriques, des visites de terrain et des exercices. L'entrepreneur est largement sollicité pour donner les formations concernant le fonctionnement technique des équipements.

Une fois ces étapes franchies, des exercices de pré-exploitation doivent être organisés. La démarche doit être organisée. Il faut d'abord définir la liste des exercices à réaliser, puis leur contenu précis (scénario des objectifs poursuivis), les

pré-requis en termes de disponibilité des ouvrages et équipements et le temps nécessaire estimé pour l'exercice. Une fiche descriptive complète est établie pour chaque exercice. Un exemple est donné en Annexe (exercice construit autour de l'événement « véhicule arrêté en tunnel »). Les fiches peuvent être élaborées par le maître d'œuvre, si cela est inclus dans sa mission, ou par un bureau d'étude extérieur missionné par le maître d'ouvrage. Elles sont complétées par l'exploitant en ce qui concerne les moyens matériels et humains mobilisés, ainsi que le déroulement chronologique de l'essai, étape par étape.

Le service chargé de l'exploitation du tunnel n'est pas le seul concerné par la marche à blanc. Des actions de formation et de prise en main du fonctionnement de l'ouvrage doivent être réalisées par les autres services appelés à intervenir dans l'ouvrage, en particulier les pompiers et les forces de l'ordre.

C'est généralement durant la marche à blanc qu'est organisé l'exercice de sécurité, qui associe l'exploitant du tunnel et tous les services appelés à intervenir en cas d'événement grave dans l'ouvrage.

3.4.4 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
oui	oui	oui	option	oui	option



3.5 VÉRIFICATION DE SERVICE RÉGULIER (VSR)

3.5.1 Objectifs

La vérification de service régulier (VSR) a pour objet de constater que les équipements et les systèmes installés sont capables d'assurer un service régulier dans les conditions normales d'exploitation du tunnel (prévues dans les documents particuliers du marché). Le début de la VSR est déclenché par la mise en service de l'ouvrage. L'exécution de la VSR constitue donc une période de test d'épreuve (au sens de l'article 41.4 du CCAG Travaux), comme l'est aussi la marche à blanc.

En général, une durée de six mois est recommandée pour la VSR des équipements de tunnel. Elle peut s'envisager par une première période de trois mois, renouvelable par période d'un mois si les tests ne sont pas satisfaisants.

Le bon fonctionnement du système est défini comme étant le fonctionnement conforme aux dispositions du CCTP et aux études d'exécution. Toute anomalie par rapport à ce fonctionnement est considérée comme une indisponibilité et donne lieu à intervention de l'entrepreneur.

L'entrepreneur est tenu d'organiser une astreinte afin d'être capable d'intervenir, durant la VSR, sur simple appel de l'exploitant ou du maître d'œuvre. Si la demande d'intervention est émise par l'exploitant, alors il devra en informer le maître d'œuvre, obligation qui devra être indiquée dans les pièces du marché.

3.5.2 Contenu type

Les pièces du marché de travaux définissent le contenu-type de la VSR au titre de laquelle l'entrepreneur est tenu :

- d'assister l'exploitant – et notamment les opérateurs chargés de la surveillance du tunnel – pour la prise en main des systèmes, via par exemple une assistance téléphonique permanente (24 h / 24) ou modulée selon l'heure (jour ou nuit) et le jour (jours ouvrés ou non ouvrés) avec un niveau d'exigence qui pourra décroître au fil du temps ;
- d'observer et analyser de façon continue le fonctionnement des systèmes et les performances atteintes et procéder à tous les réglages nécessaires tant que les performances prescrites au marché⁴ ne sont pas atteintes de façon stabilisée, ce qui est typiquement le cas pour la détection automatique d'incident (DAI) par analyse vidéo ;
- d'exécuter en temps utile et à ses frais, tous les travaux nécessaires pour assurer le fonctionnement correct des installations⁵, sans les facturer ni utiliser le stock de pièces livrées dans le cadre du lot de maintenance, ou alors moyennant conditions. Les prestations comprennent notamment son intervention sur le terrain sur appel de l'exploitant, le remplacement sur le site des matériels, produits et composants défectueux ainsi que l'ensemble des essais et contrôles à réaliser pour vérifier la bonne correction du défaut, y compris les essais sur les équipements et les systèmes n'ayant pas fait directement l'objet de l'intervention, si cela est nécessaire. En particulier, des tests de non régression doivent être réalisés après toute modification ou mise à jour logicielle. Les délais d'intervention et de réparation sont fixés au marché ;
- d'assister les titulaires de tout marché en interface avec le marché dont il est titulaire.



4. Les performances sont jugées au regard des exigences fixées au marché en termes de fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité (FMDS), le marché pouvant prévoir, pour certains systèmes, que le niveau d'exigence se durcisse successivement entre le début de la marche à blanc, la mise en service et la fin de la VSR.

5. Il conviendra systématiquement d'analyser la cause de tout mauvais fonctionnement, afin d'attribuer sa correction à la VSR ou à la mise en œuvre de la garantie de bon fonctionnement.

Les délais fixant le cadre d'intervention de l'entrepreneur au titre de la VSR sont choisis en associant le futur exploitant. Ils sont adaptés à chaque projet particulier, en prenant notamment en compte le niveau de service attendu de l'infrastructure. Les interventions peuvent avoir lieu sur site (tunnel ou poste de contrôle-commande) ou à distance (intervention logicielle).

Les interventions de l'entrepreneur au titre de la VSR donnent lieu à l'établissement d'un procès-verbal d'intervention établi contradictoirement et mentionnant :

- la date, l'heure et la durée de l'intervention ;
- le nom et la qualité du personnel de l'entreprise ayant effectué cette opération ;
- la nature de la panne ou de l'incident ;
- les opérations réalisées (en détail) ;
- les pièces et/ou composants changés (y compris la désignation de leur nomenclature, leur numéro de série et d'identification, ainsi que leur fonction dans l'ensemble concerné) ;
- le constat de fonctionnement après l'intervention.

Vérification de service régulier

Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux

La vérification de service régulier (VSR) a pour objectif de permettre le bon fonctionnement des équipements et des systèmes en conditions réelles d'exploitation après la mise sous trafic. Elle doit permettre de constater que les prestations fournies sont capables d'assurer un service régulier dans les conditions normales d'exploitation du tunnel.

Cette phase comprend l'ensemble des essais valant « épreuves » au sens de l'article 41.4 du CCAG Travaux.

La durée de la période de VSR de tous les systèmes est fixée à (3) trois mois renouvelable par période de 1 (un) mois. Elle est déclenchée par la validation de la période de marche à blanc.

3.5.3 Acteurs

MOA	Exploitant	MOE	Bureau Contrôle	Entrepreneur	Fabricant
non	oui	oui	non	oui	option

3.6 INSPECTION DÉTAILLÉE INITIALE

L'inspection détaillée initiale des équipements est obligatoire uniquement pour les tunnels du réseau routier national non concédé (cf. 2.1.1.2).

L'IDI s'inscrit dans une démarche de gestion de patrimoine et vise à établir un point de référence de l'état et des performances de tous les équipements du tunnel.

Comme l'indique le *Guide d'application de l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art - Fascicule 40 : tunnels, génie civil et équipements* [11], l'IDI est un état zéro qui servira de référence durant toute la vie de l'ouvrage.

Les contrôles de bonne conception de l'ouvrage et des installations ont dû être effectués dans le cadre des exigences réglementaires. Toutefois, dans une ultime démarche, l'IDI doit permettre de vérifier qu'il ne subsiste pas certaines dispositions inadaptées ou contraires aux règles de sécurité, soit en termes de conception, soit par le fait d'un mode d'installation inadapté. Les tâches à réaliser lors d'une IDI sont le contrôle de la certification de la qualité des matériaux et matériels, des mesures des performances des installations, des essais fonctionnels, ainsi que l'exécution

de séquences particulières de sécurité (par exemple séquence d'accident de la circulation avec fermeture du tunnel sur activation de l'opérateur). Il s'agit à la fois d'une analyse de documents et d'un travail sur le terrain, où les tests sont réalisés par échantillonnage.

La durée d'une IDI Équipements est liée à la longueur de l'ouvrage et à son niveau d'équipements. La partie terrain d'une IDI⁶ peut difficilement être inférieure à 3 jours – ou 3 nuits – pour les tunnels les plus simples ; elle peut durer jusqu'à deux semaines pour les tunnels les plus longs et dotés de nombreux équipements.

Il est conseillé de réaliser l'IDI à la fin de la VSR, lorsque tous les défauts de jeunesse de l'ouvrage ont été corrigés et que tous les réglages des systèmes – notamment la DAI – ont été effectués, afin d'éviter que l'inspection ne se solde par des conclusions très négatives, du fait de la présence de trop nombreux dysfonctionnements. On gardera toujours à l'esprit que l'IDI Équipements ne constitue ni une seconde vérification de la bonne exécution des travaux – vérification qui incombe au maître d'œuvre – ni un visa attestant de l'aptitude de l'ouvrage à être mis en service.

6. Rappelons que l'intervention sur le terrain n'est qu'une partie de l'IDI, qui comprend aussi un important travail sur dossier.

3.7 ORDONNANCEMENT GÉNÉRAL DE PRINCIPE

3.7.1 Principes à suivre pour l'élaboration d'un ordonnancement de projet

Face au nombre de tâches à réaliser, au nombre d'intervenants concernés et aux multiples interactions techniques et organisationnelles présentes, il est essentiel que le maître d'ouvrage, aidé par son maître d'œuvre, définisse un ordonnancement précis de son opération, afin de garantir la qualité finale de son ouvrage dans la maîtrise des coûts et des délais (cf. 1).

Cet ordonnancement doit en premier lieu s'appuyer sur le socle législatif et réglementaire, c'est-à-dire être conforme aux textes applicables, notamment les CCAG (cf. 2.1.1 et 2.2.1). Au-delà, l'ordonnancement doit prendre en compte la complexité technique des essais des équipements, dans leur progressivité et leur exhaustivité (cf. 3.2 et 3.3), sans jamais éluder l'intervention de quelque acteur concerné que ce soit (cf. 3.1).

Bien sûr, la définition de l'ordonnancement devra en outre prendre en compte les spécificités propres au mode de transport – routier ou de transports guidés urbains – et à chaque projet.

Le principe fondamental est de retenir des délais raisonnables pour chaque étape du processus. Il faut du temps pour mettre en service un ouvrage.

Au-delà de ce principe fondamental, puisque les étapes sont nombreuses et que chacune d'elle doit bénéficier d'un délai suffisant pour sa réalisation, le recours à des délais partiels est recommandé. En procédant ainsi, le délai propre à chaque phase est identifié et précisément fixé, ce qui doit permettre d'éviter qu'une phase de travaux prenant du retard vienne grever le temps nécessaire à une phase ultérieure. L'utilisation de délais partiels permet également un suivi plus précis de l'avancement de l'opération au regard des délais prévus et de détecter les dérives de façon anticipée.

En dépit de certaines contraintes, l'allotissement des marchés de travaux peut apporter une certaine souplesse dans l'organisation de l'ordonnancement (cf. Figure 5).



3.7.2 Proposition d'ordonnements de projet type

Au minimum, il est recommandé de prévoir trois délais partiels : un premier pour les travaux et les essais systèmes, un deuxième pour la marche à blanc et un troisième pour la VSR.

D'autres délais partiels peuvent être envisagés, par exemple pour séparer les travaux proprement dits des essais, ou même pour dissocier certaines phases de travaux ou certains

essais les uns par rapport aux autres. Si cela permet en théorie au maître d'ouvrage d'encadrer encore mieux l'enchaînement de chaque étape du chantier, l'inconvénient est de réduire la marge de liberté de l'entreprise dans l'organisation de son chantier et de l'empêcher d'optimiser les délais et les coûts. Sauf contexte particulier, un découpage si fin n'est donc pas recommandé.

L'ordonnancement général de principe, pour le cas standard simple de travaux hors exploitation avec marché à l'entreprise générale, est donné sur le schéma de la figure 5.



