

Référentiel Infrastructure

Procédure

INTERNE SNCF
Propriété de la SNCF
Reproduction limitée
Ce document ne doit pas être
communiqué
en dehors de l'entreprise

*Protection des infrastructures ferroviaires
lors de travaux à l'explosif ou avec
engins mécaniques puissants*

Édition du 01-09-2009

Version n°01

Applicable dès réception

IN1226 (EF 9 B 3)

Référence-article : IN1226-010909-01I

Émetteur : Direction de l'Ingénierie



COPIE non tenue à jour du 25/07/2023

Sommaire

PREAMBULE/NOTE PEDAGOGIQUE	1
OBJET	2
1 GENERALITES.....	4
1.1 Les nuisances directes	4
1.2 Les nuisances indirectes	4
1.3 Mesures de vibrations.....	4
1.4 Seuils de vibrations – tirs de mines	6
1.5 Seuils de vibrations – engins mécaniques puissants.....	7
1.6 Seuils de vibrations – béton frais.....	9
1.7 Respect des seuils de vibration.....	10
1.7.1 Seuil absolu.....	10
1.7.2 Seuil de vigilance, ou seuil conseillé.....	10
2 EMPLOI D'EXPLOSIFS.....	11
2.1 Description	11
2.1.1 Aspect réglementaire	11
2.1.2 Explosifs	11
2.1.3 Détonateurs et mises à feu	13
2.1.4 Plan de tir.....	14
2.1.5 Mise en œuvre des explosifs.....	15
2.2 Analyse de risques – Travaux à l'explosif.....	15
2.2.1 Creusement – Terrassement.....	15
2.2.2 Démolition	18
2.3 Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d'ouvrage ferroviaire (RFF ou SNCF).....	19
2.3.1 Phase conception	19
2.3.2 Phase réalisation	21
2.3.3 Fin des travaux.....	23
2.4 Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d'ouvrage non ferroviaire	24
2.4.1 Convention.....	24
2.4.2 Phase travaux	25
2.4.3 Fin des travaux.....	25
2.5 Exploitation de carrières.....	26
3 ENGINs MECANIQUEs PUISSANTs	27
3.1 Conditions d'utilisation	27
3.1.1 Engins de frappe	27
3.1.2 Engins de vibrofonçage	28
3.1.3 Engins de compactage	29
3.2 Nuisances dues à l'utilisation d'engins mécaniques puissants	30
3.2.1 Origine des ébranlements	30
3.2.2 Caractéristiques des ébranlements	31
3.2.3 Mesures des ébranlements	31

3.2.4	Nuisances sonores.....	32
3.3	Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d’ouvrage ferroviaire (RFF ou SNCF).....	33
3.3.1	Phase conception.....	33
3.3.2	Phase réalisation	35
3.3.3	Fin des travaux.....	37
3.4	Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d’ouvrage non ferroviaire.....	38
3.4.1	Convention.....	38
3.4.2	Phase travaux	39
3.4.3	Fin des travaux.....	39

ANNEXES :**TABLEAUX DES SEUILS DE VIBRATION**

Préambule/Note pédagogique

Origine de la modification du texte : la dernière version de l'IN 1226 (ex CG EF 9 B 3 n°2) date de 1987. Une refonte de ce texte a été nécessaire pour intégrer les législations en vigueur à ce jour.

Il est rappelé en préambule qu'en application de la **loi n°93-1418 du 31 décembre 1993**, modifiant les dispositions du code du travail applicables aux opérations de bâtiment et de génie civil en vue d'assurer la sécurité et de protéger la santé des travailleurs et portant transposition de la directive du Conseil des communautés européennes n° 92-57 en date du 24 juin 1992, **et du décret n° 94-1159 du 26 décembre 1994**, relatif à l'intégration de la sécurité et à l'organisation de la coordination en matière de sécurité et de protection de la santé lors des opérations de bâtiment ou de génie civil et modifiant le code du travail, **les maîtres d'ouvrages ont obligation de désigner un coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé** (coordonnateur SPS).

Ces textes sont retranscrits dans les directives internes à la SNCF : RH0318, RH0335, RH0354 et RH0366.

De plus, les travaux comportant l'usage d'explosifs figurent dans la liste de l'arrêté du 25 février 2003 ; arrêté pris pour application de l'article L.4532-8 du code du travail fixant une liste de travaux comportant des risques particuliers pour lesquels un plan général simplifié de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé est requis.

Objectif du texte : l'IN 1226 actuelle est destinée à fournir les prescriptions à respecter pour :

- préserver l'intégrité des infrastructures ferroviaires lors de travaux comportant l'emploi d'explosifs, ou nécessitant l'utilisation d'engins mécaniques puissants à proximité ou dans les emprises du chemin de fer ;
- rappeler que les principes généraux de prévention, en matière de sécurité et de protection de la santé, sont à mettre en œuvre par les maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre et coordonnateurs SPS.

Utilisateurs du texte : l'IN 1226 s'adresse à tout agent SNCF confronté à l'utilisation d'explosifs ou d'engins mécaniques puissants sur une opération. Les procédures du texte permettent de définir les rôles de chaque intervenant.

Résumé des principales évolutions : arrêtés et décrets relatifs aux missions de maîtrise d'œuvre dans le cadre de la loi MOP, nouveau code du travail (2008), intégration de la sécurité dans les opérations de bâtiment et travaux publics.

Objet

Il est rappelé que le rôle de la Maîtrise d'Oeuvre est déterminant pour l'analyse et la prévention des risques d'une opération de génie civil ou de bâtiment.

Le rôle du Coordonnateur SPS, comme indiqué en préambule, est déterminant pour la prévention des risques liés à la santé et à la sécurité des personnes intervenant sur cette opération.

La présente instruction a pour but de compléter et de préciser les dispositions prévues, dans les documents internes SNCF ci-après, en matière d'emploi d'explosifs et d'utilisation d'engins de travaux publics à proximité ou dans les emprises ferroviaires :

- IN 0004 – Conservation du domaine du chemin de fer et servitudes. Dispositions d'ensemble
- IN 0033 – Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction
- IN 0045 – Grands terrassements
- GF 1125 – Cahier des Clauses et Conditions Générales applicables aux marchés de travaux (notamment articles 43.6 et 44)

L'IN 1226 (anciennement Consigne Générale EF 9 B 3 n°2) traite de l'emploi d'explosifs et de l'utilisation d'engins mécaniques puissants à proximité ou dans les emprises du chemin de fer afin de faire prendre des mesures de protection des infrastructures et de l'environnement ferroviaire.

L'instruction vise, pour l'utilisation d'explosifs :

- les travaux de terrassement et exploitations de carrière
- les travaux de creusement ou d'abattage
- les travaux de démolition
- toute utilisation d'explosif pour travaux spéciaux susceptible de provoquer des nuisances ou des pathologies sur ouvrages.

L'instruction vise, pour les engins mécaniques :

- les travaux de battage ou de vibrofonçage de pieux, palplanches et autres profilés
- les travaux de compactage
- l'utilisation de brises roches
- tout engin ou mode opératoire susceptible, par les vibrations induites, de provoquer des nuisances ou pathologies sur des ouvrages.

Références de l'IN 1226 en matière de seuils de vibrations :

Norme ISO 4866 – Vibrations et chocs mécaniques. Orientations pour le mesurage des vibrations et l'évaluation de leurs effets sur les bâtiments

Norme ISO 10811 – Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures

AFNOR FD P 94-447-1 – Guides pour le mesurage des vibrations transmises par le terrain lors de travaux géotechniques – vibrations provoquées par les tirs à l'explosif

AFNOR FD P 94-447-2 – Guides pour le mesurage des vibrations transmises par le terrain lors de travaux géotechniques – vibrations provoquées par les engins mécaniques

1 Généralités

1.1 Les nuisances directes

Les travaux nécessitant l'emploi d'explosifs ou l'utilisation d'engins mécaniques puissants génèrent dans le sol des vibrations susceptibles de nuire directement aux installations environnantes :

- ouvrages d'art
- ouvrages en terre
- bâtiments
- assise de voies
- réseaux (traction, électrique, télécommunication, signalisation, assainissement, etc...)

Pour les structures situées dans une zone d'influence des travaux précités, les valeurs de vibrations émises, ainsi que leur mode de propagation ou d'atténuation dans le sol, peuvent être connues en faisant appel à un laboratoire spécialisé dans les études vibratoires.

1.2 Les nuisances indirectes

Les nuisances indirectes de ces travaux nécessitant l'emploi d'explosifs ou d'engins mécaniques puissants peuvent être :

- émission de poussières
- bruit
- projection de matériaux
- tassement de sol
- perturbation de l'exploitation ferroviaire
- etc...

Ces nuisances indirectes concernent le milieu aérien et seront développées selon les techniques de travaux et dispositifs de protection nécessaires.

1.3 Mesures de vibrations

La pose de capteurs, scellés au plâtre sur les structures à surveiller, et reliés à des balises d'acquisition, permettra l'enregistrement des vibrations émises dans les trois directions de propagation et transmise dans le terrain depuis le lieu de la source d'émission.

Ces points de mesures devront donc correspondre aux points particuliers des structures les plus proches de la source de nuisance dans la limite des possibilités d'enregistrement.

Pour garantir la préservation des installations, un essai préalable au démarrage des travaux permet d'étudier le degré de nuisance des vibrations émises afin d'en valider la source sans dommages sur les structures environnantes.

Pour mener une étude de vibrations sur une structure, les points de mesures seront déterminés de façon contradictoire entre :

- le propriétaire et/ou son représentant ayant la charge de la maintenance ou de la surveillance de l'ouvrage
- le représentant du laboratoire de mesures
- le représentant de l'entrepreneur titulaire des travaux
- le représentant de la maîtrise d'œuvre

Chaque représentant peut faire appel à un spécialiste de son choix pour déterminer les points à instrumenter.

Il convient de noter que les bureaux d'études, ou laboratoires, pour mesures de vibrations ne sont plus soumis au système de qualifications SNCF.

1.4 Seuils de vibrations – tirs de mines

Les vibrations sont, au point de vue de la nocivité, le risque le plus important des tirs de mines à l'explosif. Leurs effets peuvent cependant être parfaitement réduits et limités en adaptant les types d'explosifs, d'amorçage et de mise à feu, aux caractéristiques des terrains rencontrés.

C'est pourquoi il convient de procéder à un essai de tir avant travaux pour déterminer la loi de propagation des vibrations pour chaque nature de terrain encaissant, ainsi que les charges maximales d'explosif pouvant être mises en oeuvre. Cet essai de tir servira de base à l'entreprise pour dresser un plan de tir complet et adapté à l'environnement du chantier.

Les valeurs de vibrations ci-dessous sont des seuils absolus à ne pas dépasser.