3.7.3 Cas standard simple de travaux hors exploitation avec marché à l'entreprise générale

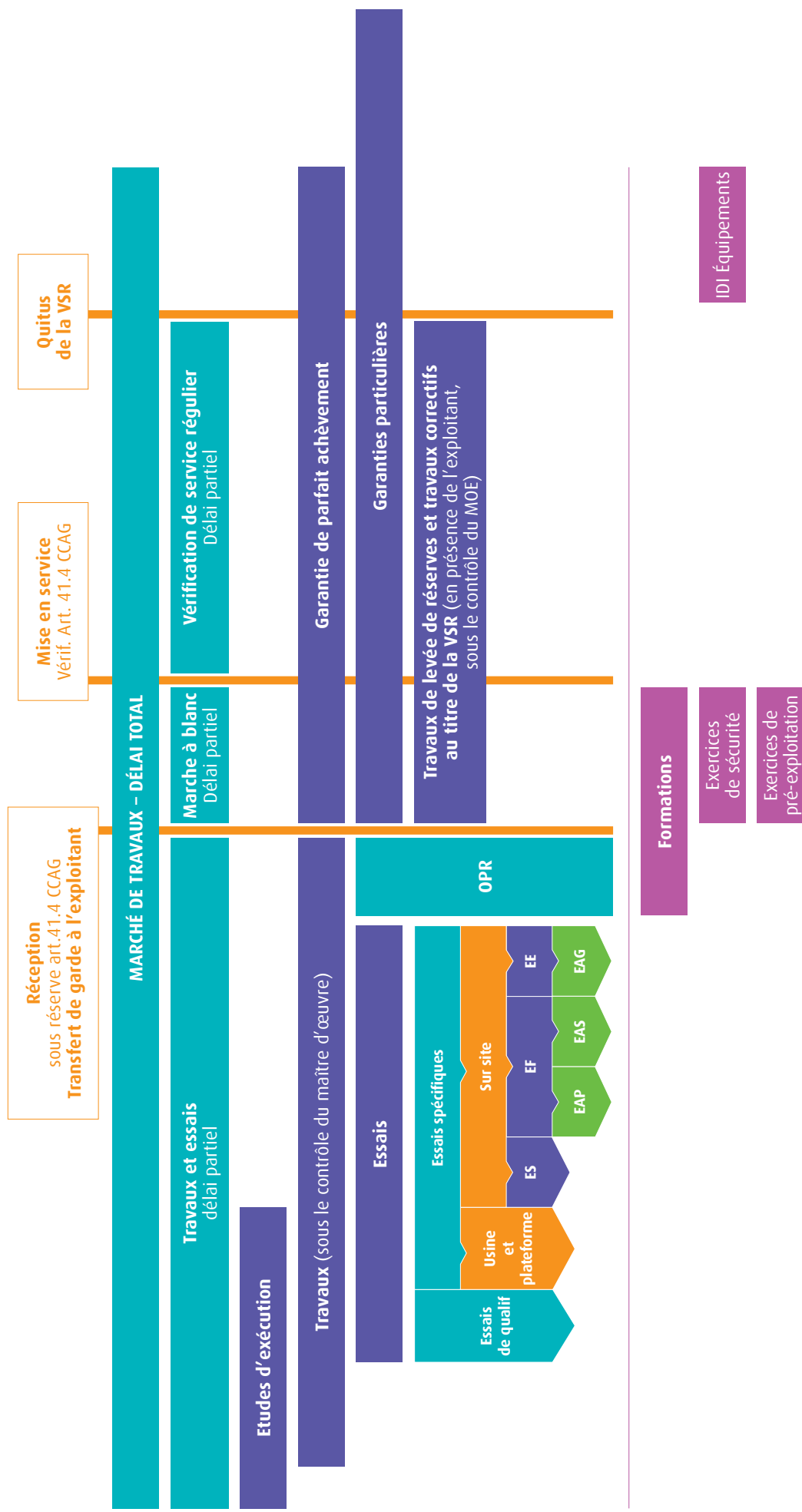


Figure 5 : Ordonnancement type pour le cas standard simple de travaux hors exploitation avec marché à l'entreprise générale.

3.7.4 Cas des travaux sous exploitation (à longs délais d'exécution)

Les travaux sous exploitation, c'est-à-dire en période de service régulier, sont certainement les plus complexes à traiter dès lors que les équipements ainsi que les dispositifs de sécurité ne sont pas totalement opérationnels.

Il convient dès lors de prendre en compte un mode dégradé qui ne doit cependant pas remettre en cause les conditions de sécurité du tunnel.

Deux cas se présentent :

Cas 1 : travaux pour lesquels les équipements sont posés progressivement, ces équipements n'étant pas mis en exploitation au fil de leur installation, mais en fin de chantier, formant ainsi un ensemble cohérent.

Sous cette configuration, la réception devrait être unique une fois l'ensemble des travaux achevés, et il convient de prévoir une période de VSR qui intègre les « épreuves » au sens de l'article 41.4 du CCAG Travaux. Il n'y a pas de marche à blanc.

Cas 2 : travaux pour lesquels des équipements sont posés et immédiatement utilisés

Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir une gestion rigoureuse des phases d'ouverture/fermeture de l'exploitation par un dispositif de « mise à disposition » de l'ouvrage par les entreprises dans les conditions précisées au 4.4 du présent document.

Chaque mise à disposition fait l'objet d'une constatation valant état des lieux et organisée par le maître d'œuvre.

La réception sera unique à l'achèvement des travaux, et sera suivie d'une période de VSR comme indiqué précédemment. Il n'y a pas là non plus de marche à blanc.

3.7.5 Cas des travaux allotis – marchés séparés

En cas d'allotissement, tous les principes vus plus haut restent valides. Toutefois, dès la fin des études de conception, il faut adopter une stratégie d'élaboration des dossiers de consultation des entreprises (DCE), car elle influe sur la fluidité des études d'exécution, sur le séquençement des travaux et in fine des essais.

L'enjeu est de réussir à coordonner les essais – puisque l'on a vu que les différents systèmes inter-agissent –, alors que la durée des travaux propres à chaque système – donc a priori celle des différents marchés si l'allotissement est conçu en fonction des métiers – ne sont pas les mêmes.

La stratégie consiste à établir des rétro-calendriers en partant d'une période nécessairement commune aux différents systèmes : les EAG, ainsi que les phases EAS et EAP a minima, pour lesquelles les interactions sont nombreuses. Ainsi, par exemple, l'éclairage a besoin de l'alimentation électrique pour dérouler les EAP et a besoin de la GTC pour réaliser les EAS. Le besoin de synchronisation peut même aller au-delà et concerner les ES. Par exemple, la pose des luminaires peut être conditionnée par la protection thermique d'une voûte ou encore la pose d'un luminancemètre conditionnée par la pose d'un support lui-même contraint par le génie civil.

L'ordonnancement intègre également le fait que même si les marchés autres que l'alimentation électrique et la GTC – Ventilation et Éclairage sur l'exemple des Figures 6 et 7 – requièrent en général moins de temps en études et en travaux, il est judicieux de les initier en premier, car les résultats des études d'exécution de ces autres marchés sont des entrants indispensables aux études d'exécution des marchés alimentation électrique et GTC.

Il est par conséquent recommandé :

- soit de produire tous les DCE en même temps, puis de procéder à un démarrage simultané des différents marchés et donc de cadencer les études d'exécution, les travaux et les essais selon le besoin, en tirant profit du fait que l'on dispose de tous les acteurs (Figure 6) ;
- soit de démarrer d'abord les marchés autres qu'alimentation électrique et GTC-Supervision, pour la phase des études d'exécution, afin de pouvoir ensuite alimenter ces derniers avec les entrants nécessaires (cf. Figure 7).

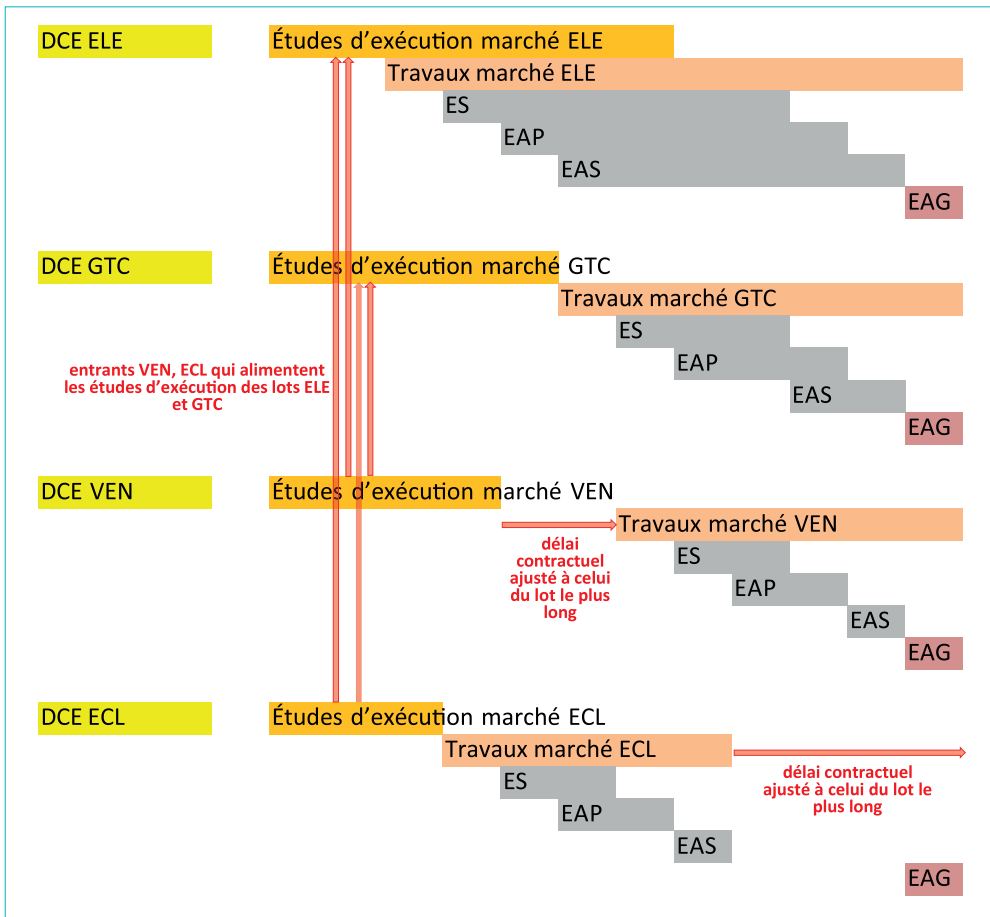


Figure 6 : Cas de l'allotissement – production simultanée des DCE et avancement en parallèle des études d'exécution, des travaux et des essais de chaque lot.

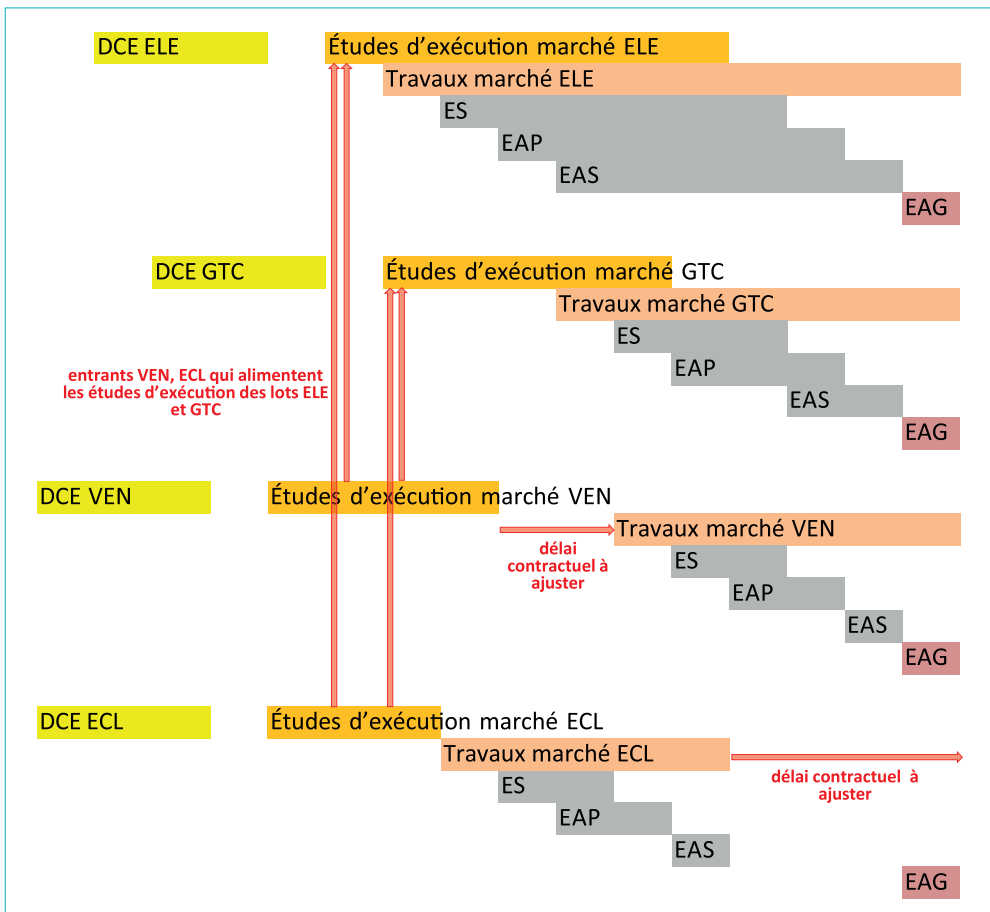


Figure 7 : Cas de l'allotissement – démarrage anticipé des marchés autres que Alimentation électrique et GTC.

Dans le premier cas – produire tous les DCE en même temps et procéder à un démarrage simultané des différents marchés, cf. Figure 6 –, le délai contractuel de chaque marché ne doit pas être le délai de réalisation au plus court des études, des travaux et des essais du lot correspondant, auquel cas les délais des marchés des lots nécessitant les délais les plus courts seront échus avant que les EAG n'aient été réalisés. Pour que les EAG puissent être réalisés avant l'échéance des délais contractuels, il faut fixer un délai d'exécution identique pour tous les marchés, celui du lot qui nécessite la durée la plus longue pour sa réalisation. Cela signifie, pour les lots les plus courts, une interruption de l'activité au cours du délai, par exemple entre la fin des études et le début des travaux (lot VEN sur la Figure 6), ou entre la fin des EAS et les EAG (lot ECL sur la Figure 6).

Dans le second cas – démarrage anticipé des marchés autres que Alimentation électrique et GTC –, il convient également d'ajuster les délais contractuels des marchés, en fonction des dates de démarrage et des durées nécessaires à la réalisation des prestations des différents lots (Figure 7).

L'erreur à ne pas commettre est de choisir la stratégie qu'il semble évident de retenir de prime abord, qui est celle consistant à établir des rétro-calendriers en partant des EAG et à cadencer le démarrage des différents marchés en fonction de leur durée respective, le marché le plus long démarrant en premier et le plus court en dernier (Figure 8). Dans ce cas, les études d'exécution des lots Alimentation électrique et GTC devront en effet être suspendues temporairement, car les entrants attendus de la part des autres lots (Ventilation et Éclairage sur l'exemple de la Figure 8) ne seront pas encore disponibles.



DÉROULEMENT DE LA RÉCEPTION

La réception des travaux est le point de pivot entre la phase de construction et les phases de pré-exploitation et exploitation (cf. Figure 5 - 3.7.3). Elle ponctue le long processus d'essais et permet de lancer les phases de marche à blanc et vérification de service régulier, décrites au chapitre précédent.

Ce chapitre présente l'organisation à retenir pour réaliser la réception, à laquelle est associée de très forts enjeux administratifs et financiers, puisque la réception déclenche aussi le transfert de l'ouvrage au maître d'ouvrage, le début des délais de garantie et le lancement du processus de paiement final.

4.1 PRÉAMBULE (RAPPELS DU CCAG TRAVAUX)

Les articles 41 et 42 du CCAG Travaux décrivent le processus de réception des travaux faisant intervenir l'entrepreneur, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage.

Une représentation schématique de cette procédure est donnée sur la Figure 9, qui donne en outre les délais maximaux à respecter pour chaque étape du processus⁷.

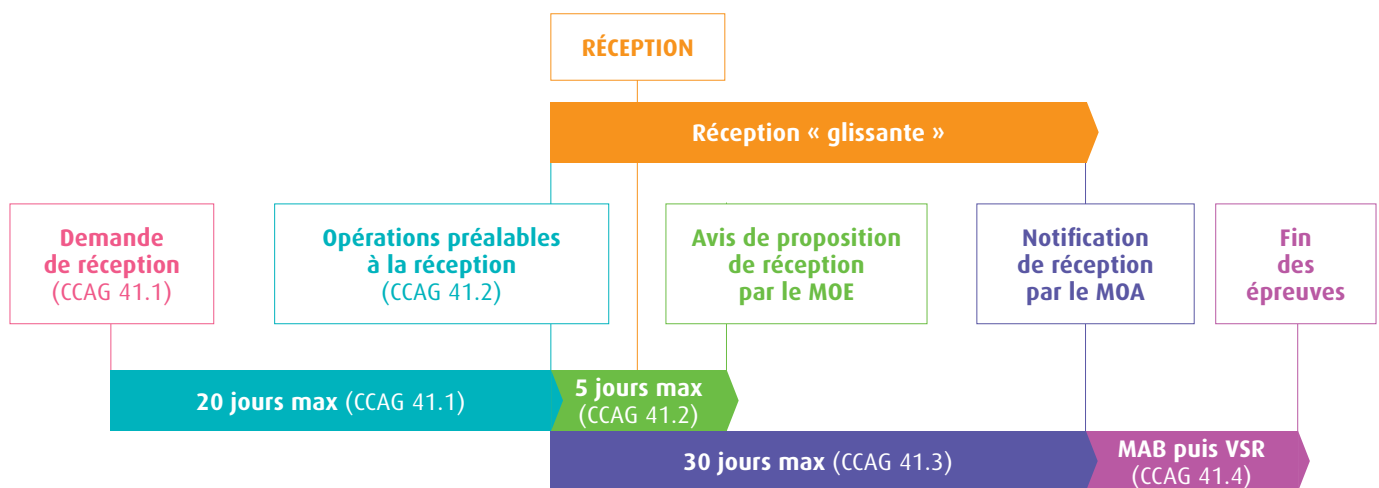


Figure 9 : Processus de réception des travaux selon le CCAG Travaux.

4.2 PRÉ-OPÉRATIONS PRÉALABLES À LA RÉCEPTION (PRÉ-OPR)

Avant les opérations préalables à la réception, une visite technique formelle dite de pré-OPR est organisée par le maître d'œuvre avec l'exploitant. À l'issue de cette visite est établie et signée conjointement la liste des réserves et du reliquat de travaux nécessaires à la bonne exploitation des équipements.

L'exploitant ne se substitue cependant en aucun cas au maître d'œuvre qui conserve toutes les prérogatives et les pouvoirs que lui a confiés le maître d'ouvrage et qui reste l'interlocuteur exclusif de l'entrepreneur.

La clause type du marché de maîtrise d'œuvre ci-après est destinée à formaliser l'association de l'exploitant selon les recommandations exposées ci-avant.

7. La représentation n'est pas proportionnelle au temps réel.

Pré-opérations préalables à la réception – Clause type à intégrer au CCAP du marché de maîtrise d'œuvre

Cadre général

La réception valant transfert de garde aux différents exploitants, le maître d'œuvre doit s'assurer, préalablement aux OPR, de l'accord des exploitants sur la conformité des ouvrages exécutés.

Le maître d'œuvre organise toutes les visites techniques des ouvrages et équipements avec les exploitants préalablement aux OPR (phase dite de pré-OPR), afin d'établir la liste des réserves à chaque marché et éventuellement le reliquat de travaux qui leur paraîtraient nécessaires à la bonne exploitation de l'équipement. Le maître d'œuvre recense les écarts qui pourraient encore être présents à ce stade entre les dispositions mises en œuvre et les clauses contractuelles. Par ailleurs, le maître d'œuvre rédige et diffuse les comptes rendus de ces visites et les documents qui y sont associés.

Il fait préciser aux exploitants les réserves susceptibles de remettre en cause le transfert de l'ouvrage afin de les traiter en priorité avant la date des OPR du marché de travaux avec l'entrepreneur.

En cas de désaccord de la part de l'exploitant, le maître d'œuvre est chargé d'informer le maître d'ouvrage pour arbitrage.

Au cours de ce processus, il peut apparaître des demandes nouvelles des exploitants, non prévues dans les clauses contractuelles des marchés de travaux et non évoquées jusqu'à cette date.

Elles doivent être identifiées séparément des réserves aux marchés et traitées par le maître d'œuvre, après arbitrage du maître d'ouvrage, le cas échéant, par notification d'un prix nouveau ou dans le cadre de la mission de parachèvement du maître d'œuvre prévue pendant la période de parfait achèvement.

Prise en compte dans la phase de réception

La proposition du maître d'œuvre au maître d'ouvrage rédigée postérieurement aux OPR doit contenir l'ensemble des remarques alors émises et être contresignée par le futur exploitant.

Lien avec la mise en exploitation

Avant d'engager les OPR avec l'entrepreneur, le maître d'œuvre doit s'assurer auprès de l'exploitant que la livraison de la documentation et des pièces de rechange ainsi que la formation du personnel dues au titre du marché ont été réalisées et permettent le début de la marche à blanc puis la mise en exploitation.

4.3 OPÉRATIONS PRÉALABLES À LA RÉCEPTION (OPR)

Le maître d'œuvre réalise les opérations préalables à la réception à la demande de l'entrepreneur et consigne dans un procès-verbal les réserves identifiées en pré-OPR et n'ayant pas été traitées dans l'intervalle. Il adresse dans les 5 jours la proposition de réception ou de non réception au maître d'ouvrage récapitulant l'ensemble des réserves à lever.

Les OPR sont définies à l'article 41.2 du CCAG-Travaux, qui indique qu'elles comportent, en tant que de besoin :

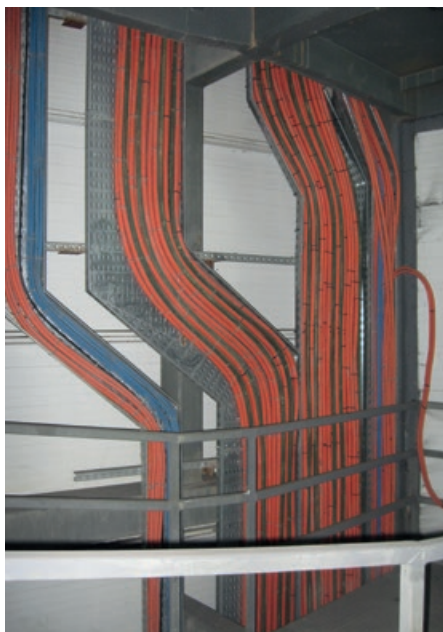
- la reconnaissance des ouvrages exécutés ;
- les épreuves éventuellement prévues par le marché ;
- la constatation éventuelle de l'inexécution des prestations prévues au marché ;
- la vérification de la conformité des conditions de pose des équipements aux spécifications des fournisseurs conditionnant leur garantie ;

- la constatation éventuelle d'imperfections ou malfaçons ;
- la constatation du repliement des installations de chantier et de la remise en état des terrains et des lieux ;
- les constatations relatives à l'achèvement des travaux.

Les OPR s'appuient sur les résultats des multiples essais techniques réalisés au préalable et lors desquels aura été vérifiée la conformité des ouvrages exécutés.