Les laboratoires ayant la charge des études vibratoires devront faire apparaître sur leurs rapports d'analyse les valeurs mesurées selon les mêmes plages de fréquence associées aux seuils suivants :

Seuils de vibrations à respecter dans un périmètre de **200m** autour des tirs :

Tableau A		Seuils* pour vibrations générées par des explosifs				
Ouvrages et installations		Déplacements	Vitesses particulière en mm/s			
		F < 5 Hz	5 ≤ F < 10 Hz	10 ≤ F < 30 Hz	30 ≤ F < 100 Hz	F ≥ 100 Hz
État jugé résistant (1)		500 μm	15	20	30	50
État jugé sensible (2) **		320 μm	10	15	20	30
État jugé très sensible (3) ***		160 μm	5	10	15	20
Plateforme et poteau caténaire		500 μm	20	30	50	70
*	Les seuils sont donnés à titre indicatif pour mener les essais préalables, selon des plages de fréquences (F) caractéristiques correspondant à une largeur de spectre réduite à 25% de la fréquence dominante (amplitude maximale du spectre). Les seuils définitifs sont fixés à l'issue de l'étude vibratoire.					
**	En présence d'appareillage électromécanique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
***	En présence d'appareillage électronique et informatique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
(1)	Structure ne présentant pas d'avarie particulière					
(2)	Structure à pathologie déclarée					
(3)	Structure sous surveillance particulière					

Ces seuils sont reportés en annexe afin de permettre une diffusion indépendante du texte de l'IN 1226.

1.5 Seuils de vibrations – engins mécaniques puissants

Les engins mécaniques puissants utilisés sur les chantiers engendrent des effets sismiques similaires aux explosifs qui, selon la nature du terrain encaissant, peuvent causer des dégâts aux constructions, structures et parois rocheuses. Ces effets sont caractérisés par leur répétitivité, leur durée, leur nature et leurs fréquences associées.

Lorsqu'ils génèrent des vibrations à basses fréquences (de l'ordre de quelques Hertz), celles-ci se rapprochent des fréquences propres aux structures d'ouvrages. Cette configuration peut alors être à l'origine de phénomènes de résonance causant ainsi des désordres graves.

Pour des fréquences plus élevées, les vibrations provenant des engins peuvent aussi avoir une action nocive lorsque l'énergie mise en jeu dépasse une certaine valeur.

De façon générale, les périodes transitoires de démarrage et d'arrêt des engins génèrent sur un temps très court des vibrations plus élevées que les périodes de fonctionnement à régime normal. Il convient donc de considérer cette phase transitoire indépendamment de la marche normale de l'engin.

Ces effets peuvent être réduits, et limités aux niveaux acceptables des seuils prescrits, en réalisant pour chaque engin envisagé des essais de convenance préalables au démarrage des travaux.

Le terme *engins mécaniques puissants* regroupe des catégories d'engins de travaux publics tels que :

- brise roche (impulsions répétées) ;
- engin de foration (vibrations continues sur chaque trou de mine) ;
- engin de battage (impulsions répétées ou vibrations continues selon la cadence de frappe) ;
- engin de vibrofonçage (vibrations continues) ;
- engin de compactage (vibrations continues ou impulsions répétées selon le type d'engin et le mode de compactage) ;
- etc...

Les valeurs de vibrations ci-dessous sont des seuils absolus à ne pas dépasser.

Les laboratoires ayant la charge des études vibratoires devront faire apparaître sur leurs rapports d'analyse les valeurs mesurées selon les mêmes plages de fréquence associées aux seuils suivants :

Seuils de vibrations à respecter dans un périmètre de **30m** autour de la source d'émission :

Seuils de vibrations à respecter dans un périmètre de 50m autour de la source d'émission :

Tableau B		Seuils* pour vibrations <u>entretenu</u> es (continues, non transitoires)				
Ouvrages et installations		Déplacements	Vitesses particulaire en mm/s			
		F < 5 Hz	5 ≤ F < 10 Hz	10 ≤ F < 30 Hz	30 ≤ F < 100 Hz	F ≥ 100 Hz
État jugé résistant (1)		interdit **	5	6	8	10
État jugé sensible (2)***		interdit **	3	5	6	8
État jugé très sensible (3)****		interdit **	2	3	4	6
Plateforme et poteau caténaire		interdit **	5	10	15	20
*	Les seuils sont donnés à titre indicatif pour mener les essais préalables, selon des plages de fréquences (F) caractéristiques correspondant à une largeur de spectre réduite à 25% de la fréquence dominante (amplitude maximale du spectre). Les seuils définitifs sont fixés à l'issue de l'étude vibratoire.					
**	Sauf études spécifiques					
***	En présence d'appareillage électromécanique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
****	En présence d'appareillage électronique et informatique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
(1)	Structure ne présentant pas d'avarie particulière					
(2)	Structure à pathologie déclarée					
(3)	Structure sous surveillance particulière					

Seuils de vibrations à respecter dans un périmètre de **30m** autour de la source d'émission :

Seuils de vibrations à respecter dans un périmètre de 50 m autour de la source d'émission :

Tableau C		Seuils* pour vibrations <u>non entretenues</u> (transitoires, à impulsions répétées)				
Ouvrages et installations		Déplacements	Vitesses particulaire en mm/s			
		F < 5 Hz	5 ≤ F < 10 Hz	10 ≤ F < 30 Hz	30 ≤ F < 100 Hz	F ≥ 100 Hz
État jugé résistant (1)		interdit **	8	12	15	20
État jugé sensible (2)***		interdit **	6	9	12	15
État jugé très sensible (3)****		interdit **	4	6	9	12
Plateforme et poteau caténaire		interdit **	8	15	20	30
*	Les seuils sont donnés à titre indicatif pour mener les essais préalables, selon des plages de fréquences (F) caractéristiques correspondant à une largeur de spectre réduite à 25% de la fréquence dominante (amplitude maximale du spectre). Les seuils définitifs sont fixés à l'issue de l'étude vibratoire.					
**	Sauf études spécifiques					
***	En présence d'appareillage électromécanique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
****	En présence d'appareillage électronique et informatique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
(1)	Structure ne présentant pas d'avarie particulière					
(2)	Structure à pathologie déclarée					
(3)	Structure sous surveillance particulière					

Ces seuils sont reportés en annexe afin de permettre une diffusion indépendante du texte de l'IN 1226.

1.6 Seuils de vibrations – béton frais

Une précaution particulière s'impose lorsque des coulages de béton ont lieu dans les périmètres de surveillance de travaux avec tirs de mines ou engins mécaniques puissants.

Au cours de sa prise, le béton entre dans une phase critique pendant laquelle se forme son squelette. Il y a, pendant cette période, des risques d'endommagement irréversibles tels que des phénomènes de ségrégation et de micro fissuration provoqués par les vibrations.

La meilleure recommandation est de ne pas générer de vibrations mesurables (c'est à dire supérieures au niveau du bruit de fond) pendant toute la période de prise du béton.

La fin de cette période de prise est en pratique déterminée par l'atteinte d'une valeur minimale de la résistance à la compression déterminée pour chaque cas selon les spécificités du marché.

Sauf étude spécifique des effets d'une source de vibrations sur la prise d'un béton, les valeurs ci-dessous sont données à titre indicatif pour évaluer un arrêt et une reprise d'activités :

Tableau D		Seuils* de vibrations pour préservation du béton à jeune âge				
Heures écoulées ou Rc après coulage ou projection		Vitesses particulière en mm/s				
		F < 5 Hz	5 ≤ F < 10 Hz	10 ≤ F < 30 Hz	30 ≤ F < 100 Hz	F ≥ 100 Hz
0 à 2 heures		Voir seuils « état jugé très sensible » des tableaux A, B et C				
Rc < 10 MPa		Ne pas générer de vibrations				
10 MPa ≤ Rc < 15 MPa		2	5	10	15	20
Rc ≥ 15 MPa		3	10	15	20	30
*	Les seuils sont donnés à titre indicatif pour mener les essais préalables, selon des plages de fréquences (F) caractéristiques correspondant à une largeur de spectre réduite à 25% de la fréquence dominante (amplitude maximale du spectre). Les seuils définitifs sont fixés à l'issue de l'étude vibratoire.					

Ces seuils sont reportés en annexe afin de permettre une diffusion indépendante du texte de l'IN 1226.

1.7 Respect des seuils de vibration

1.7.1 Seuil absolu

Les seuils énoncés aux chapitres précédents sont des seuils absolus à ne pas dépasser.

Tout dépassement des seuils absolus impose un arrêt d'activité pour :

- inspection des structures instrumentées et environnantes pour recherche de dégradations nouvelles ;
- étude d'un nouveau mode opératoire ou d'un nouveau matériel.

Si aucune dégradation n'a été constatée, ou si des réparations ont été réalisées, la reprise des activités est soumise à l'obtention de nouveaux enregistrements de vibrations conformes aux seuils prescrits initialement.

1.7.2 Seuil de vigilance, ou seuil conseillé

Lors de chantiers comportant des activités générant des vibrations sur de longues durées (tirs de mines répétés, par exemple) il est conseillé d'appliquer un coefficient de l'ordre de 0,7 à 0,8 sur les valeurs des seuils absolus.

Ces nouveaux seuils, assimilés à des seuils de vigilance, permettent d'obtenir une marge de sécurité destinée à faire face à des augmentations de valeurs de vibrations générées par des aléas géologiques ou des imprévus techniques ou mécaniques.

Ainsi, en appliquant des seuils de vigilance lors de travaux répétitifs en terme de vibrations, des dépassements de seuils sont acceptables, s'ils restent inférieurs aux seuils absolus, et permettent :

- d'alerter sur un risque de non-conformité ;
- de ne pas arrêter les travaux pour inspection des structures environnantes ;
- de prévoir et d'étudier la mise au point d'un nouveau mode opératoire, ou d'un nouveau matériel, sans arrêter l'activité concernée, si les dépassements de seuils conseillés sont répétitifs.

2 Emploi d'explosifs

2.1 Description

2.1.1 Aspect réglementaire

Les responsabilités et obligations des entrepreneurs pour l'acquisition, le stockage et l'emploi d'explosifs, sont fixées par le **décret n°87-231 du 27 mars 1987**, concernant les prescriptions particulières de protection relatives à l'emploi d'explosifs dans les travaux du bâtiment, les travaux publics et les travaux agricoles.

L'article 4 de ce décret précise que l'entrepreneur qui organise les activités relatives au stockage, au transport et à la mise en œuvre des produits explosifs, doit notamment :

- a) *« Établir des notes de prescriptions indiquant et commentant les règles à observer. Ces notes sont réunies dans un cahier de prescriptions ;*
- b) *Établir les plans de tir ;*
- c) *Assurer la formation du personnel préposé au stockage, au transport et à la mise en œuvre des explosifs ;*
- d) *S'assurer que le travail est exécuté selon les prescriptions qu'il a établies ;*
- e) *En cas d'accident, d'incident grave ou de manifestations anormales, prendre l'initiative de toutes mesures nécessaires pour la sécurité. »*

Les points ci-dessus engagent donc la seule responsabilité des entrepreneurs autorisés à manier et mettre en œuvre des explosifs. La SNCF n'a pas compétence pour intervenir sur ces tâches.