Au vu de la proposition du maître d'œuvre et des réserves et observations éventuelles de l'exploitant, le maître d'ouvrage décide si la réception est prononcée ou pas.

Il est utile de rappeler que si l'importance des malfaçons et / ou non-façons rend l'ouvrage impropre à sa destination, la réception doit être refusée.



4.4 MISE À DISPOSITION DE CERTAINS OUVRAGES OU PARTIES D'OUVRAGES

Une mise à disposition avant réception peut être prévue au titre de l'art. 43 du CCAG Travaux [2] dans le cas où des « ouvrages ou parties d'ouvrages, non encore achevés » sont utilisés par le « maître de l'ouvrage et sans que celui-ci en prenne possession », c'est-à-dire avant et indépendamment de la réception ou des réceptions partielles au sens des articles 41 et 42 dudit CCAG. Plus précisément, l'art. 43 s'applique « notamment » afin de permettre d'exécuter ou de faire exécuter par d'autres entrepreneurs des travaux autres que ceux faisant l'objet du marché. Toutefois, ce « notamment » n'est pas exclusif et l'article peut aussi être mis en œuvre dans le cas de travaux sous exploitation tels que la rénovation des équipements d'un tunnel en

circulation, afin de prévenir les réticences de l'entrepreneur à mettre à disposition les ouvrages ou parties d'ouvrages avant leur réception contractuelle.

Mise à disposition de certains ouvrages ou parties d'ouvrages

Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux

Afin de permettre l'exploitation pendant les travaux, l'entrepreneur met à disposition en application de l'article 43 du CCAG Travaux les ouvrages selon les modalités suivantes (à définir).

4.5 RÉCEPTION

Les modalités contractuelles de réception sont définies par les articles 41 et 42 du CCAG Travaux [2].

Qu'elle soit globale ou partielle, une réception a trois conséquences fortes :

- transfert de l'ouvrage, par l'entrepreneur, au maître d'ouvrage ;
- début des délais de garantie (art. 44) y compris en cas de réserves ;
- déclenchement du processus de demande de paiement final.

Il est recommandé de porter la demande de paiement final à la conclusion de la période de VSR, selon la clause-type suivante :

Clause type à insérer au marché de travaux

Par dérogation à l'article 13.3.2 du CCAG Travaux, la présentation de la demande de paiement finale est reportée à la fin de la période de VSR éventuellement prolongée.

La marche à blanc puis la VSR se déroulant postérieurement à la réception (cf. 3.4.2 - Scénario 2), le CCAP du marché de travaux indiquera que l'une et l'autre constituent des épreuves au sens de l'article 41.4 du CCAG Travaux, afin que les éventuels défauts ou dysfonctionnements apparus durant ces périodes soient corrigés par l'entrepreneur au titre de réserves à la bonne exécution des travaux.

Pour mémoire, l'article 41.4 du CCAG Travaux indique que « dans le cas où certaines épreuves doivent (...) être exécutées après une durée déterminée de service des ouvrages (...), la

réception ne peut être prononcée que sous réserve de l'exécution concluante de ces épreuves » et que « si de telles épreuves, exécutées pendant le délai de garantie défini au 1 de l'article 44, ne sont pas concluantes, la réception est rapportée. »

La retenue de garantie constituera en outre une réserve pour couvrir la rémunération des prestations défectueuses.

La clause-type suivante indique quel est le rôle attendu de la part du maître d'œuvre lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement :

Réception – Clause type à intégrer au CCAP du marché de maîtrise d'œuvre

L'assistance apportée par le maître d'œuvre au maître d'ouvrage lors des opérations de réception ainsi que pendant la période de garantie de parfait achèvement a pour objet de :

- *collationner l'ensemble des avis du futur exploitant sur l'ouvrage réalisé avant la tenue des opérations préalables à la réception afin de s'assurer :*
 - *de leur bonne intégration au processus général de levée des réserves,*
 - *qu'une fois les réserves correspondantes levées, rien ne s'oppose à la reprise en gestion du sous-ouvrage par le futur exploitant ;*
- *organiser les opérations préalables à la réception des travaux ;*
- *faire s'engager le futur exploitant sur l'exhaustivité de la liste des réserves émises ;*
- *assurer le suivi des réserves formulées lors de la réception des travaux jusqu'à leur levée ;*
- *procéder à l'examen des désordres signalés par le maître de l'ouvrage ou les exploitants durant la période de garantie de parfait achèvement et la VSR ;*
- *rédiger, passer et suivre l'exécution de tous les marchés de finitions rendus nécessaires par les points qui précèdent ;*
 - *recupérer auprès de l'entreprise les éléments permettant de constituer le dossier des ouvrages exécutés nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage,*
 - *constituer le dossier de maintenance des lieux de travail (DMLT), à partir des éléments récupérés auprès de l'entreprise).*

Pour satisfaire ces différents objectifs, la mission d'assistance apportée par le maître d'œuvre au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception (AOR) couvre, pour chaque marché, trois étapes successives (ce déroulé est un déroulé simplifié qui doit être amendé pour prendre en compte les étapes d'essais, de marche à blanc et de vérification de service régulier) :

- 1/ les pré-OPR avec le futur exploitant ;
- 2/ les OPR et propositions au maître d'ouvrage de réception avec ou sans réserves ;
- 3/ la période de garantie de parfait achèvement.

Il est à noter que les dispositions qui précèdent, énoncées dans le cadre d'une réception complète, sont à transposer en cas de réception partielle. Dans ce cas, et afin de faciliter la tâche du futur exploitant, le maître d'œuvre impose dans les DCE une fin de garantie de parfait achèvement unique pour tous les ouvrages d'un même lot.



4.6 REMISE DE L'OUVRAGE À L'EXPLOITANT

La remise de l'ouvrage à l'exploitant pour gestion intervient concomitamment à la réception de la totalité des ouvrages et équipements. Toutefois, en cas de phasage des travaux, elle intervient à la date de réception partielle de chacune. Dès remise, l'exploitant assure l'entretien et prend en charge toutes modifications ultérieures susceptibles d'être effectuées.

En continuité, le dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) contenant notamment les dossiers des ouvrages exécutés (DOE) et les procès-verbaux de réception est remis à l'exploitant, ainsi que le dossier de maintenance des lieux de travail (DMLT).

Ces dossiers doivent être remis par l'entrepreneur lors de la réception et donc généralement avant la marche à blanc, afin que la prise d'exploitation de l'ouvrage puisse se dérouler dans de bonnes conditions. Le dossier sera mis à jour par l'entrepreneur jusqu'au terme de la garantie de parfait achèvement (GPA), afin d'y intégrer les modifications de l'ouvrage ayant pu intervenir durant la période de VSR.

GARANTIES

Les garanties réglementaires sont définies par l'article 44 du CCAG [2] et concernent l'ensemble des prestations.

Des garanties particulières peuvent être prévues dans le marché de travaux pour certains ouvrages ou certaines catégories de travaux.

5.1 GARANTIES RÉGLEMENTAIRES

5.1.1 Définitions

À compter de la réception, trois garanties légales, dues par le constructeur au titre de la loi du 4 janvier 1978 [36], commencent à courir au profit des propriétaires successifs de l'ouvrage. Il s'agit de :

- la garantie de parfait achèvement (1 an) ;
- la garantie biennale de bon fonctionnement (2 ans) ;
- la garantie décennale.

La garantie biennale n'est pas à privilégier, car elle demande de faire appel aux fournisseurs de matériel, qui ne sont pas liés au maître d'ouvrage par un contrat direct. Il est donc préconisé de s'appuyer sur la garantie de parfait achèvement assortie de toutes les dispositions prévues par CCAG Travaux et complétées par les clauses spécifiques du marché, plutôt que sur la simple garantie biennale de bon fonctionnement.

La garantie décennale, pour sa part, demeure exceptionnelle pour les équipements.



5.1.2 Garantie de parfait achèvement

En application de l'article 2 du CCAG Travaux, le délai de garantie de parfait achèvement court à compter de la date d'effet de la réception. Cela pose plusieurs difficultés en cas de réceptions partielles échelonnées dans un temps long tels que :

- la péremption de la garantie d'un système avant la réception du système global ;
- le renvoi des responsabilités entre les fournisseurs en cas de dysfonctionnement faisant intervenir plusieurs garanties ;
- la durée de garantie amputée voire dépassée à la mise en exploitation de l'ouvrage.

De plus, la durée de la garantie de parfait achèvement (GPA) est fixée à 1 an par l'article 44.1 du CCAG Travaux.

Or le délai entre la réception des ouvrages et la mise en service est souvent long en raison du déroulement de la marche à blanc, voire de la réalisation et l'achèvement d'autres ouvrages (section courante d'infrastructure à l'air libre par exemple).

Toutefois, l'article 44.2 permettant « pour certains ouvrages ou certaines catégories de travaux », d'aller au-delà du délai de 1 an, et dans la mesure où les entrepreneurs savent aujourd'hui valoriser des coûts de prolongations de garanties négociées avec leurs fournisseurs, il est recommandé de porter le délai de garantie de parfait achèvement à 2 (deux) ans.

Il est en outre proposé de recourir, si besoin, à des mises à dispositions partielles (cf. 4.4), et de prévoir des dispositions contractuelles s'inspirant de la clause type suivante.

Délai de garantie
Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux
(GPA portée à 2 ans)

Par dérogation aux articles 2 et 44 du CCAG Travaux, le délai de garantie de parfait achèvement de l'ensemble des ouvrages est fixé à deux ans à compter de la date d'effet de la réception des travaux.

5.2 GARANTIES CONTRACTUELLES PARTICULIÈRES

Les garanties particulières sont quelque peu illusoirs car directement liées aux conditions d'utilisation, avec de nombreuses clauses restrictives. Par exemple, la garantie des batteries d'onduleurs est liée à la température des locaux enregistrée par des capteurs intégrés auxdits onduleurs.

Il faut donc privilégier le travail sur la standardisation des interfaces et sur les conditions d'entretien et de maintenance.

Pour ces raisons, seules trois garanties particulières sont ici recommandées.

5.2.1 Garantie particulière des luminaires de type LED

Il est recommandé de prévoir une garantie particulière de 7 ans pour les luminaires de type LED. Cette garantie couvre les équipements internes (drivers, sources LED), les caissons étant pour leur part couverts par la garantie contre la corrosion (cf. 5.2.3).

Une garantie plus longue, jusqu'à 10 ans, pourra éventuellement être retenue.

Garantie particulière des luminaires de type LED
Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux

La garantie particulière des luminaires de type LED est de 7 ans.

5.2.2 Garantie particulière des batteries

La durée de vie de 10 ans qui est exigée au CCTP pour les batteries constitutives des ensembles chargeur-batterie-onduleur chargés d'assurer l'alimentation électrique sans coupure des équipements doit être assortie d'une garantie de la même durée.

Garantie particulière des batteries
Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux

La garantie particulière des batteries constitutives des ensembles chargeur-batterie-onduleur chargés d'assurer l'alimentation électrique sans coupure des équipements est de 10 ans.

5.2.3 Garantie particulière des systèmes de protection contre la corrosion

Compte tenu de l'agressivité avérée de l'atmosphère des ouvrages souterrains et de la présence de nombreux équipements métalliques (portes, ventilateurs et accélérateurs, bouches, trappes et clapets de ventilation, chemins de câbles, caissons de signalisation, supports divers, etc.), il est recommandé de prévoir des garanties particulières concernant les systèmes de protection contre la corrosion.

Garantie particulière des systèmes de protection contre la corrosion
Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux

La garantie particulière des systèmes de protection contre la corrosion des produits en acier galvanisé à chaud, en acier inox ou en aluminium est de 7 ans pour la bonne tenue et de 5 ans pour l'aspect.

5.2.4 Garantie particulière de durée d'approvisionnement

La seule obligation pour l'entrepreneur en matière de durée d'approvisionnement est de fournir cette durée s'il la connaît.

Si des garanties particulières de durée d'approvisionnement sont définies au marché, leur durée doit être cohérente avec le cycle d'obsolescence de l'équipement concerné. Par exemple, un délai de 10 ans a du sens sur un automate programmable mais aucun sur un serveur informatique.

En tout état de cause, les clauses de garantie d'approvisionnement ne peuvent définir les prix des matériels qui sont fixés unilatéralement par le fournisseur, a fortiori sans concurrence dans le cas des pièces captives.

Il faut donc privilégier le travail sur la standardisation des interfaces et sur les conditions d'entretien et de maintenance.



5.3 PROLONGATION DU DÉLAI DE GARANTIE DE PARFAIT ACHÈVEMENT

L'article 44.2 du CCAG Travaux prévoit que « si, à l'expiration du délai de garantie, l'entrepreneur n'a pas procédé à l'exécution des travaux et prestations énoncés à l'article 44.1 ainsi qu'à l'exécution de ceux qui sont exigés, le cas échéant, en application de l'article 39 [relatif aux vices de construction], le délai de garantie peut être prolongé par décision du représentant du pouvoir adjudicateur, jusqu'à l'exécution complète des travaux et prestations, que celle-ci soit assurée par l'entrepreneur ou qu'elle le soit d'office conformément aux dispositions de l'article 41.6 [relatif aux réserves] ».

Nota : le présent guide recommande par ailleurs de porter le délai de garantie à 2 ans (cf. 5.2)

Prolongation de délai de garantie **Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux**

En complément à l'article 44.2 du CCAG, le délai de garantie pourra être prolongé jusqu'à la mise en conformité exigée pour tous travaux ou prestations dont l'exécution a fait l'objet d'une mise en demeure à l'entrepreneur de la part du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage avant l'expiration du délai de garantie.

5.4 PRESTATIONS DE MAINTENANCE PENDANT LE DÉLAI DE GARANTIE

Pendant le délai de garantie, l'attribution des prestations de maintenance à l'entrepreneur qui a réalisé les travaux permet d'éviter les refus d'application de la garantie de parfait achèvement pour non-respect des préconisations des constructeurs.

Cette façon de procéder doit être décidée en amont, afin d'inclure dans le marché de travaux une tranche optionnelle pour la maintenance, voire plusieurs si l'on souhaite étendre la durée de la maintenance à plusieurs années, au-delà même du délai de garantie, en enchaînant, par exemple, plusieurs tranches conditionnelles d'une durée d'un an. Dans tous les cas, la date d'affermissement de la première année de maintenance doit être calée sur la date de démarrage du délai de garantie.

Une telle organisation peut poser deux difficultés.

La première difficulté est celle d'écrire des prescriptions – au moment de la rédaction du CCTP – alors que l'on ne connaît pas les matériels qui vont être installés, ni par conséquent les préconisations de maintenance associées qui ne seront connues qu'après la livraison des matériels.

La seconde difficulté tient au fait que l'établissement du décompte général du marché est reporté dans le temps, laissant en suspens la question d'éventuels recours ou litiges.

L'ajout des prestations de maintenance au marché de travaux peut en outre avoir un effet pervers vis-à-vis de la qualité des équipements fournis et des prestations réalisées en phase travaux, puisque des prestations techniques de niveau moindre peuvent se traduire par un volume d'opérations de maintenance plus élevé.

Il faut enfin avoir à l'esprit qu'un marché unique pour les travaux et la maintenance ne garantit pas l'unicité de l'équipe d'intervention. Pour la maintenance, ce sont généralement les agences locales qui interviennent, parce qu'elles sont sur place et peuvent réagir très rapidement, alors que les travaux auront été réalisés par l'équipe de la société spécialisée dans les tunnels, qui intervient dans la plupart des cas à une échelle régionale, voire nationale. En pratique, les équipes qui sont chargées de la maintenance n'ont donc pas de compétences pointues en équipements de tunnels, et ne possèdent pas non plus la connaissance parfaite des équipements du tunnel faisant l'objet du marché de maintenance, ceux-ci ayant été installés par une autre équipe.

5.5 CONDITIONS D'INTERVENTION PENDANT LA PÉRIODE DE GARANTIE

Les clauses du marché doivent définir les conditions dans lesquelles l'entrepreneur est tenu d'intervenir durant la période de garantie de parfait achèvement. Il est essentiel que soient

définis le périmètre de ces interventions, ainsi qu'une clause de réactivité. Un certificat d'intervention doit être établi par l'entrepreneur après chaque opération réalisée.

Conditions d'intervention pendant la période de garantie – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux

Pendant le délai de garantie, l'entrepreneur est tenu de garantir les installations objet du présent marché contre tout défaut et toute non-conformité aux spécifications et prescriptions, c'est-à-dire qu'il s'engage à effectuer, sans les facturer, les prestations correspondantes comprenant notamment :

- *l'intervention sur le site dans le cadre d'une maintenance curative, sur appel du maître de l'ouvrage, du personnel qualifié de l'entrepreneur, selon stipulations précisées dans le CCTP Maintenance ;*
- *la réparation, sur le site ou en usine et, le cas échéant, le remplacement des matériels, équipements ou composants défectueux, dans un délai maximal de trois jours ouvrables pour les matériels présents ou non dans le lot de pièces de rechange.*

Les interventions se font dans le respect du DIUO, et le cas échéant du plan de prévention, en veillant à consulter le CSPS si nécessaire.

Les interventions donnent lieu à l'établissement d'un certificat d'intervention, établi contradictoirement en trois exemplaires, signé par les deux parties, et mentionnant :

- *la date, l'heure et la durée de l'intervention ;*
- *le nom et la qualité du personnel de l'entreprise ayant effectué cette opération ;*
- *la nature du défaut de la panne ou de l'incident ;*
- *les opérations réalisées en détail ;*
- *les pièces et/ou composants changés ;*
- *le constat de fonctionnement après l'intervention.*

L'entrepreneur dispose, pour exercer la maintenance, pendant la durée de la garantie, du lot de pièces de rechange prévu au marché. Celui-ci devra être entièrement reconstitué (y compris les pièces consommables) par l'entrepreneur au fur et à mesure de sa consommation et au plus tard à la fin de la période de garantie. Les frais de reconstitution du lot de pièces de rechange sont à la charge de l'entrepreneur.

Les réparations ou le remplacement des matériels s'inscrivant dans la garantie ne donnent pas lieu à nouveau paiement, exception faite du cas où elles sont rendues nécessaires par des faits non imputables à l'entrepreneur (acte de vandalisme, accident, ...).

En complément à la clause du CCAP concernant les interventions en période de garantie donnée ci-avant, une proposition de clause-type est donnée pour le CCTP, afin de préciser les

conditions de réalisation et la consistance de la maintenance curative à la charge de l'entrepreneur pendant la période de garantie.

Maintenance curative des ouvrages et installations – Clause type à intégrer au CCTP du marché de travaux

Périmètre des opérations

La maintenance curative des ouvrages et installations inclut toutes les opérations à réaliser suite à des pannes, dégradations, accidents, rapports de maintenance préventive...

Déclenchement des opérations

Ces opérations sont systématiquement déclenchées par des demandes d'intervention du maître d'ouvrage. Ces demandes sont envoyées au titulaire par mail, avec accusé de réception, ce qui initie un délai d'intervention.

Ce délai d'intervention est lié à un degré d'urgence à définir, notamment en fonction des CME et de la qualité de service voulue par le maître d'ouvrage.

Le titulaire devra tenir ces délais.

Délais d'intervention

Les délais d'intervention sont fonction des conditions minimales d'exploitation. Ils suivent la règle suivante :

- niveau 1 : l'état nécessite une surveillance légère par la supervision, l'opération est planifiée dans un délai de 5 jours ouvrés si aucune maintenance préventive n'est prévue dans ce délai ;
- niveau 2 : l'état nécessite une surveillance depuis la supervision et des mesures de compensation légères. L'opération est planifiée dans un délai de 1 jour ouvré si aucune maintenance préventive n'est prévue dans ce délai ;
- niveau 3 : l'état nécessite une surveillance importante depuis la supervision et des mesures de compensation importantes. L'opération est planifiée dans un délai de 8 h ;
- niveau 4 : l'état ne permet plus d'exploiter l'ouvrage et nécessite une fermeture. L'opération est planifiée dans un délai de 4 h.

Les délais d'interventions de niveau 1, 2, 3 et 4 sont prévus pour les interventions de fournitures courantes ou sur lot de maintenance et sont à considérer également comme délais de remise en état.

Concernant les interventions nécessitant des délais de fourniture particuliers, le délai est convenu conjointement avec le maître d'ouvrage.

Traitement des opérations

Le titulaire traite les opérations en relation permanente avec les services d'exploitation, de manière à l'informer efficacement de l'avancement et d'optimiser le rétablissement de l'état initial.

Le titulaire est force de proposition pour optimiser le rétablissement de l'état initial.

Aucun accès en télémaintenance n'est créé.

Lot de pièces de rechange

Le titulaire utilise, dans le cadre de la maintenance curative, le lot de pièces de rechange fourni au maître d'ouvrage par le marché de requalification. Il devra également réapprovisionner celui-ci.

Le titulaire mettra en place un outil pour permettre au maître d'ouvrage de tracer le matériel utilisé et suivre son réapprovisionnement.

Analyse des opérations

S'il le juge nécessaire, ou sur demande du maître d'ouvrage, le titulaire fournit une analyse approfondie de panne, en supplément du rapport d'opération. Sous forme de retour d'expérience, cette analyse permettra de prévenir et éviter d'autres opérations curatives en proposant au maître d'ouvrage, par exemple :

- modification des opérations préventives ;
- ajout d'opérations préventives ;
- optimisation du planning de maintenance ;
- modification de la synthèse d'alarme / CME ;
- proposition d'opérations de renouvellement.

SYNTHÈSE

Lors de la construction ou de la rénovation d'un tunnel, les essais des équipements sont essentiels, car c'est sur eux que repose le contrôle de leur conformité vis-à-vis des exigences réglementaires et du cahier des charges du maître d'ouvrage.

Si le retour d'expérience montre que le plus grand soin est apporté à ces opérations afin qu'en aucun cas un tunnel ne soit ouvert à la circulation s'il n'est pas doté de systèmes aboutis et stabilisés, il ressort néanmoins que cela ne se fait pas sans difficulté, et dans des délais qui dépassent parfois ceux fixés initialement.

Ces difficultés s'expliquent par le fait que la réglementation conduit à l'installation d'équipements nombreux et sophistiqués formant des ensembles complexes propres à chaque tunnel, ce qui rend leur vérification délicate et longue.

Une autre raison à ces difficultés est le fait qu'il existe à ce jour peu de textes sur lesquels s'appuyer pour définir et ordonnancer les phases d'essais et de réception des équipements de tunnels.

Pour que la mise en service d'un tunnel se fasse dans les conditions de sécurité attendues et dans le respect des délais fixés, la première condition est d'identifier et formaliser dans le calendrier de l'opération l'ensemble des tâches du processus. Il est recommandé que l'enchaînement soit le suivant :

- 1°/ les essais, de nature très variée, qui pour certains démarrent dès le début des travaux dont ils sont par conséquent indissociables temporellement et spatialement ;
- 2°/ les opérations préalables à la réception, opérations techniques débouchant sur une proposition de réception ou de non-réception au vu des résultats de l'ensemble des essais ;
- 3°/ la réception par le maître d'ouvrage ;
- 4°/ la période de marche à blanc (ou de pré-exploitation) par l'exploitant de l'infrastructure ;
- 5°/ la mise en service ;
- 6°/ la vérification de service régulier, postérieure à la mise en service, qui constitue une dernière mise au point du système.

Une deuxième condition de réussite est la définition précise et exhaustive du contenu des essais à réaliser et des acteurs qui en auront la charge. Pour cela, il est proposé de retenir un découpage et un vocabulaire communs pour désigner les nombreux types d'essais à réaliser :

- les essais de qualification réalisés par les fabricants des équipements, ou plus en amont par les fournisseurs de matériaux et de constituants des équipements ;
- les essais spécifiques, eux-mêmes progressifs, avec successivement,
 - les essais en usine et en plate-forme,
 - les essais statiques sur site,
 - les essais d'acceptation partielle sur site,
 - les essais d'acceptation système sur site,
 - les essais d'acceptation globale sur site.