Les chapitres suivant ont pour objet de décrire, d'une façon non exhaustive, les principaux explosifs pouvant être mis en œuvre sur des chantiers.

2.1.2 Explosifs

Pour une utilisation appropriée aux matériaux, à l'environnement et à la mise à feu, les fiches techniques de produits explosifs renseignent notamment :

- le domaine d'utilisation
- les caractéristiques techniques :
 - volumes de gaz et énergies libérées ;
 - les vitesses de détonation, etc...
- les limites d'utilisation :
 - conditionnement, résistance à l'eau ;
 - amorçage, pression et températures limites, etc...

Explosifs couramment utilisés en génie civil, par puissance décroissante :

Dynamites

Ce sont des mélanges à base de nitroglycérine, sous forme de cartouches avec étui papier paraffiné ou gaine plastifiée souple selon le diamètre (25 à 90mm).

Utilisation en mines horizontales ou verticales, pour des roches très dures.

Explosif très peu sensible à l'eau.

Émulsions

Ce sont des émulsions de type *eau dans huile*, contenant une base de nitrates d'ammonium et de sodium.

Conditionnement :

- en cartouches avec gaine plastique souple (diamètre 25 à 130mm)
- fabrication sur le site du minage : les produits initialement inertes sont mélangés et injectés dans les trous de mine depuis un camion aménagé spécifiquement. Le mélange n'acquiert son caractère explosif qu'au moment de la fabrication et du pompage dans le trou de mine.

Utilisation en mines horizontales ou verticales, pour roche dures.

Explosif peu sensible à l'eau.

Nitrate - fioul

Sous forme de granulés conditionnés en sacs, cet explosif est un mélange à base de nitrate d'ammonium et de fioul. Pour être explosif, ce produit doit être initié par une charge amorce ou du cordeau détonant.

Ce produit perd son pouvoir explosif en présence d'eau.

Utilisé uniquement en mines verticales, sa mise en œuvre par déversement en vrac présente un risque de dispersion des granulés en présence de terrain fracturé. Le remplissage de ces fracturations peut ainsi générer lors de la mise à feu des projections de matériaux non prévues.

Cordeau détonant

Sous forme de cordon, à base de pentrite recouvert d'une gaine plastifiée souple, cet explosif peut être utilisé de façon linéaire pour transmettre une onde de choc, ou en pelote pour créer une charge spécifique aux besoins.

Conditionné en rouleau, le cordeau détonant est principalement répertorié selon le poids d'explosif (en grammes) ramené au mètre linéaire de cordeau.

Eclateurs

Ce procédé pyrotechnique consiste à la mise à feu d'une cartouche de poudre comprimée dans un tube plastifié. La réaction thermique engendrée, destinée à éclater des blocs de roche, est plus rapide que l'usage d'un ciment expansif classique.

Expansion de plasma

Pour information, ce procédé non pyrotechnique consiste, à l'aide d'un générateur spécifique, à faire passer un intense courant électrique (de l'ordre de 3000 V et 2000 A) à travers des cartouches de poudre métallique (mélange à base de nitrate d'ammonium et d'aluminium).

Sous l'effet de ce courant, les cartouches se transforment en un plasma à très haute température se répandant dans les matériaux. Les microfissurations de la roche sont ainsi ouvertes et soufflées par le plasma en expansion.

L'avantage de ce procédé est de pouvoir établir un plan de tir en limitant certains effets des explosifs : projections, onde de choc, émission de gaz et poussières, etc.

Explosifs interdits

Le décret n°87-231 du 27 mars 1987 interdit l'utilisation d'oxygène liquide et de poudre noire sur les chantiers de bâtiment et de travaux publics (article 7).

2.1.3 Détonateurs et mises à feu

2.1.3.1 Détonateurs

Les principaux détonateurs utilisés pour amorcer les mines chargées sont de deux types :

- électriques
- non électriques

Détonateurs électriques

Au bout d'un double fil de cuivre isolé et normé, chaque corps de détonateur est constitué de deux chambres :

- une première chambre où une résistance électrique enflammera une longueur de poudre pyrotechnique pendant un temps défini avant d'amorcer la 2^{ème} chambre : constitution du temps de retard entre la mise à feu et l'explosion de la mine ;
- une deuxième chambre, remplie de pentrite, destinée à créer une onde de choc amorçant les explosifs mis en œuvre.

Il existe deux types de détonateurs électriques :

- détonateurs à haute, moyenne ou basse intensité, permettant d'obtenir plusieurs degrés de protection du circuit de tir selon l'environnement et les risques électriques du site. Les temps de retard sont prédéfinis ;
- détonateur électronique : détonateur à haute intensité comportant une puce électronique servant à programmer le temps de retard de chaque mine.

Détonateurs non électriques

Les corps de ces détonateurs sont identiques aux détonateurs électriques. Mais c'est un petit tube plastique creux, dont le diamètre intérieur est recouvert d'une poudre pyrotechnique, qui remplace le double fil de cuivre.

A l'autre extrémité de ce tube se trouve un boîtier relais comportant un système de fixation. Ce boîtier détermine un temps de retard et assure une connexion entre chaque détonateur.

La pellicule de poudre, en brûlant à l'intérieur des tubes, propage une onde de choc jusqu'à l'extrémité du détonateur.

Ce type de détonateur, insensible aux risques électriques, est recommandé aux abords des installations électriques ferroviaires.

2.1.3.2 Mises à feu

Tir électrique

Les fils de détonateurs et la ligne de tir sont reliés en série pour former un circuit de tir.

Un même tir peut comporter un seul circuit de tir (tir classique) ou plusieurs circuits de tirs (tir séquentiel). Le principe du tir séquentiel est d'effectuer une mise à feu décalée de chaque ligne de tir afin de démultiplier les temps de retards des mines.

Le tir électrique permet une vérification de chaque mine et du circuit de tir avec un ohmmètre avant la mise à feu (nb détonateurs x résistance d'un détonateur + résistance de la ligne de tir). Cette vérification permet d'éviter des ratés de tirs.

La mise à feu, en extrémité de ligne, est réalisée avec un explosor dont la capacité est calculée pour délivrer l'énergie électrique nécessaire à la mise à feu de l'ensemble des mines.

Tir non électrique

Selon les combinaisons de retards, les tubes de détonateurs sont reliés entre eux soit en série soit en en parallèle.

Une seule extrémité de ce circuit est destinée à la mise à feu à l'aide d'un détonateur spécifique ou d'un pistolet d'amorçage.

Ce système ne permet cependant pas une vérification du circuit de tir avant la mise à feu.

2.1.4 Plan de tir

Le plan de tir est établi par l'entrepreneur et précise notamment :

- la géométrie des mines (positions, profondeurs, diamètre, maillage, orientation, surface de dégagement du tir, etc...) ;
- la constitution des charges et le poids total d'explosifs mis en oeuvre ;
- la nature et la dimension du bourrage ;
- le type d'amorçage ;
- les temps de mise à feu de chaque mine ;
- les circuits de tirs ;
- les dispositifs de protections ;

- lieu, date et heure prévue du tir.

L'entrepreneur est responsable de la mise en œuvre, du calcul et du résultat du tir.

Son plan de tir doit être tenu à disposition des autorités administratives compétentes, de l'inspection du travail, des organismes de prévention, et des membres du CHSCT (décret 87-231 du 27 mars 1987).

2.1.5 Mise en œuvre des explosifs

Les modalités de mise en œuvre des explosifs et de mise à feu sont définies par le décret n°87-231 du 27 mars 1987.

Ces opérations sont confiées à du personnel qualifié (boutefeu) titulaire d'un permis de tir (Certificat de Préposé au Tir - CPT) délivré par une autorité préfectorale, et adapté à la technique du minage réalisé.

Seul le boutefeu a autorité pour effectuer une mise à feu en toute sécurité.

2.2 Analyse de risques – Travaux à l'explosif

2.2.1 Creusement – Terrassement

Vibrations

Les vibrations sont, au niveau des infrastructures, le risque le plus important du tir à l'explosif.

Leurs effets peuvent être parfaitement réduits et limités à des niveaux acceptables par l'application de procédures d'essais préalables et de contrôle des vibrations validées par le laboratoire chargé des mesures.

Projections

Les projections sont normalement peu importantes pour une mise en œuvre d'explosifs conforme à un plan de tir bien calculé.

A titre d'exemple, des projections peuvent avoir lieu en cas :

- d'hétérogénéité imprévisible des matériaux à miner ;
- plan de tir mal adapté générant des mines sur ou sous-chargées ;
- défaut de géométrie des mines lors de la foration ;
- défaut d'orientation de la surface de dégagement du tir ;
- défaut dans le mode de bourrage des mines.

Le périmètre de sécurité du tir, défini par l'entrepreneur, peut être complété par la mise en place d'un dispositif de protection contre les projections.

Selon les configurations du minage, ce dispositif peut consister à mettre en œuvre par exemple :

- un écran de retenue face au tir (merlon de matériaux, écran rigide en bois et/ou tôle, écran souple constitué de bandes transporteuse, géotextile + grillage, etc...) ;
- un matelas de retenue sur le tir (géotextile lesté, matelas de matériaux meubles type terre végétale, platelage bois ou métallique, etc...)

Il convient donc :

- de veiller au respect du plan de tir et de contrôler la géométrie des mines ;
- en sol fracturé ou hétérogène, d'éviter l'utilisation d'explosifs en vrac pouvant se répandre dans des failles et générer des poches de projections ;
- d'étudier l'environnement du tir pour interdire toute circulation dans le périmètre de sécurité ;
- de privilégier des dispositifs de protections en matériaux souples permettant de contenir des projections sans risque de rupture de ce dispositif à cause des poussées de gaz émises par le tir.

Poussières

Outre les aspects liés à la santé, les poussières émises par les tirs peuvent nuire au fonctionnement des installations électriques, signalétiques, mécaniques ou électroniques en s'introduisant dans les coffrets et contacteurs.

Il convient donc :

- soit de mettre en place des dispositifs étanches préservant les installations sensibles au risque poussières ;
- soit d'étudier la possibilité de tirer en fonction du vent, ou des possibilités d'arrosage des fumées de tir, afin de maîtriser le lieu de dépôt ou de dissipation des poussières.

Gaz et poussières

Les gaz produits par les tirs sont essentiellement des vapeurs nitreuses (NO, NO₂) et de l'oxyde de carbone (CO).

Les fumées et gaz d'échappements des engins (CO, NO, NO₂, SO₂, ...), les poussières et gaz émis par les travaux de creusement et de terrassement, augmentent la pollution de l'air et peuvent provoquer des atteintes à la santé.

Il est conseillé de se reporter aux recommandations de l'INRS et des CRAM, synthétisant les réglementations en vigueur, pour maîtriser ces pollutions et connaître les seuils d'exposition.