Sur la base de ce découpage, il est recommandé qu'un document de type plan de management des tests et essais soit systématiquement élaboré en début de contrat de travaux, afin de définir les objectifs fixés, l'organisation mise en place, ainsi que la procédure, les activités et les livrables à mettre en œuvre pour gérer l'ensemble des tests et essais.

Le processus d'essai, progressif et exhaustif, requiert de la rigueur et de la méthode, et est nécessairement long. Les délais indispensables au bon déroulement de cette phase doivent être définis en conséquence, de façon raisonnable, et ne doivent pas servir de variable d'ajustement pour respecter le calendrier de l'opération.

Les acteurs du long processus conduisant à la mise en service d'un tunnel étant nombreux, leurs interventions doivent être très tôt programmées et insérées dans le calendrier de l'opération et des travaux. Les rôles du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et de l'entrepreneur sont fondamentaux, mais il est également indispensable que l'exploitant, en tant qu'utilisateur final, soit associé tout au long, et idéalement dès l'élaboration des études de projet. Avant les opérations préalables à la réception (OPR), il est recommandé d'organiser une visite technique formelle dite de pré-OPR à laquelle est convié l'exploitant afin qu'il puisse faire part de ses observations.

Une fois la réception prononcée, la marche à blanc est essentielle pour que l'exploitant puisse se roder à l'utilisation des équipements. Il est recommandé qu'elle fasse l'objet – au sein du marché de travaux – d'un délai partiel, et soit positionnée après la réception de l'ouvrage, donc postérieure au délai d'exécution des travaux, afin de préserver le délai qui lui est nécessaire avant la mise en service.

Le bon déroulement des essais et de la marche à blanc n'est pas suffisant pour garantir le bon fonctionnement de certains équipements, qui ne peut être jugé qu'après qu'ils ont été confrontés aux conditions réelles d'exploitation. C'est le rôle de la vérification de service régulier, pendant laquelle l'entrepreneur intervient si l'exploitant constate des défauts de fonctionnement des équipements. En général, une durée de six mois – contractualisée au moyen d'un délai partiel dans le marché de travaux – est recommandée.

Enfin, à compter de la réception, les garanties sont l'outil à disposition du maître d'ouvrage pour maintenir les équipements de sécurité d'un tunnel à leur niveau de référence. Parmi les garanties légales, il est recommandé de privilégier la garantie de parfait achèvement, en portant sa durée à deux ans par dérogation au CCAG Travaux.

GLOSSAIRE

AOR : assistance apportée au maître d'ouvrage lors des opérations de réception

AVP : avant-projet

BMPM : bataillon des marins-pompiers de Marseille

BSPP : brigade des sapeurs-pompiers de Paris

BT : basse tension

CAES : coffret d'alimentation électrique secourue

CAP : constat d'acceptation partielle

CAS : constat d'acceptation du système

CCAG : cahier des clauses administratives générales

CCDSA : commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité

CCP : code de la commande publique

CE : conformité européenne

CEM : constat d'état de montage

CEN : Comité européen de normalisation

CETU : Centre d'Études des Tunnels

CME : condition minimale d'exploitation

CNESOR : Commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers

CONSUEL : comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité

DAE : dossier d'autorisation des essais

DAI : détection automatique d'incident

DCE : dossier de consultation des entreprises

DDS : dossier de définition de sécurité

DDT : direction départementale des territoires

DDTM : direction départementale des territoires et de la mer

DIUO : dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage

DJS : dossiers jalons de sécurité

DMLT : dossier de maintenance des lieux de travail

DOE : dossier des ouvrages exécuté

DPS : dossier préliminaire de sécurité

DRS : dossier de récolement de sécurité

DS : dossier de sécurité

DS1 : dossier de sécurité avant essais

DS2 : dossier de sécurité avec complément d'essais

EAP : essais d'acceptation partielle

EAG : essais d'acceptation globale
EAS : essais d'acceptation système
ENEDIS : anciennement Électricité Réseau Distribution France (ERDF)
ERP : établissement recevant du public
EXE : exécution
GAME : globalement au moins équivalent
GTC : gestion technique centralisée
HTA : haute-tension A
IHM : interface homme machine
IDI : inspection détaillée initiale
IDP : inspection détaillée périodique
LGV : ligne grande vitesse
MAB : marche à blanc
MOA : maître de l'ouvrage
MOE : maître d'œuvre
NFPA : National Fire Protection Association
OPR : opérations préalables à la réception
OQA : organisme qualifié agréé
PC : ordinateur de bureau
PIS : plan d'intervention des secours
PV : procès-verbal
RAU : réseau d'appel d'urgence
RSE : règlement de sécurité en exploitation
SAGT ; système d'aide à la gestion du tunnel
SDIS : service départemental d'incendie et de secours
SDMIS : service départemental-métropolitain d'incendie et de secours
SDQ : schéma directeur de la qualité
SDS : dossier de définition de la sécurité
SIST : sécurité des infrastructures et systèmes de transport
STPG : sécurité des transports publics guidés
STRMTG : service technique des remontées mécaniques et des transports guidés
TGBT : tableau général basse-tension
VABF : vérification de l'aptitude au bon fonctionnement
VSR : vérification de service régulier

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de l'organisation la plus courante entre les acteurs	22
Figure 2 : Ensemble du processus d'essais – Progressivité et exhaustivité	28
Figure 3 : Exemple d'ordonnancement des différentes phases d'essais (hors GTC). Tunnels de Violay Bussière et Chalosset (A89 est – Balbigny – La Tour de Salvagny). Auteur : CEGELEC Mobility	30
Figure 4 : Ordonnancement type simplifié pour le scénario avec marche à blanc positionnée après réception de l'ouvrage	39
Figure 5 : Ordonnancement type pour le cas standard simple de travaux hors exploitation avec marché à l'entreprise générale	44
Figure 6 : Cas de l'allotissement – production simultanée des DCE et avancement en parallèle des études d'exécution, des travaux et des essais de chaque lot	46
Figure 7 : Cas de l'allotissement – démarrage anticipé des marchés autres que Alimentation électrique et GTC	46
Figure 8 : Synchronisation de marchés de travaux allotis – Contre-exemple à ne pas suivre	47
Figure 9 : Processus de réception des travaux selon le CCAG Travaux	49

LISTE DES CLAUSES TYPE

Vérification de service régulier – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux	42
Pré-opérations préalables à la réception – Clause type à intégrer au CCAP du marché de maîtrise d'œuvre	50
Mise à disposition de certains ouvrages ou parties d'ouvrages – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux	51
Réception – Clause type à intégrer au CCAP du marché de maîtrise d'œuvre	52
Délai de garantie – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux (GPA portée à 2 ans)	55
Garantie particulière des luminaires de type LED – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux	56
Garantie particulière des batteries – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux	56
Garantie particulière des systèmes de protection contre la corrosion – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux	56
Prolongation de délai de garantie – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux	57
Conditions d'intervention pendant la période de garantie – Clause type à intégrer au CCAP du marché de travaux	58
Maintenance curative des ouvrages et installations - Clause type à intégrer au CCTP du marché de travaux	59

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Code de la Commande Publique qui intègre en son livre IV la Loi n° 85-704 du 12 juillet 1985
- [2] Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de travaux – version mars 2014
- [3] Loi relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport (loi SIST) du 3 janvier 2002
- [4] Code la voirie routière
- [5] Décret n° 2005-701 du 24 juin 2005 relatif à la sécurité d'ouvrages du réseau routier
- [6] Cahier des clauses administratives générales des marchés publics de fournitures courantes et de services
- [7] Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de techniques de l'information et de la communication
- [8] Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics industriels
- [9] Instruction gouvernementale du 29 avril 2014 fixant les modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national
- [10] Instruction technique relative aux modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national
- [11] Guide d'application de l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art – Fascicule 40 : tunnels, génie civil et équipements
- [12] NF EN 12101-1 pour les essais de résistance à la température des ventilateurs de désenfumage (Système pour le contrôle des fumées et de la chaleur – Partie 3 - Spécifications pour ventilateurs extracteurs de fumées et de chaleur)
- [13] NF EN ISO 13350 pour les essais de performance des ventilateurs accélérateurs
- [14] NF ISO 13347-1 à 4 pour les essais de détermination des niveaux de puissance acoustique des ventilateurs
- [15] NF EN ISO 5801 et NF EN ISO 5802 pour les essais aérauliques sur circuits normalisés ou les essais de performance sur site
- [16] NF C13-100 Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV)
- [17] NF C13-200 Installations électriques à haute tension – Règles complémentaires pour les sites de production et les installations industrielles, tertiaires et agricoles
- [18] NF C15-100 Installations électriques à basse tension

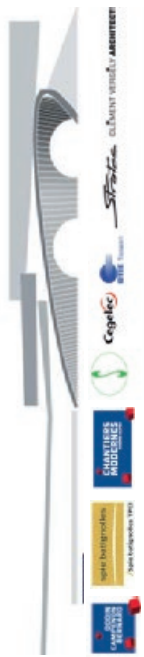
- [19] FD CEN/CR 14-380 Éclairagisme – Éclairage des tunnels
- [20] Dossier pilote du CETU – section 4.2 Éclairage (novembre 2000)
- [21] Note d'information n°14 du CETU Ancrage des accélérateurs en tunnel (2005) fournit des indications sur les épreuves de convenance et de contrôle à réaliser sur les dispositifs de fixation des accélérateurs
- [22] Document d'information du CETU Détection automatique d'incidents par analyse d'images en tunnel (mai 2015)
- [23] Décret n°2017-440 du 30 mars 2017 relatif à la sécurité des transports publics guidés
- [24] Arrêté du 30 mars 2017 modifiant l'arrêté du 23 mai 2003 relatif aux dossiers de sécurité des systèmes de transport public guidés
- [25] Arrêté du 30 mars 2017 relatif aux dossiers de sécurité des systèmes mixtes
- [26] Arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes
- [27] Décret n°2010-1580 relatif au service technique des remontées mécaniques et transports guidés
- [28] Arrêté du 2 février 2011 portant organisation du service technique des remontées mécaniques et des transports guidés
- [29] Instruction technique du 25 août 2000 relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers
- [30] Décret n°2003-60 du 21 janvier 2003 relatif aux services de zone des systèmes d'information et de communication
- [31] Note d'information n°24 du CETU – Retransmission des radiocommunications en tunnel routier (juillet 2014)
- [32] Norme NF P 03-100 Critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction – Septembre 1995
- [33] Guide d'application du STRMTG « Systèmes de transport public guidés urbains de personnes - Mission de l'Organisme Qualifié Agréé (OQA) pour l'évaluation de la sécurité des projets » – 8 février 2012
- [34] Bilan et principaux enseignements des dossiers examinés sur la période 2009-2012 – Commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers
- [35] Arrêté du 22 mars 2019 précisant les modalités techniques d'exécution des éléments de mission de maîtrise d'œuvre confiés par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé
- [36] Loi n°78-12 du 4 janvier 1978 relative à la responsabilité et à l'assurance dans le domaine de la construction.