Pour information, les limites actuelles d'exposition sont :

Moyenne pour un poste de travail de 8 heures :

CO : 50 ppm (parties par million)

NO : 25 ppm

Poussières inhalables : 10 mg.m⁻³

Poussières alvéolaires : 0,1 mg.m⁻³ pour le quartz par exemple

Valeur maximale instantanée ou sur 15 minutes d'exposition :

NO₂ : 3 ppm

SO₂ : 5 ppm

Ondes aériennes et sonores

Ces ondes sont peu importantes en cas de tir correctement exécuté avec des temps de départ entre mines très rapprochés (de l'ordre de 25 millisecondes). Un tir bien réussi en minage vertical fait peu de bruit et ne donne pratiquement pas d'effet de souffle.

Il n'existe pas de réglementation en bâtiment et génie civil régissant les bruits générés par les tirs. En terrassement, la durée moyenne des tirs est en général inférieure à 3 secondes. En creusement souterrain, avec des tirs classiques non séquentiels, cette durée peut atteindre 6 secondes.

Concernant la protection de la santé, selon le code du travail, on considère que sans protections auditive l'ouïe est en danger à partir de 85 dB(A) pour une journée de travail de 8 heures.

Le bruit peut cependant paraître important :

- lors des projections décrites au paragraphe ci-dessus ;
- chaque fois que du cordeau détonant, ou une charge superficielle de pétardage, est utilisé à l'air libre.

Si l'environnement du site nécessite une atténuation du bruit, les précautions à prendre sont, outre une géométrie et un chargement conforme au plan de tir, la limitation d'emploi de cordeau détonant et de charges superficielles.

Lorsque l'emploi du cordeau détonant est indispensable à l'air libre, il convient alors de le recouvrir par une épaisseur supérieure à 10 cm de matériaux fins et meubles, comme du sable ou de l'argile, pour étouffer le bruit.

Il convient cependant d'attirer l'attention du maître d'ouvrage sur les prescriptions du **décret n° 95-22 du 09 janvier 1995** relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, notamment l'article 8 :

« Art. 8. - Préalablement au démarrage d'un chantier de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure de transports terrestres, le maître d'ouvrage fournit au préfet de chacun des départements concernés et aux maires des communes sur le territoire desquelles sont prévus les travaux et les installations de chantier les éléments d'information utiles sur la nature du chantier, sa durée prévisible, les nuisances sonores attendues ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances. Ces éléments doivent parvenir aux autorités concernées un mois au moins avant le démarrage du chantier.

Au vu de ces éléments le préfet peut, lorsqu'il estime que les nuisances sonores attendues sont de nature à causer un trouble excessif aux personnes, prescrire par un arrêté motivé, pris après avis des maires des communes concernées et du maître d'ouvrage, des mesures particulières de fonctionnement du chantier, notamment en ce qui concerne ses accès et ses horaires.

Faute de réponse dans le délai de quinze jours suivant la demande du préfet, cet avis est réputé favorable.

Lorsque les travaux concernent plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les préfets de ces départements.

Le maître d'ouvrage informe le public de ces éléments par tout moyen approprié. »

2.2.2 Démolition

Les travaux de démolitions génèrent les mêmes risques cités précédemment.

Cependant, des mesures complémentaires sont à envisager pour les nuisances suivantes :

Vibrations

Les explosions de charges sont principalement aériennes et ne génèrent pas, de façon directe, des vibrations ayant une répercussion sur les infrastructures environnantes.

Dans le cas de bâtiments industriels à démolir à l'explosif, les vibrations vont plutôt être provoquées par la chute des matériaux au sol.

Comme pour le principe d'un essai de tir, il convient alors de prévoir un essai de lâcher de masse qui permettra de connaître la loi de propagation des ondes dans le terrain afin de respecter les seuils de vibrations.

Par exemple, pour une opération consistant à abattre une cheminée industrielle de plusieurs dizaines de mètres de hauteur, un essai de lâcher de masse permettra de déterminer, en fonction des seuils prescrits, si la chute des matériaux nécessite ou non d'être amortie par un épais matelas de terrains meubles rapportés.

Projections

Les explosions de charges étant principalement aériennes, les risques de projections sont avérés. De plus, la présence d'armatures métalliques dans les structures à abattre augmente la dispersion des projections.

Les charges aériennes de démolition, présentant un risque direct pour l'environnement, sont généralement emmaillotées avec du géotextile retenu lui-même par du grillage fixé à la structure. Ce dispositif de protection est le plus couramment rencontré.

Poussières et bruit

Toujours à cause des charges aériennes, les facteurs bruit et poussières sont plus importants qu'en terrassement. Les protections collectives et périmètres de sécurité devront donc être dimensionnées en conséquence.

2.3 Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d'ouvrage ferroviaire (RFF ou SNCF)

A noter :

Pour plus de clarté dans les chapitres qui suivent, le terme « essai de tir » sera à remplacer par « essai de lâcher de masse » afin d'appliquer ces recommandations aux travaux de démolition à l'explosif dont la configuration ne permet pas la réalisation d'un essai de tir.

2.3.1 Phase conception

Coordonnateur SPS

a) Coordination

En phase conception, et tout particulièrement pour les risques ferroviaires liés à la santé et à la sécurité des personnes, la coordination est essentielle entre intervenants afin d'être relayée à la maîtrise d'œuvre constituant le projet.

La conception du projet nécessite une étude de l'environnement et des contraintes liées par exemple :

- aux circulations ferroviaires, routières et piétonnes (déterminer les plages horaires et modalités permettant de réaliser des travaux à l'explosif)
- aux risques électriques (réseaux, courants de traction, etc...)
- à la présence de public à proximité, et aux agents de sécurité nécessaires
- aux recommandations des organismes de santé

b) Analyse de risques

L'environnement de l'opération est étudié par le coordonnateur SPS pour établir une analyse de risques renseignée au Plan Général de Coordination (PGC) dès la phase conception. Cette analyse est complémentaire de l'analyse de risque globale de l'opération établie par la MOE.

Le PGC définit l'ensemble des mesures propres à prévenir les risques en matière de Sécurité et Protection de la Santé.

Le PGC est une pièce du dossier de consultation des entreprises.

Maîtrise d'œuvre (MOE)

a) Etude de l'environnement ferroviaire

L'utilisation d'explosif nécessite, dans un rayon de 200m autour des tirs, l'étude de toutes les structures présentes dans ce périmètre d'influence, qu'elles soient ferroviaires ou non, afin de définir les seuils de vibrations à appliquer.

Les services ayant en charge la maintenance et/ou la surveillance des infrastructures ferroviaires concernées dans ce périmètre doivent remettre à la MOE un état des lieux qui permettra de définir les seuils de vibrations admissibles selon l'état des structures.

Dans le cas de structures appartenant à un tiers, ou à défaut de rapport ou de fiche d'inspection détaillée, une visite contradictoire des lieux avec le propriétaire s'impose pour définir l'état des structures et les seuils à retenir.

Pour retenir une série de seuils (définies plus haut au paragraphe 1.4 Seuils de vibrations – tirs de mines), il convient alors de retenir les points les plus défavorables entre :

- les structures sensibles ou sur surveillance ;
- les structures les plus proches des tirs envisagés.

Sous réserve des résultats d'un essai de tir caractérisant la loi d'amortissement du terrain, il est convenu que plus la distance tir / point à surveiller augmente, plus les vibrations sont atténuées.

La délimitation du ou des périmètres de sécurité, ainsi que les protections collectives que la MOE doit intégrer au projet pour prévenir les risques de projections, poussières et gaz, seront à étudier avec le coordonnateur SPS afin d'être conforme aux principes généraux de prévention et à l'analyse de risque globale de l'opération.

b) Prescriptions du marché

La MOE doit notamment intégrer aux pièces administratives et techniques du Marché :

- les seuils de vibrations admissibles aux infrastructures présentes dans l'environnement proche des tirs ;
- les points concernés par ces seuils ;
- l'obligation pour l'entrepreneur de réaliser un essai préalable afin de dimensionner les tirs de mines et maîtriser leurs incidences ;
- un contrôle continu consistant à enregistrer les vibrations de chaque tir sur les points concernés par cette surveillance ;
- la mise en place de dispositifs de protections contre les risques liés à l'utilisation d'explosifs (projections, poussières, gaz)
- les restrictions spécifiques liées à l'emploi d'explosifs et définies au PGC. Par exemple : plages horaires de tir, procédure de tir à valider avec l'exploitation ferroviaire, mise à disposition de personnel de sécurité, etc... ;
- un renvoi au PGC pour les dispositions particulières en matière de sécurité et protection de la santé ;
- un renvoi au décret n°87-231 du 27 mars 1987 *concernant les prescriptions particulières de protection relatives à l'emploi d'explosifs dans les travaux du bâtiment, les travaux publics et les travaux agricoles* ;
- l'obligation de réaliser un état des lieux contradictoire avant puis après travaux à l'explosif. Toute réparation de dommage éventuel sera à la charge de l'entrepreneur si sa responsabilité est avérée.

2.3.2 Phase réalisation

Coordonnateur SPS

Conformément au règlement RH 0318 (complété par les RH 0335, 0354 et 0366), en application du code du travail en vigueur, l'entrepreneur ne pourra démarrer ses travaux qu'après :

- inspection commune du site avec le coordonnateur SPS ;
- validation, par le coordonnateur SPS, d'un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) conforme aux prescriptions du PGC.

Maîtrise d'œuvre (MOE)

a) Dispositions préalables aux travaux

Au minimum, deux points préalables sont nécessaires :

- Un état des lieux contradictoire entre MOE et entrepreneur définissant les points particuliers à surveiller.
Il est conseillé de compléter cet état des lieux avec des séries de photos.
Si l'environnement semble propice aux litiges, notamment avec des riverains, il est conseillé de faire établir des constats préalables par une autorité compétente indépendante du maître d'œuvre et de l'entrepreneur (huissier par exemple).
- La réalisation d'un essai de tir à la charge de l'entrepreneur et de son laboratoire de mesure.

Si le site de minage ne comporte pas d'ouvrages de génie civil, mais des installations classiques (par exemple massifs de poteaux, aqueducs,...) sur une assise de voies en remblais, l'état des lieux initial peut être complété par un nivellement de précision des voies au droit des zones de tir.

Un nouveau nivellement de précision en fin de travaux, réalisé sur les mêmes repères, permettra de donner une indication sur un éventuel remaniement des matériaux de la plateforme ferroviaire causé par les tirs.

L'essai de tir, que l'entrepreneur et le laboratoire définissent et programment avec l'accord de la MOE, peut avoir lieu :

- soit sur un tir dit « bloqué » : enregistrement de la mise à feu de 1 à 3 mines de faible charge. Ces mines sont disposées de façon indépendante dans le massif à étudier, et leur mise à feu ne génère pas de dégagement de matériaux ;
- soit, en tant que point d'arrêt, sur le premier tir de production réalisé à échelle réduite.

L'entrepreneur devra donc remettre à la MOE :

- une procédure d'essai de tir permettant de valider le lieu des essais, le positionnement des capteurs et les hypothèses de respect des seuils ;

- l'analyse de l'essai de tir permettant de justifier par la suite des charges de minage respectant les prescriptions du marché.

La MOE se réserve la possibilité de refuser le projet d'essai si celui-ci ne présente pas toutes les garanties notamment en terme de sécurité et de stabilité des ouvrages.

b) Visa de documents

Procédure d'exécution

La MOE doit valider la procédure d'exécution des travaux comportant du minage, après avoir vérifié notamment :

- la prise en compte des principes généraux de prévention et des prescriptions du PGC, notamment pour :
 - définition du périmètre de sécurité ;
 - la mise en place de protections collectives ;
 - procédure de mise à feu conforme aux prescriptions de l'exploitant ;
 - reprise des activités après le tir.
- la prise en compte des prescriptions indiquées aux pièces du Marché ;
- la prise en compte des résultats et analyses de l'essai de tir ;
- l'édition d'une procédure annexe pour palier aux risques :
 - d'incident ou de raté de tir ;
 - de dépassement des seuils de vibrations.

Le plan de tir

La MOE n'a pas à viser le plan de tir.

L'entrepreneur a obligation, par la loi, de dresser un plan de tir avant tout travaux à l'explosif. Ces plans de tir sont calculés et établis par l'entrepreneur qui engage sa propre responsabilité.

Sur ce point, le rôle de la MOE consiste à contrôler que les modalités de mise à feu et les charges annoncées sur le plan de tir sont conformes aux prescriptions du marché, c'est-à-dire conformes aux conclusions de l'essai de tir à ce stade des opérations.

c) Suivi des travaux

Avant chaque tir, l'entrepreneur doit remettre un plan de tir à la MOE afin d'obtenir l'autorisation de tirer pour le lieu, date et heure indiqués sur ce plan de tir.

Avant d'autoriser le tir, la MOE doit vérifier :

- que le créneau de tir est libre de toute contrainte ;
- que les charges d'explosif indiquées au plan de tir respectent la charge unitaire instantanée définie par le laboratoire de mesure sur le rapport d'essai de tir ;
- que les éventuelles non conformités des tirs précédents ont été traitées.

Points d'arrêt pour réaliser un tir T, relevant des prescriptions du marché :

- établissement d'un état des lieux contradictoire avant travaux ;

- remise des enregistrements de vibrations du tir T-1 pour contrôle des seuils par plages de fréquences ;
- obtention de l'autorisation de tirer le tir T ;
- mise en place des capteurs destinés à l'enregistrement des vibrations du tir T ;

Points critiques :

- géométrie du tir (maillage des mines, profondeur, diamètre, orientation, etc...) ;
- chargement du tir ;
- mise en place des protections et matérialisation du périmètre de sécurité.

A tout moment aux cours des travaux, la MOE pourra demander à l'entrepreneur de nouvelles propositions de méthodes de tirs si les résultats obtenus ne répondent plus aux prescriptions imposées.

2.3.3 Fin des travaux

A l'issue des travaux ayant nécessité l'emploi d'explosifs, la MOE et l'entrepreneur doivent dresser un état des lieux contradictoire, à comparer à l'état des lieux initial, afin d'attester que les infrastructures environnantes ont été préservées.

Si des dégradations dues à l'emploi d'explosifs sont constatées, leurs réparations à la charge de l'entrepreneur devront faire l'objet de réserves sur les procès verbaux de réception des travaux.

Sur le même principe des plans de récolement de génie civil et de bâtiment établis en fin de travaux, l'entrepreneur devra remettre à la MOE une note de synthèse récapitulant l'ensemble des travaux réalisés à l'explosif.

Ce document doit récapituler toutes les études et prestations liées à l'emploi d'explosifs, en y annexant notamment :

- tout plan utile à la localisation des tirs, et leur phasage, par rapport aux ouvrages et infrastructures ;
- tous les plans de tirs accompagnés de leurs enregistrements de vibration ;
- les constats et états des lieux.

Cette note de synthèse doit conclure sur l'effet des tirs au niveau des infrastructures surveillées.

2.4 Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d'ouvrage non ferroviaire

Sont développés ici les points concernant des travaux dont la SNCF n'est ni le maître d'œuvre, ni le représentant du maître d'ouvrage.

Il s'agit de travaux « tiers » pouvant avoir une incidence sur les activités et infrastructures ferroviaires.

Lorsque l'entreprise SNCF est consultée par un entrepreneur, ou un organisme, en vue de réaliser des travaux avec emploi d'explosif à proximité ou dans les emprises ferroviaires, il convient dans un premier temps de prendre contact avec les représentants de l'opération concernée :

- Maître d'œuvre
- Maître d'ouvrage
- Coordonnateur SPS désigné par le maître d'ouvrage.

Sont à communiquer à ces représentants les coordonnées de tous services SNCF dont l'activité risque d'être impactée par les travaux à l'explosif.

Il est impératif d'alerter au plus tôt tout intervenant sur les risques ferroviaires.

Le but est de renseigner au mieux le coordonnateur SPS et le MOE de cette opération afin qu'ils intègrent à leur marché les points spécifiques au domaine ferroviaire détaillés ci-dessus aux paragraphes 2.3.1 Phase conception et 2.3.2 Phase réalisation.

2.4.1 Convention

Par le biais d'une convention entre le maître d'ouvrage de l'opération et la SNCF gestionnaire de l'infrastructure déléguée, il convient d'officialiser les modalités et prescriptions ferroviaires particulières en vue des travaux de minage :

- les seuils de vibrations admissibles par les infrastructures ferroviaires présentes dans l'environnement proche des tirs ;
- un état des lieux initial détaillant les points nécessitant une surveillance ;
- l'obligation pour l'entrepreneur de réaliser un essai préalable afin de dimensionner les tirs de mines et maîtriser leurs incidences ;
- un contrôle continu consistant à enregistrer les vibrations de chaque tir sur les points concernés par cette surveillance ;
- la mise en place de dispositifs de protections contre les risques liés à l'utilisation d'explosifs (projections, poussières,...)
- les restrictions spécifiques liées à l'emploi d'explosifs à proximité ou dans les emprises ferroviaires. Par exemple : plages horaires de tir, procédure de tir à valider avec l'exploitation ferroviaire, mise à disposition de personnel de sécurité, etc... ;

- l'estimation du coût, et la prise en charge, du personnel SNCF mis à disposition et des dispositifs de sécurité ferroviaire nécessaires au déroulement des travaux de minage ;
- la prise de charge d'éventuels travaux de réparations de dommages.

2.4.2 Phase travaux

La SNCF ne se substitue pas au MOE de l'opération engagée, qui lui seul est responsable des contrôles et visas.

Dans ce cas, lorsque la SNCF intervient à titre de tiers ou de riverain, elle ne peut légalement imposer aux intervenants de l'opération qu'une obligation de résultat conforme à la préservation de son domaine.

Seuls les documents d'exécution ayant une incidence sur le domaine ferroviaire et son exploitation peuvent être soumis à l'avis des services SNCF qualifiés afin de délivrer des autorisations de tirs.

A tout moment aux cours des travaux, la SNCF pourra demander au MOE que l'entrepreneur propose de nouvelles méthodes de tirs si les résultats obtenus ne répondent plus aux prescriptions imposées.

2.4.3 Fin des travaux

A l'issue des travaux ayant nécessité l'emploi d'explosifs, la SNCF, la MOE et l'entrepreneur doivent dresser un état des lieux contradictoire, à comparer à l'état des lieux initial, afin d'attester que les infrastructures environnantes ont été préservées.

Si des dégradations dues à l'emploi d'explosifs sont constatées, leurs réparations sont à la charge de l'entrepreneur.

Pour compléter ses dossiers de maintenance, la SNCF demandera une note de synthèse récapitulant l'ensemble des travaux réalisés à l'explosif. Ce document doit récapituler toutes les études et prestations liées à l'emploi d'explosifs, en y annexant notamment :

- tout plan utile à la localisation des tirs, et leur phasage, par rapport aux ouvrages et infrastructures ;
- tous les plans de tirs accompagnés de leurs enregistrements de vibrations ;
- les constats et états des lieux.

Cette note de synthèse doit conclure sur l'effet des tirs au niveau des infrastructures surveillées.

2.5 Exploitation de carrières

Les règles d'exploitation qui s'imposent aux carrières souterraines et à ciel ouvert sont définies au Code Minier et au Règlement Général des Industries Extractives (RGIE).

L'ensemble de ces réglementations, ainsi que toute disposition particulière et distance limite d'exploitation par rapport au domaine ferroviaire, sont rappelées dans l'IN 0004 - *Conservation du domaine du chemin de fer et servitudes. Dispositions d'ensemble* (ex IG AG 2 E O n°1).

Une demande d'autorisation d'exploitation de carrière est soumise à autorisation préfectorale, précédée d'une enquête publique durant laquelle la SNCF doit faire connaître ses prescriptions de sécurité ferroviaire.

Si l'exploitation de la carrière est autorisée, il est possible d'intégrer dans l'arrêté préfectoral les dispositions de sécurité ferroviaires notamment celles concernant les mesures de vibration.

L'extension d'une carrière à proximité du domaine ferroviaire peut être sujette à une modification de l'arrêté préfectoral, ou à une convention entre le carrier et l'exploitant ferroviaire, afin de spécifier les dispositions particulières nécessaire à la préservation des installations ferroviaires.

Toutes les dispositions décrites ci-dessus en matière d'étude vibratoire et d'utilisation d'explosifs sont applicables pour limiter les nuisances des tirs de mines en carrière.

En cas de modification du type d'exploitation de la carrière, ou de mesures jugées insuffisantes au cours de l'exploitation de celle-ci, la SNCF peut demander une modification de l'arrêté préfectoral.

3 Engins mécaniques puissants

3.1 Conditions d'utilisation

Le terme *engins mécaniques puissants* regroupe des catégories d'engins de travaux publics tels que :

- brise-roche ;
- foreuse ;
- engin de battage ;
- engin de vibrofonçage ;
- engin de compactage ;
- etc...

Ces engins peuvent engendrer des effets sismiques pouvant entraîner une désorganisation des sols et causer des dégâts aux infrastructures ferroviaires.

3.1.1 Engins de frappe

Ces engins sont caractérisés par leur valeur énergétique.

Cette valeur, utilisée pour distinguer des catégories d'engins, est théorique. La valeur réelle peut varier selon les constructeurs et l'état d'usure des engins étudiés.

$$E = (98,1 \times P \times C \times \eta) / N$$

avec : E = énergie en joules (par coup)
P = Pression en bar
C = Débit d'huile en litre/minute
N = Cadence en coup /minute
 η = Rendement = 1 pour notre classement

1ère catégorie – Engins légers ou de faible puissance

Cette catégorie d'engins, ne délivrant qu'une faible énergie vibratoire, est autorisée sans restriction à proximité des ouvrages et installations dans la plupart des cas.