ANNEXES

1 EXEMPLE DE FICHE D'EXERCICE DE PRÉ-EXPLOITATION

Niveau complexité	3		Réf. EPE	3-07	Pré-requis (systèmes et/ou équipements disponibles pour déroulement EPE)	
Thème	VEHICULE ARRETE				Général	
Ouvrage					Energie HT	X GTC X
Tunnel de TALANT	X	Localisation (Pr)	5.6;;2	Energie BT	X Supervision X	
TC de DAIX		Sens (1 ou 2)	<	Energie ondulée	X Réseaux transmission X	
Echangeur n°35		Voie(s) (BAU, VD, VG)	VG	Surveillance / Détection		
Autre Précisez					Vidéo	X Recueil données trafic
					DAI	X Recueil données météo
					Communications	
					Radio exploitation	X Radio FM X
					Protection usagers	
					Signalisation fermeture	X Ventilation
					Autre Précisez	
					Protection SDIS	
					Réseau incendie	Radio (INPT, ...)
					Pré-requis humains	
					Nb de participants site	- Dont "simulateur" PMR
					1 "acteur" VL en panne" + personnel d'exploitation	
					Élément déclenchant	
					Usager	
					Patrouilleur / Ouvrier routier	DAI X
					RST / Opérateur	GTC
					Cadre astreinte	Autre Précisez
					Intervenants DIR CE	
					Patrouilleur / Ouvrier routier	X Police X
					RST / Opérateur	X SDIS
					Cadre astreinte	X Dépanneur
					Maintenance	Autre Précisez
					Autre Précisez	
					Moyens matériels DIR CE	
					Véhicule patrouille	X VL 5
					Véhicule intervention	PL
					Véhicule spécialisé	TMD
					Précisez	
					Véhicule(s) usager(s) (quantité totale)	
					Autre	
					Environnement	
					Semaine	X Météo clémente X
					Week-end	Pluie
					Jour	X Neige
					Nuit	Autre Précisez
					Conditions de circulation	
					Trafic faible à normal	Trafic dense X
					Bouchon	Fermeture 1 sens
					Autre Précisez	
Objectifs de l'exercice						
Vérifier la maîtrise des procédures de chaque intervenant					X	
Vérifier l'efficacité des éléments permettant la fermeture de circulation					X	
Vérifier la pose de ballage (d'urgence ou non) et la durée associée						
Contrôler les temps de remontées d'info depuis le terrain					X	
Contrôler les temps de réaction des équipes "terrain"					X	
Contrôler les temps de réaction depuis le Pc Osiris					X	
Contrôler les temps d'intervention					X	
Tester la gestion de la nasse de véhicules						
Tester les ouvertures d'ITPC						
Contrôler la traçabilité de l'évènement (enregistrement GTC, vidéo, radio, autres; main courante; etc)					X	

2 EXEMPLE D'OUTIL DE SUIVI DES PROCÉDURES D'ESSAIS

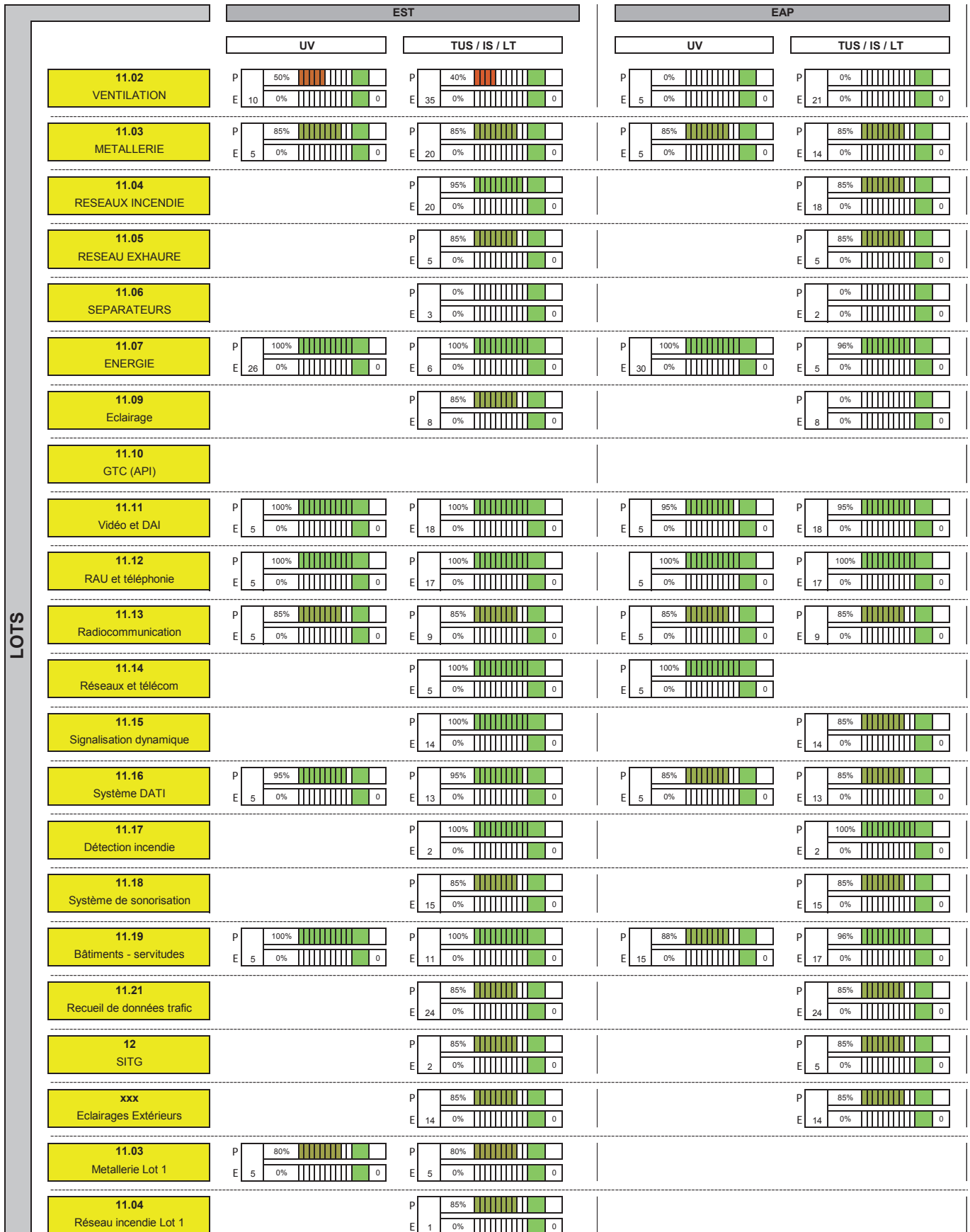


N°	Type	Tâche d'essais	ESSAIS d'ACCEPTATION PARTIELLE	ESSAIS d'ACCEPTATION SYSTEMES	RECEPTION
HT-BT	0,01 EAP	Arrivée ERDF LT4	[Barre]		
	0,02 EAP	Artère 1&2 HT - TUS	[Barre]		
	0,03 EAP	Cellules HT des UV 2 à 5	[Barre]		
	0,04 EAP	Artère 1 HT - UV 2 à 5	[Barre]		
	0,05 EAP	Alim BT des UV 2 à 5	[Barre]		
	0,06 EAP	Alim coffrets PC pompiers TUS	[Barre]		
	0,07 EAP	Alim BT des IS via TUS	[Barre]		
	0,01 EAP	Servitudes des usines	[Barre]		
Ventilation	0,04 EAP	Ventilation UV, hors UV1	[Barre]		
	0,01 EAP	Capteurs TUS	[Barre]		
	0,02 EAP	Accélérateurs TUS	[Barre]		
	0,03 EAP	Ventilation IS	[Barre]		
	0,05 EAP	Registres TUS	[Barre]		
	0,06 EAP	Étanchéité carreaux TUS / TUN	[Barre]		
Eclairage	0,01 EAP	Circuits et Luminaires TUS	[Barre]		
	0,02 EAP	Eclairages Ext tête Saône	[Barre]		
	0,03 EAP	Eclairages Ext tête Rhône	[Barre]		
	0,04 EAP	Eclairages chantier TUN	[Barre]		
	0,05 EAS	contrôle photométriques TUS	[Barre]		
GTC	0,01 EAP	Bouclage réseau GTC-TUN par TUS	[Barre]		
	0,02 EAP	Réseau GTC-TUS	[Barre]		
	0,03 EAP	Réseau GTC-UV	[Barre]		
	0,04 EAP	Essais GTC-Système	[Barre]		
	0,05 EAS	Essais GTC - Métiers	[Barre]		
	5,05 EAS	Essais GTC - Ensemble (plus de travaux)	[Barre]		
Détection incendie Tunnel	0,01 EAP	Eqts DIT en TUS	[Barre]		
Signalisation	0,01 EAP	Eqpts signalisation TUS	[Barre]		
	0,02 EAP	Eqpts signalisation Têtes Rhône / saône	[Barre]		
Sonorisation	0,01 EAP	Eqts IS côté TUS	[Barre]		
	0,02 EAP	Eqts des IS	[Barre]		
	0,03 EAS	Essais système sonorisation	[Barre]		

RDT	0,01 EAP Eqts et boucles TUS								
	0,02 EAS Contrôle de performance RDT								
Réseau incendie	0,01 EAP Eqts réseau ext et TUS								
	0,02 EAS Tests en charge réseau incendie								
Métallerie	0,01 EAP EAS Métallerie (portes IS, Ligne de Vie TUS, anneaux relevage)								
Exhaure	0,01 EAP Eqts Exhaure (ext et IS)								
Séparateurs	0,01 EAP Séparateurs TUS								
RADIO	0,01 EAP Equipements radio en LT et TUS								
	0,02 EAP Raccordement système RADIO au réseau TSF								
	0,03 EAS Essais fonctionnels RADIO (IMU)								
	0,04 EAS campagne de mesures Radio TUS et IS								
	0,05 EAP Equipements GSM en LT et TUN / TUS								
	0,06 EAP Raccordement Eqts GSM (externe)								
	0,07 EAS Essais de fonctionnement GSM								
DATI	0,01 EAP Balises IS / TUS / UV / LT								
	0,02 EAS Essais fonctionnels DATI								
RIS	0,01 EAP RIS TUS et TUN								
	0,02 EAS RIS.TCR / Raccordement RIS à TSF								
Vidéo	0,01 EAP Eqts vidéo des IS / UV / EXT / TUS								
	0,02 EAS Vidéo TCR								
	0,03 EAS Serveur vidéo redondant à TSF migré à TCR								
	0,04 EAS Essais fonctionnels du système DAI								
	0,05 EAS Essais de performance DAI en tunnel								
RAU / TEL	0,01 EAP Eqts RAU/TEL des IS / UV / EXT / TUS								
	0,02 EAS Essais RAU / TEL TCR								
	0,03 EAS Un serveur RAU / TEL migré de TSF à TCR								
SITG	0,01 EAP Migration serveurs SITG à TCR								
	0,02 EAS Non régression système central								
	0,03 EAS Pré-recette site SITG TCR								
Vérification d'aptitude	0,01 ER Analyse des PV de contrôle								
	0,02 ER Vérification lors d'une visite site								
	0,03 ER Recette site TCR via SITG								
	0,04 ER Essais services de secours (essais fumée)								

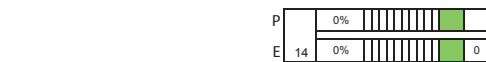
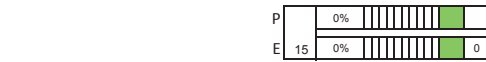
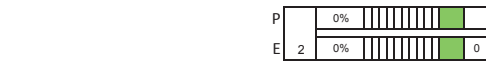
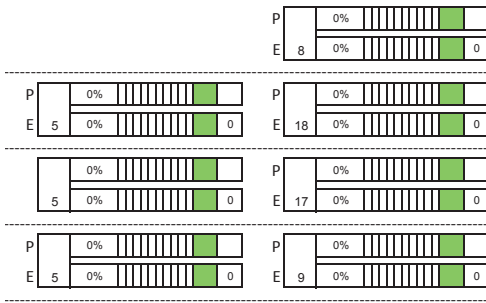
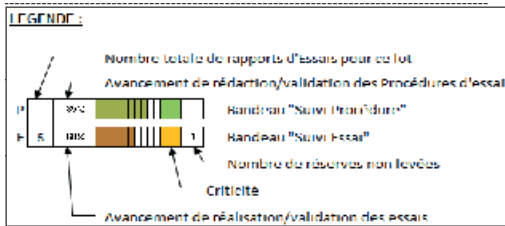
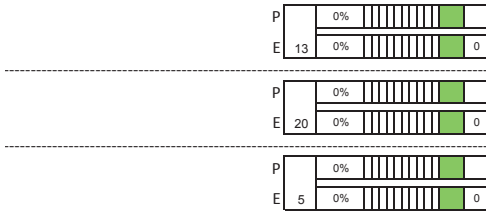
Tableau de suivi des essais utilisé pour la rénovation lourde du tunnel de la Croix-Rousse – Auteur SETEC-ITS