Sont notamment concernés :

- Brise-roche dont l'énergie de frappe maximale est inférieure à 1800 joules par coup
- Pelles et engins mécaniques travaillant uniquement au ramassage, au chargement et/ou à l'extraction de terrain meuble
- Sondeuses ou perforatrices légères (moins de 20 KW), les marteaux perforateurs légers manœuvrables à la main

- Scies diamantées ou disques abrasifs
- marteaux piqueurs et autres outils à main

2^{ème} catégorie – Engins de puissance moyenne

Cette catégorie regroupe des engins pouvant produire des ébranlements selon la géologie des sites, les conditions d'emploi, et ouvrages et installations présents à proximité.

Les distances limites d'utilisation, à moins de 30m des infrastructures, doivent être confirmées après essai et mesures de vibrations.

Sont notamment concernés :

- Brise-roche dont l'énergie de frappe maximale est comprise entre 1800 et 2500 joules par coup
- Engins de battage
- Pelles, défonceuses, haveuses, fraises mécaniques, de puissance inférieure à 300 kW
- Tous les engins de foration

3^{ème} catégorie – Engins lourds et de forte puissance

Cette catégorie regroupe des engins pouvant produire des ébranlements grave, même à de grande distance.

Leur utilisation est interdite sans reconnaissance du terrain encaissant, étude spécifique des structures d'ouvrages, essais et mesures vibratoires définissant ainsi, par la loi de propagation des vibrations, les distances limites d'utilisation aux abords des infrastructures ferroviaires.

Sont notamment concernés :

- Brise-roche et marteau de battage dont l'énergie de frappe est supérieure à 2500 joules par coup
- Pelles, défonceuses, haveuses, fraises mécaniques, de puissance supérieure à 300 kW
- Engins de foration lourds (dont sondeuse de puissance supérieure à 50 kW)

3.1.2 Engins de vibrofonçage

Se référer à l'IN 0033 et à l'IN 3727 *Guide d'analyse des risques de tassement du sol liés au vibrofonçage (texte interne SNCF)*.

Sans études, reconnaissances spécifiques et essais préalables évoqués dans l'IN 3727, la technique du vibrofonçage est **interdite à moins de 50m** des installations ferroviaires.

3.1.3 Engins de compactage

1ère catégorie – Engins légers

Dans la plupart des cas cette catégorie d'engins est autorisée sans restriction à proximité des ouvrages et installations.

Sont notamment concernés :

- Compacteurs à pneus de poids inférieur à 10 tonnes,
- Compacteur à rouleaux de poids inférieur à 5 tonnes,
- Rouleaux et plaques vibrantes de type léger à conducteur non porté ,

2^{ème} catégorie – Engins de puissance moyenne à forte

Cette catégorie regroupe les autres engins de compactage pouvant produire des ébranlements selon la géologie des sites, les conditions d'emploi, les ouvrages et installations présents à proximité.

Les distances limites d'utilisation, à moins de 30m des infrastructures, doivent être définies après essai et mesures de vibrations.

3.2 Nuisances dues à l'utilisation d'engins mécaniques puissants

3.2.1 Origine des ébranlements

La nocivité des ébranlements provenant des engins est essentiellement due à l'énergie vibratoire développée et aux fréquences associées.

Les ébranlements peuvent avoir pour causes :

- **L'effet de choc**

Cet effet, essentiellement généré par tous les outils de frappe (marteau brise-roche, marteau de battage, masse de compactage dynamique, ...), est également valable pour d'autres engins (pelles, défonceuses, ...) en raison des réactions du sol vis-à-vis des impacts et déplacements des engins porteurs.

Les nuisances les plus importantes sont rencontrées au cours de chocs très rapprochés où les vibrations peuvent produire des phénomènes de résonance sur les structures.

Les risques sont moins importants pour des chocs espacés (compactage dynamique par exemple) où c'est surtout l'amplitude de vibration lors de chaque choc qu'il faut considérer.

- **L'effet vibratoire**

Cet effet résulte du vibrofonçage, du compactage vibrant et, parfois, de la vibration du béton.

Dans le cas de coulage de revêtement de tunnel, ou de chemisage de tunnel, la fissuration constatée après travaux n'est peut être pas étrangère aux vibrations induites par les réactions du coffrage s'appuyant sur un plot déjà coulé lors de la vibration du béton.

Dans cette hypothèse, les risques de vibrations entretenues et de résonance sont certains. Ils dépendent à la fois de la fréquence vibratoire et de la puissance des engins.

Certaines installations fixes, comme des installations de machines de compression d'air, de fourniture d'électricité, de ventilation, etc., peuvent également être à l'origine de ce phénomène.

- **L'effet de « broutage » et de « rebondissement »**

C'est un effet ponctuel commun à tous les engins puissants ne travaillant pas réellement en continu.

Par exemple, une pelle puissante travaillant en attaque directe sur du rocher peut engendrer ponctuellement des vibrations égales ou supérieures à celles induites par un brise-roche de forte puissance.

La puissance des engins est le critère essentiel de nocivité à retenir.

3.2.2 Caractéristiques des ébranlements

Les engins mécaniques génèrent dans un site donné des ébranlements caractérisés par leur répétitivité, leur durée, les fréquences et leur nature.

Les niveaux de vibration sont variables. Les points remarquables sont notamment :

- les très basses fréquences proches des fréquences de résonance des structures ;
- les hautes fréquences induites par une énergie délivrée trop élevée ;
- les périodes transitoires de démarrage et d'arrêt de certains engins.

3.2.3 Mesures des ébranlements

Les mesures de vibrations doivent avoir lieu dans une zone d'essai représentative pendant les périodes de travail de l'engin concerné, incluant les phases de démarrage et d'arrêt. Elles sont pratiquées pour chaque type d'engin susceptible de générer des ébranlements.

Les capteurs doivent être mis en place au plus proche de la source d'émission des vibrations, généralement à la base des ouvrages, au niveau des fondations.

Les mesures font l'objet d'enregistrements complets par plages de fréquences.

Etant donné la prédominance pour certains phénomènes de résonance à basses fréquences inférieures à 5 Hertz, l'emploi de capteurs de fréquence propre 1 ou 2 Hz pourra être demandé dans certains cas afin de mener des études spécifiques.

L'opération de mesurage consiste à :

- faire l'enregistrement complet des vibrations en vitesses particulières, notamment pendant les phases de démarrage et d'arrêt des engins, avec établissement du spectre des fréquences ;
- déterminer les régimes vibratoires générés en fonction des différents modes de réglage et d'utilisation de l'engin y compris pour les phases transitoires de démarrage et d'arrêt ;
- déterminer, pour chaque régime identifié, les caractéristiques des vibrations : leur nature (entretenu ou non entretenu), amplitudes, fréquences, ... ;
- de vérifier le respect des seuils de vibration associés à ces caractéristiques (tableaux B et C) ;
- de mettre en évidence les lois d'atténuation des vibrations et de préciser les distances limites autorisées entre engins et structure à surveiller ;
- de définir les conditions d'utilisation des engins ;
- de fixer les modalités du contrôle des vibrations pendant les travaux ;

Les mesures seront réalisées jusqu'à utiliser la puissance maximale de l'engin en fonction des seuils de vibration préconisés.

Le laboratoire chargé des mesures devra remettre une analyse des mesures effectuées par engin, comportant :

- la description de la campagne de mesure
- le repérage des capteurs et la zone d'activité de l'engin
- les caractéristiques de l'engin
- les distances entre point de fonctionnement de l'engin et capteurs de mesure
- pour chaque direction de mesure (x,y,z), le signal brut enregistré (non filtré) des vitesses particulières, le spectre des fréquences, la fréquence dominante et les deux domaines de fréquences caractéristiques : plages de fréquences à 25 et 50% de l'amplitude maximale.
- la mise en évidence des lois d'amortissement
- les seuils à respecter (sur la base des tableaux B et C)
- les préconisations techniques pour garantir l'intégrité des installations ferroviaires
- les dispositions du contrôle pendant les travaux.

3.2.4 Nuisances sonores

L'environnement du chantier est à étudier afin d'utiliser des engins mécaniques puissants et/ou des méthodes d'exécutions appropriés. Un brise-roche fonctionnant en journées complètes sur un site urbain illustre le cas de pollution sonore le plus souvent rencontré.

Il convient donc d'attirer l'attention du maître d'ouvrage sur les prescriptions du **décret n° 95-22 du 09 janvier 1995** relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, notamment l'article 8 :

« Art. 8. - Préalablement au démarrage d'un chantier de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure de transports terrestres, le maître d'ouvrage fournit au préfet de chacun des départements concernés et aux maires des communes sur le territoire desquelles sont prévus les travaux et les installations de chantier les éléments d'information utiles sur la nature du chantier, sa durée prévisible, les nuisances sonores attendues ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances. Ces éléments doivent parvenir aux autorités concernées un mois au moins avant le démarrage du chantier.

Au vu de ces éléments le préfet peut, lorsqu'il estime que les nuisances sonores attendues sont de nature à causer un trouble excessif aux personnes, prescrire par un arrêté motivé, pris après avis des maires des communes concernées et du maître d'ouvrage, des mesures particulières de fonctionnement du chantier, notamment en ce qui concerne ses accès et ses horaires.

Faute de réponse dans le délai de quinze jours suivant la demande du préfet, cet avis est réputé favorable.

Lorsque les travaux concernent plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les préfets de ces départements.

Le maître d'ouvrage informe le public de ces éléments par tout moyen approprié. »

3.3 Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d'ouvrage ferroviaire (RFF ou SNCF)

3.3.1 Phase conception

Coordonnateur SPS

a) Coordination

En phase conception, et tout particulièrement pour les risques ferroviaires liés à la santé et à la sécurité des personnes, la coordination est essentielle entre intervenants afin d'être relayée à la maîtrise d'œuvre constituant le projet. Cette analyse est complémentaire de l'analyse de risque globale de l'opération établie par la MOE.

La conception du projet nécessite une étude de l'environnement et des contraintes liées par exemple :

- aux circulations ferroviaires, routières et piétonnes ;
- aux risques électriques (réseaux, courants de traction, ...) ;
- à la présence de public à proximité, et aux agents de sécurité nécessaires ;
- aux recommandations des organismes de santé.

b) Analyse de risques

L'environnement de l'opération est étudié par le coordonnateur SPS pour établir une analyse de risques renseignée au Plan Général de Coordination (PGC) dès la phase conception.

Le PGC définit l'ensemble des mesures propres à prévenir les risques en matière de Sécurité et de Protection de la Santé.

Le PGC est une pièce du dossier de consultation des entreprises.

Maîtrise d'œuvre (MOE)

a) Etude de l'environnement ferroviaire

L'utilisation d'engins mécaniques puissants nécessite, dans un rayon minimal de 30m autour du champ d'action, l'étude de toutes les structures présentes dans ce périmètre d'influence, qu'elles soient ferroviaires ou non, afin de définir les seuils de vibrations à appliquer.

Les services ayant en charge la maintenance et/ou la surveillance des infrastructures ferroviaires présentes dans ce périmètre doivent remettre à la MOE un état des structures qui permettra de définir les seuils de vibrations admissibles définis au paragraphe 1.5 Seuils de vibrations – engins mécaniques puissants.

A défaut de procès verbal d'inspection détaillée datant de moins de trois ans, ou dans le cas d'ouvrages ou de bâtiments n'appartenant pas au domaine ferroviaire, une visite contradictoire des lieux avec le propriétaire s'impose pour définir l'état des structures et les seuils à retenir.

Pour retenir une série de seuils, il convient alors de retenir les points les plus défavorables entre :

- les infrastructures sensibles et/ou sous surveillance ;
- les structures les plus proches des zones d'influence des engins.

Sous réserve des résultats d'un essai de convenance caractérisant la loi d'amortissement des vibrations dans le terrain, il est convenu que plus la distance engin / point à surveiller augmente, plus les vibrations sont atténuées.

La délimitation du ou des périmètres de sécurité, ainsi que les protections collectives, que la MOE doit intégrer au projet pour prévenir les risques, seront à étudier avec le coordonnateur SPS afin d'être conforme aux principes généraux de prévention et à l'analyse de risque globale de l'opération.

b) Prescriptions du marché

La MOE doit notamment intégrer aux pièces administratives et techniques du Marché :

- les seuils de vibrations admissibles aux infrastructures présentes dans le périmètre d'influence des engins ;
- les points concernés par la surveillance de ces seuils ;
- l'obligation pour l'entrepreneur de réaliser un essai de convenance préalable aux travaux, pour chaque type d'engin mécanique puissant, afin de vérifier le respect des seuils imposés ;
- un contrôle des vibrations émises en phase réalisation de travaux ;
- la mise en place de protections collectives contre les risques liés à l'utilisation d'engins mécaniques puissants et au phasage des travaux (chutes de matériaux, poussières, circulations, ...)
- la mise au point d'un plan de circulation des engins définissant également les cheminements piétons ;
- les restrictions spécifiques définies au PGC. Par exemple : plages horaires d'intervention ou procédure à valider avec l'exploitation ferroviaire, mise à disposition par la SNCF de personnel de sécurité, etc... ;
- un renvoi au PGC pour les dispositions particulières en matière de sécurité et protection de la santé ;
- l'obligation de réaliser un état des lieux contradictoire avant puis après travaux sur les installations visées par une surveillance particulière. Toute réparation de dommage éventuel sera à la charge de l'entrepreneur si sa responsabilité est avérée.

3.3.2 Phase réalisation

Coordonnateur SPS

Conformément au règlement RH 0318 (complété par les RH 0335, 0354 et 0366), en application du code du travail en vigueur, l'entrepreneur ne pourra démarrer ses travaux qu'après :

- inspection commune du site avec le coordonnateur SPS ;
- validation, par le coordonnateur SPS, d'un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) conforme aux prescriptions du PGC.

Maîtrise d'œuvre (MOE)

a) Dispositions préalables aux travaux

Au minimum, deux points préalables sont nécessaires :

- Un état des lieux contradictoire entre MOE et entrepreneur définissant les points particuliers à surveiller.
Il est conseillé de compléter cet état des lieux avec des séries de photos.
Si l'environnement semble propice aux litiges, notamment avec des riverains, il est conseillé de faire établir des constats préalables par une autorité compétente indépendante du maître d'œuvre et de l'entrepreneur (huissier par exemple).
- La réalisation, pour chaque type d'engin, d'un essai de convenance à la charge de l'entrepreneur et de son laboratoire de mesure, consistant à enregistrer les vibrations émises.

Si le site des travaux ne présente pas d'ouvrages mais des installations classiques (par exemple massifs de poteaux, aqueducs,...) sur une assise de voies en remblais, l'état des lieux initial peut être complété par un nivellement de précision des voies au droit des zones d'activités des engins mécaniques puissants.

Un nouveau nivellement de précision en fin de travaux, réalisé sur les mêmes repères, permettra de donner une indication sur un éventuel remaniement des matériaux de la plateforme ferroviaire pouvant être causé par les vibrations de ces engins.

L'essai de convenance, que l'entrepreneur et le laboratoire définissent et programment avec l'accord de la MOE, doit avoir lieu sur une zone représentative des travaux à réaliser.

L'entrepreneur devra donc remettre à la MOE :

- une procédure d'essai de convenance permettant de valider le lieu des essais, le positionnement des capteurs et les hypothèses de respect des seuils ;
- l'analyse des enregistrements permettant de déterminer les conditions d'utilisation d'un engin mécanique puissant.

La MOE se réserve la possibilité de refuser le projet d'essai si celui-ci ne présente pas toutes les garanties notamment en terme de sécurité et de stabilité des ouvrages.

b) Visa de documents**Procédure d'exécution**

Avant tout démarrage de travaux, la procédure d'exécution de l'entreprise doit être visée par la MOE afin de vérifier et valider :

- la prise en compte des principes généraux de prévention et des prescriptions du PGC, notamment pour :
 - définition du périmètre de sécurité ;
 - définition des plans de circulation ;
 - la mise en place de protections collectives ;
 - conformité des procédures d'exécution en rapport aux prescriptions de l'exploitant.
- la prise en compte des prescriptions indiquées aux pièces du Marché ;
- la prise en compte des résultats et analyses de l'essai de convenance ;
- les dispositions envisagées pour le contrôle et le suivi des vibrations ;
- l'édition d'une procédure annexe pour palier aux risques :
 - d'incident ou de dégradation ;
 - de dépassement des seuils de vibrations.

c) Exécution des travaux

Avant d'autoriser le démarrage des travaux, ou d'une phase particulière des travaux, la MOE doit s'assurer de la mise en application des dispositions indiquées :

- au PPSPS de l'entreprise : protections collectives, horaires d'intervention validés par l'exploitation ferroviaire, signalisation, balisage de zone d'intervention, etc... ;
- à la procédure d'exécution : localisation de la zone de travail, implantation et installation du matériel de suivi des vibrations, conformité des matériels et matériaux, etc...

Points d'arrêt :

- établissement d'un état des lieux contradictoire avant travaux ;
- implantation des capteurs pour enregistrement des vibrations ;
- remise des enregistrements de vibrations d'un essai de convenance d'engin ;
- mise en place des dispositifs de sécurité définis au PPSPS.

Points critiques :

- suivi des valeurs de vibration ;
- conformité des engins.

A tout moment, aux cours des travaux, la MOE pourra demander à l'entrepreneur de nouvelles propositions de méthodes si les résultats obtenus ne répondent plus aux prescriptions imposées.

3.3.3 Fin des travaux

A l'issue des travaux, la MOE et l'entrepreneur doivent dresser un état des lieux contradictoire, à comparer à l'état des lieux initial, afin d'attester que les infrastructures environnantes ont été préservées.

Si des dégradations dues aux travaux sont constatées, elles devront faire l'objet de réserves sur les procès verbaux de réception des travaux. Leurs réparations sont à la charge de l'entrepreneur.

Sur le même principe des plans de récolement de génie civil et de bâtiment établis en fin de travaux, l'entrepreneur devra remettre à la MOE une note de synthèse récapitulant l'ensemble des travaux réalisés.

Ce document doit récapituler toutes les études et prestations liées à l'utilisation d'engins mécaniques puissants, en y annexant notamment :

- tout plan utile à la localisation des travaux, ainsi que leur phasage, par rapport aux ouvrages et infrastructures ;
- tous les documents et plans d'exécution accompagnés des enregistrements de vibration ;
- les constats et états des lieux.

Cette note de synthèse doit conclure sur l'effet des vibrations engendrées par les engins mécaniques puissants au niveau des infrastructures surveillées.

3.4 Procédure de protection des infrastructures – Travaux sous maîtrise d'ouvrage non ferroviaire

Sont développés ici les points concernant des travaux dont la SNCF n'est ni le maître d'œuvre, ni le représentant du maître d'ouvrage.

Il s'agit de travaux « tiers » pouvant avoir une incidence sur les exploitations et infrastructures ferroviaires.

Lorsque l'entreprise SNCF est consultée par un entrepreneur, ou un organisme, en vue de réaliser des travaux nécessitant l'utilisation d'engins mécaniques puissants à proximité ou dans les emprises ferroviaires, il convient dans un premier temps de prendre contact avec les représentants de l'opération concernée :

- Maître d'ouvrage
- Maître d'œuvre
- Coordonnateur SPS désigné par le maître d'ouvrage.

Sont à communiquer à ces représentants les coordonnées de tous services SNCF dont l'activité risque d'être impactée par ces travaux.

Le but est de renseigner au mieux le coordonnateur SPS et le MOE de cette opération afin qu'ils intègrent à leur marché les points spécifiques au domaine ferroviaire détaillés ci-dessus aux paragraphes 3.3.1 Phase conception et 3.3.2 Phase réalisation.

Il est impératif d'alerter au plus tôt tout intervenant sur les risques ferroviaires.

3.4.1 Convention

Par le biais d'une convention entre le maître d'ouvrage de l'opération et la SNCF gestionnaire de l'infrastructure déléguée, il convient d'officialiser les prescriptions ferroviaires particulières et leur application en vue des travaux :

- les seuils de vibrations admissibles par les infrastructures ferroviaires présentes dans l'environnement proche des zones de travaux ;
- un état des lieux initial détaillant les points nécessitant une surveillance ;
- l'obligation pour l'entrepreneur de réaliser un essai de convenance préalable afin de maîtriser les incidences des vibrations émises par les engins mécaniques puissants ;
- un contrôle continu ou ponctuel, suivant le phasage des travaux, consistant à mesurer et enregistrer les vibrations et mouvement de terrain sur les infrastructures sujettes à une surveillance particulière ;
- la mise en place de dispositifs de protections spécifiques aux installations et risques ferroviaires ;
- les restrictions spécifiques liées aux travaux réalisés à proximité ou dans les emprises ferroviaires. Par exemple : procédure d'intervention, ou plage horaire d'intervention, à valider avec l'exploitation ferroviaire, mise à disposition de personnel de sécurité, etc... ;

- l'estimation, et la prise en charge, du coût généré par la mise à disposition du personnel de sécurité SNCF et par les dispositifs de sécurité ferroviaire nécessaires au déroulement des travaux ;
- la prise de charge d'éventuels travaux de réparations de dommages.

3.4.2 Phase travaux

La SNCF ne se substitue pas au MOE de l'opération engagée, qui lui seul est responsable des contrôles et visas.

Dans ce cas, lorsque la SNCF intervient à titre de tiers ou de riverain, elle ne peut légalement imposer aux intervenants de l'opération qu'une obligation de résultat conforme à la préservation de son domaine.

Seuls les documents d'exécution ayant une incidence sur la préservation du domaine ferroviaire et sur son exploitation peuvent être soumis à l'avis des services SNCF compétents pour délivrer des visas.

A tout moment aux cours des travaux, la SNCF pourra demander au MOE que l'entrepreneur propose de nouvelles méthodes si les résultats obtenus ne répondent plus aux prescriptions imposées.