EXEMPLE DE LOGIGRAMME D'INTERACTION DES SYSTÈMES LORS DES ESSAIS D'ACCEPTATION PARTIELLE ET D'ACCEPTATION SYSTÈME



Logigramme des essais d'acceptation partielle et d'acceptation système pour la rénovation lourde du tunnel de la Croix-Rousse

EAS	
UV	TUS / IS / LT



BILAN PAR LOCALISATION					
UV		TUN		TUS / IS / LT	

Bilan par phase				Bilan par phase				Bilan par phase			
EST	Procédures	89%		EST	Procédures	NC		EST	Procédures	83%	
EAP	Procédures	88%		EAP	Procédures	NC		EAP	Procédures	76%	
EAS	Procédures	0%		EAS	Procédures	NC		EAS	Procédures	0%	
EST	Essais	71	0%	EST	Essais	0	NC	EST	Essais	247	0%
EAP	Essais	80	0%	EAP	Essais	0	NC	EAP	Essais	221	0%
EAS	Essais	20	0%	EAS	Essais	0	NC	EAS	Essais	173	0%

Synthèse par localisation			Synthèse par localisation			Synthèse par localisation		
UV	Procédures	78%	TUN	Procédures	NC	TUS	Procédures	0%
	Essais	171		Essais	0		Essais	641

BILAN PAR PHASE					
EST		EAP		EAS	

Bilan par localisation				Bilan par localisation				Bilan par localisation			
UV	Procédures	89%		UV	Procédures	88%		UV	Procédures	0%	
TUN	Procédures	NC		TUN	Procédures	NC		TUN	Procédures	NC	
TUS	Procédures	83%		TUS	Procédures	76%		TUS	Procédures	0%	
UV	Essais	71	0%	UV	Essais	80	0%	UV	Essais	20	0%
TUN	Essais	0	NC	TUN	Essais	0	NC	TUN	Essais	0	NC
TUS	Essais	247	0%	TUS	Essais	221	0%	TUS	Essais	173	0%

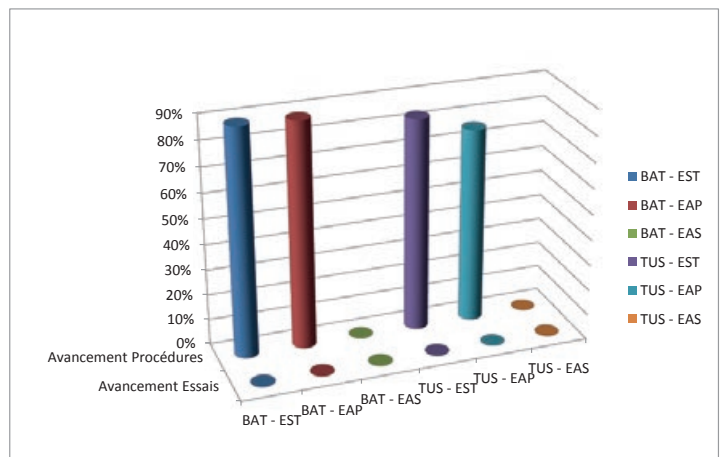
Synthèse par phase				Synthèse par phase				Synthèse par phase			
EST	Procédures	85%		EAP	Procédures	80%		EAS	Procédures	0%	
	Essais	318	0%		Essais	301	0%		Essais	193	0%

BILAN DE L'ETAPE 2					
--------------------	--	--	--	--	--

Etape 2

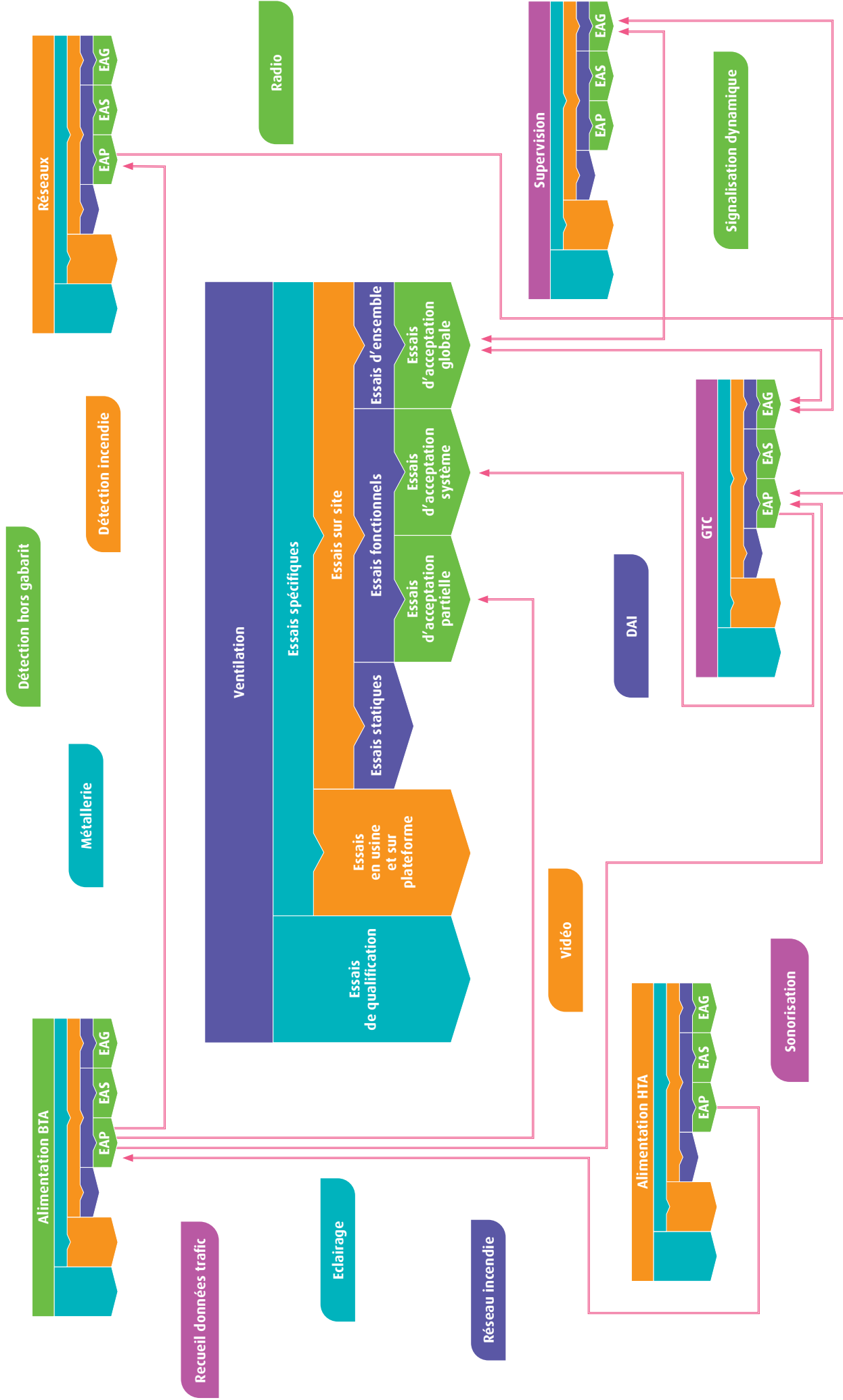
Synthèse toutes phases, toutes localisations

Etape 2	Procédures	63%
	Essais	812



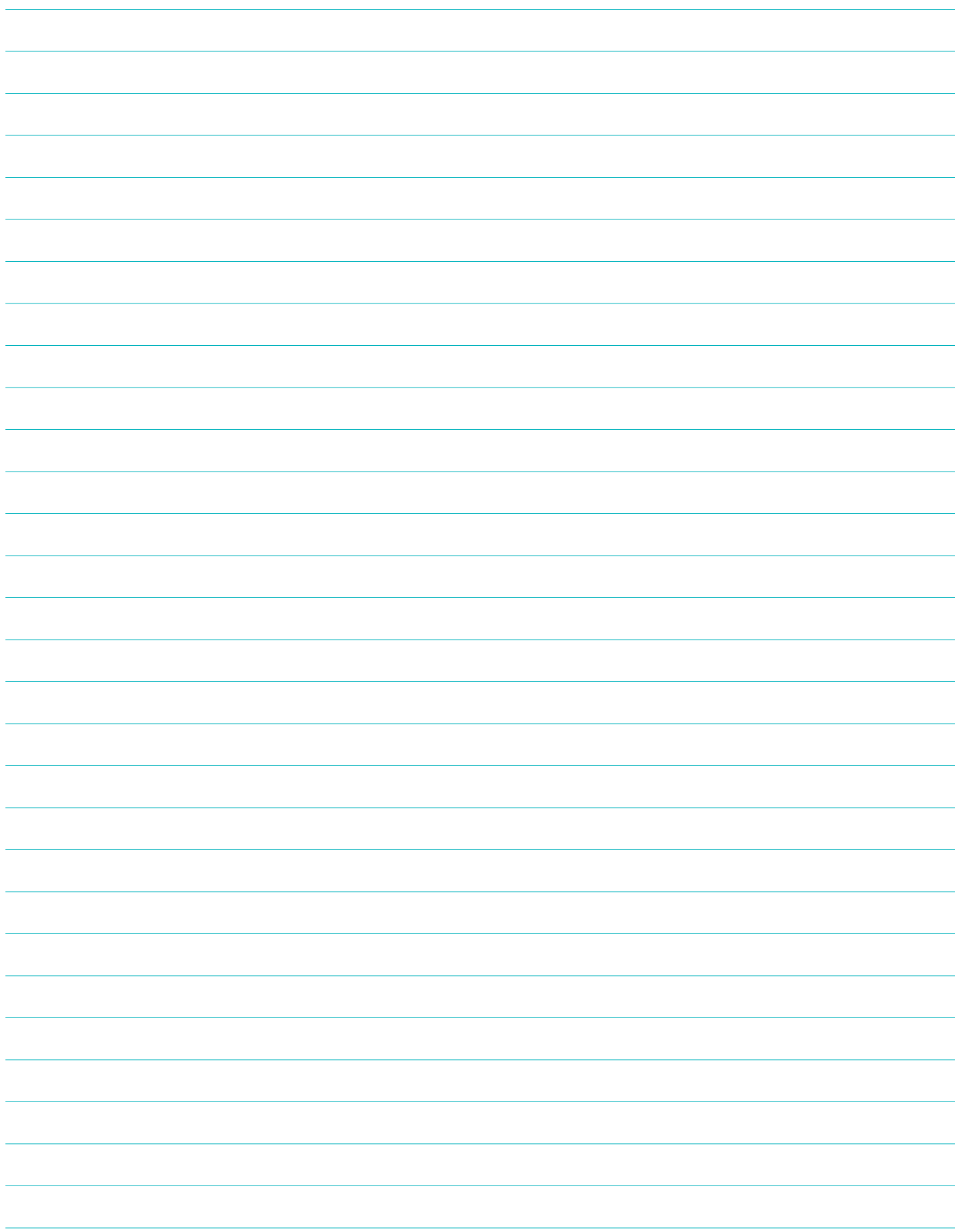
4 DES SYSTÈMES EN INTERACTION - EXEMPLE DE LA VENTILATION

↔ L'initiation d'une phase d'essais est entièrement liée aux résultats des essais des systèmes en interaction.





NOTES



Centre d'Études des Tunnels

25 avenue François Mitterrand
69500 BRON - FRANCE
Tél. +33 (0)4 72 14 34 00
Fax. +33 (0)4 72 14 34 30
cetu@developpement-durable.gouv.fr



Ce document appartient au :

 **RÉFÉRENTIEL
TUNNELS**