3.4.3 Fin des travaux

A l'issue des travaux ayant nécessité l'utilisation d'engins mécaniques puissants, la SNCF, la MOE et l'entrepreneur doivent dresser un état des lieux contradictoire, à comparer à l'état des lieux initial, afin d'attester que les infrastructures ferroviaires ont été préservées.

Si des dégradations dues aux vibrations engendrées par les engins mécaniques puissants sont constatées, leurs réparations sont à la charge de l'entrepreneur.

Pour compléter ses dossiers de maintenance, la SNCF demandera une note de synthèse récapitulant l'ensemble des travaux réalisés, en y annexant notamment :

- tout plan utile à la localisation des travaux et leur phasage par rapport aux ouvrages et infrastructures ;
- les études et enregistrements de vibrations ;
- les constats et états des lieux.

Cette note de synthèse doit conclure sur l'effet des vibrations enregistrées au niveau des infrastructures ferroviaires.

COPIE non tenue à jour du 25/07/2023

Annexes :

Tableaux des seuils de vibration

Seuils applicables pour des tirs à moins de 200m des installations

Tableau A		Seuils* pour vibrations générées par des EXPLOSIFS				
Ouvrages et installations		Déplacements	Vitesses particulaire en mm/s			
		$F < 5 \text{ Hz}$	$5 \leq F < 10 \text{ Hz}$	$10 \leq F < 30 \text{ Hz}$	$30 \leq F < 100 \text{ Hz}$	$F \geq 100 \text{ Hz}$
État jugé résistant (1)		500 μm	15	20	30	50
État jugé sensible (2) **		320 μm	10	15	20	30
État jugé très sensible (3) ***		160 μm	5	10	15	20
Plateforme et poteau caténaire		500 μm	20	30	50	70
*	Les seuils sont donnés à titre indicatif pour mener les essais préalables, selon des plages de fréquences (F) caractéristiques correspondant à une largeur de spectre réduite à 25% de la fréquence dominante (amplitude maximale du spectre). Les seuils définitifs sont fixés à l'issue de l'étude vibratoire.					
**	En présence d'appareillage électromécanique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
***	En présence d'appareillage électronique et informatique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs					
(1)	Structure ne présentant pas d'avarie particulière					
(2)	Structure à pathologie déclarée					
(3)	Structure sous surveillance particulière					

Seuils applicables pour engins mécaniques puissants à moins de 30m des installations

	Tableau B	Seuils* pour vibrations ENTRETENUES (continues, non transitoires)				
Ouvrages et installations	Déplacements	Vitesses particulaire en mm/s				
	F < 5 Hz	5 ≤ F < 10 Hz	10 ≤ F < 30 Hz	30 ≤ F < 100 Hz	F ≥ 100 Hz	
État jugé résistant (1)	interdit **	5	6	8	10	
État jugé sensible (2)***	interdit **	3	5	6	8	
État jugé très sensible (3)****	interdit **	2	3	4	6	
Plateforme et poteau caténaire	interdit **	5	10	15	20	

	Tableau C	Seuils* pour vibrations NON ENTRETENUES (transitoires, à impulsions répétées)				
Ouvrages et installations	Déplacements	Vitesses particulaire en mm/s				
	F < 5 Hz	5 ≤ F < 10 Hz	10 ≤ F < 30 Hz	30 ≤ F < 100 Hz	F ≥ 100 Hz	
État jugé résistant (1)	interdit **	8	12	15	20	
État jugé sensible (2)***	interdit **	6	9	12	15	
État jugé très sensible (3)****	interdit **	4	6	9	12	
Plateforme et poteau caténaire	interdit **	8	15	20	30	

*	Les seuils sont donnés à titre indicatif pour mener les essais préalables, selon des plages de fréquences (F) caractéristiques correspondant à une largeur de spectre réduite à 25% de la fréquence dominante (amplitude maximale du spectre). Les seuils définitifs sont fixés à l'issue de l'étude vibratoire.
**	Sauf si études spécifiques
***	En présence d'appareillage électromécanique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs
****	En présence d'appareillage électronique et informatique, seuils à respecter par défaut d'indications des constructeurs
(1)	Structure ne présentant pas d'avarie particulière
(2)	Structure à pathologie déclarée
(3)	Structure sous surveillance particulière

Seuils applicables pour engins mécaniques puissants à moins de 30m des installations

Seuils applicables pour des tirs à moins de 200m des installations

Tableau D		Seuils* de vibrations pour préservation du béton à jeune âge				
Heures écoulées ou Rc après coulage ou projection		Vitesses particulaire en mm/s				
		$F < 5 \text{ Hz}$	$5 \leq F < 10 \text{ Hz}$	$10 \leq F < 30 \text{ Hz}$	$30 \leq F < 100 \text{ Hz}$	$F \geq 100 \text{ Hz}$
0 à 2 heures		Voir seuils « <i>état jugé très sensible</i> » des tableaux A, B et C				
$R_c < 10 \text{ MPa}$		Ne pas générer de vibrations				
$10 \text{ MPa} \leq R_c < 15 \text{ MPa}$		2	5	10	15	20
$R_c \geq 15 \text{ MPa}$		3	10	15	20	30
*	Les seuils sont donnés à titre indicatif pour mener les essais préalables, selon des plages de fréquences (F) caractéristiques correspondant à une largeur de spectre réduite à 25% de la fréquence dominante (amplitude maximale du spectre). Les seuils définitifs sont fixés à l'issue de l'étude vibratoire.					

Fiche d'identification

Identification du texte

<i>Titre</i>	Protection des infrastructures ferroviaires lors de travaux à l'explosif ou avec engins mécaniques puissants
<i>Référentiel</i>	Référentiel Infrastructure
<i>Nature du texte</i> <i>Niveau de confidentialité</i>	Procédure Interne SNCF
<i>Concernes la sécurité de l'exploitation ferroviaire</i>	Oui
<i>Émetteur</i>	Direction de l'Ingénierie
<i>Référence</i> <i>Index utilisateur (plan de classement)</i> <i>Complément à l'index utilisateur</i> <i>Ancienne référence</i>	IN1226 (EF 9 B 3) EF 9 B 3 n°2
<i>Date d'édition</i>	01-09-2009
<i>Version en cours / date</i>	Version 01 du 01-09-2009
<i>Date d'application</i>	Applicable dès réception
<i>Mode de distribution initiale</i>	Standard

Approbation

<i>Rédacteur</i>		<i>Vérificateur</i>		<i>Approbateur</i>	
Laurent Chéné / IGOA	02-06-2009	J-C. Daumarie / IGOA	01-09-2009	Patrice Schmitt Chef Dépt. IGOA	01-09-2009

Textes remplacés

- **IN 1226 : Emploi d'explosifs et autres procédés spéciaux – Utilisation d'engins mécaniques puissants**, *Consigne générale EF 9 B 3 n°2*, édition du 16 décembre 1987.

INTERNE SNCF

Textes de référence non SNCF

TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

- **loi n°93-1418 du 31 décembre 1993**, modifiant les dispositions du code du travail applicables aux opérations de bâtiment et de génie civil en vue d'assurer la sécurité et de protéger la santé des travailleurs et portant transposition de la directive du Conseil des communautés européennes no 92-57 en date du 24 juin 1992
- **Décret n° 94-1159 du 26 décembre 1994**, relatif à l'intégration de la sécurité et à l'organisation de la coordination en matière de sécurité et de protection de la santé lors des opérations de bâtiment ou de génie civil et modifiant le code du travail
- **Arrêté du 25 février 2003** fixant une liste de travaux comportant des risques particuliers pour lesquels un plan général simplifié de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé est requis
- **Décret n° 87-231 du 27 mars 1987** concernant les prescriptions particulières de protection relatives à l'emploi des explosifs dans les travaux du bâtiment, les travaux publics et les travaux agricoles
- **Décret n° 95-22 du 09 janvier 1995** relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres
- **Norme ISO 4866** – Vibrations et chocs mécaniques. Orientations pour le mesurage des vibrations et l'évaluation de leurs effets sur les bâtiments
- **Norme ISO 10811** – Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures
- **Norme AFNOR FD P 94-447-1** – Guides pour le mesurage des vibrations transmises par le terrain lors de travaux géotechniques – vibrations provoquées par les tirs à l'explosif
- **Norme AFNOR FD P 94-447-2** – Guides pour le mesurage des vibrations transmises par le terrain lors de travaux géotechniques– vibrations provoquées par les engins mécaniques

Textes de référence SNCF

- **IN 0004** – Conservation du domaine du chemin de fer et servitudes. Dispositions d'ensemble
- **IN 0033** – Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction
- **IN 3727** (interne SNCF) – Guide d'analyse des risques de tassement du sol liés au vibrofonçage
- **IN 0045** – Grands terrassements
- **GF 1125** – Cahier des Clauses et Conditions Générales applicables aux marchés de travaux

Historique des éditions et des versions

<i>Edition</i>	<i>Version</i>	<i>Date de version</i>	<i>Date d'application</i>
30-01-2006	projet	30-01-2006	
01-10-2009	Version 01	01-10-2009	Dès réception

Mise à disposition / distribution

Type de média : Papier / Intranet

Distribution

<i>Organismes de la direction de l'entreprise avec distribution par indicatif</i>	IMTPEV
<i>Organismes de la direction de l'entreprise sans distribution par indicatif</i>	IG, IGOA, IGLG
<i>Directions régionales</i>	IN, INEX, INVM, INAMO, INCSV, INCRSP, INCOSUR
<i>Entités supra régionales</i>	CI, PI, PIEG, PIEV, PIOA, PIBA
<i>Établissements</i>	SV, SVQS, SVTX, SV99, SV10, SV105, ABE
<i>Organismes rattachés</i>	R52, R53
<i>Collection individuelle</i>	53, 57, 88, 89, 97, 98, 99
<i>Entités concernées</i>	Toutes
<i>Particularités de distribution</i>	Sans objet

Services chargés de la distribution

	<i>Nom de l'organisme</i>	<i>Coordonnées</i>
Distribution initiale	Service général	Répartition, tél. : 30 58 08 Routage, tél. : 30 58 14
Distribution complémentaire	Prestataire de stockage	Site de commande du prestataire accessible aux seuls gestionnaires de documentation à partir du Système de Prescription

Résumé

L'IN 1226 traite de l'emploi d'explosifs et d'engins mécaniques puissants à proximité ou dans les emprises du chemin de fer afin de faire prendre des mesures de protection des infrastructures et de l'environnement ferroviaire.

INTERNE SNCF

Accompagnement du texte

Les procédures décrites dans l'IN 1226 ont vocation à faciliter la compréhension du rôle de chaque intervenant pour une opération devant faire appel à l'emploi d'explosif ou d'engins mécaniques puissants.

Ainsi, pour tout agent SNCF confronté à ce genre d'opération, et devant faire appliquer des mesures de protection des infrastructures et de l'environnement ferroviaire, il est possible de se repérer pour :

- connaître les risques liés aux techniques mises en œuvre ;
- faire appliquer les règles de sécurité ;
- fixer les seuils de vibrations prédéfinis dans l'IN 1226 ;
- contactualiser les prescriptions ferroviaires.