



Machines de forage

Guide d'utilisation en sécurité
des machines pour la construction,
la géotechnique, la géothermie
et le forage d'eau

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 € (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2021.

Conception graphique : Julie&Gilles

Mise en pages : Opixido

Illustrations : Jean-André Deledda et atelier Causse

Édition : Emmanuelle Chalaux (INRS)

Moyens de prévention
Équipements et outils de travail

Machines de forage

Guide d'utilisation en sécurité
des machines pour
la construction, la géotechnique,
la géothermie et le forage d'eau

ED 6428 |
Mai 2021

Brochure INRS élaborée par un groupe de travail piloté par J.-P. Bello et composé de représentants de la profession OPPBTP, Soffons, UMTM, USG, de la Cramif, de la DGT et de la Directe Île-de-France.

Sommaire

Avant-propos	3
1 Champ d'application du document	4
1.1 Types de travaux	4
1.2 Types de machines de forage	10
2 Rappel général de la réglementation « Machines »	13
2.1 Règles de conception applicables aux machines de forage neuves	13
2.2 Règles d'utilisation applicables aux machines de forage	13
2.3 Annulation de la vente d'une machine	14
3 Évolution des modes de fonctionnement des machines de forage	15
3.1 Mode de fonctionnement normal	15
3.2 Mode de fonctionnement réduit (ROM)	16
3.3 Mode de protection spéciale pour des circonstances particulières	16
3.4 Cas particuliers	18
4 Mesures organisationnelles sur un chantier de forage	22
4.1 Phase amont	22
4.2 Préparation du chantier	23
4.3 Exécution des travaux	26
4.4 Mesures complémentaires spécifiques au mode de protection spéciale	27
Bibliographie	29
Annexes	30
Annexe A. Aide au choix des moyens de prévention des risques dans le cadre de l'acquisition d'une machine de forage neuve	30
Annexe B. Exemple d'appréciation des risques spécifiques à l'utilisation du mode de protection spéciale	33

Avant-propos

Les machines de forage sont susceptibles d'engendrer un risque de happement des travailleurs, par les vêtements ou une partie du corps, lors des opérations de forage ou d'intervention à proximité du train de tiges. Ce risque est la cause principale de la survenue d'accidents graves et mortels.

Depuis quelques années, les solutions techniques de prévention apportées aux machines neuves ont fait évoluer leurs différents modes de fonctionnement ainsi que les procédés d'utilisation sur les chantiers. Ces évolutions sont référencées dans la série de normes NF EN 16228 parties 1 à 7.

L'amélioration de la sécurité des machines de forage en service a été réglementée pour certaines foreuses de géotechnique suite à un avis de la Direction générale du travail (DGT) publié au *Journal officiel* en mai 2013 [13]. Par la suite, les entreprises de fondations spéciales se sont engagées dans une démarche de mise en sécurité du parc existant et de renouvellement de celui-ci. Les mesures techniques de mise en sécurité des machines de forage du parc existant ne sont pas traitées dans ce document.

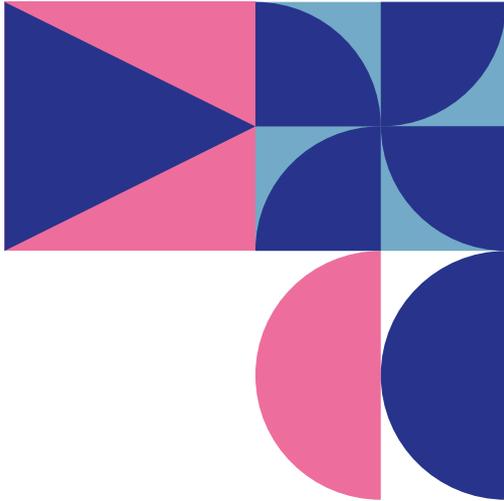
Le but de ce document, destiné à l'ensemble des acteurs concernés par ces machines (utilisateurs, préventeurs, maîtres d'ouvrage, bureaux d'études...), est de présenter les différentes situations de forage et les différents modes de fonctionnement et de protection susceptibles d'être rencontrés sur des machines récentes ou modifiées.

Le document décrit également les situations particulières liées à l'environnement de travail, dont certaines ne permettent pas l'utilisation des moyens de protection de la zone de travail. Il propose une démarche de prise en compte de ces situations afin que la réalisation de forages en mode de protection spéciale soit limitée au strict nécessaire, systématiquement justifiée, encadrée par une analyse de risques et assortie de mesures de prévention compensatoires appropriées et adaptées au cas par cas afin d'assurer, en toutes circonstances, la sécurité des opérateurs.

Par ailleurs, ce document peut aider les acheteurs de ces machines à spécifier les moyens de protection les mieux adaptés à l'usage prévu dans l'entreprise et à anticiper les contraintes d'utilisation de ces machines, notamment dans des environnements restreints.

Nous encourageons les acteurs de la construction impliqués dans la conception ou la réalisation des projets à prendre connaissance de ce guide et à mieux prendre en compte les enjeux de sécurité liés aux opérations de forage ; ils pourront ainsi par leur action directe contribuer à supprimer ou réduire les contraintes qui nécessitent de recourir au forage en mode de protection spéciale.

À ce titre, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le coordonnateur du chantier ont un rôle et une responsabilité essentiels dans la mise en œuvre des principes généraux de prévention, à toutes les phases du chantier.



1. Champ d'application du document

Le champ d'application de ce document couvre un certain nombre de travaux de forage spécifiques tels que génie civil, sondage, etc. décrits au chapitre 1.1, ainsi que les machines, décrites au chapitre 1.2, conçues pour effectuer ces travaux.

Remarque : Les machines de fondation ayant un couple de rotation de la tête de forage supérieur à 35 kN.m, ne nécessitant pas d'ajout/retrait des tiges/tubes/tarières pendant le processus de forage et destinées uniquement au forage quasi vertical (par exemple les machines de pieux), ne rentrent pas dans le champ d'application de ce document.

1.1. Types de travaux

1.1.1. Points communs à tous ces travaux

Les travaux de forages décrits dans ce document ont un certain nombre de points communs à leur exécution :

- le diamètre de forage est généralement inférieur à 300 mm ;
- le mode opératoire implique généralement l'ajout de tiges, de tubes ou de tarières, au fur et

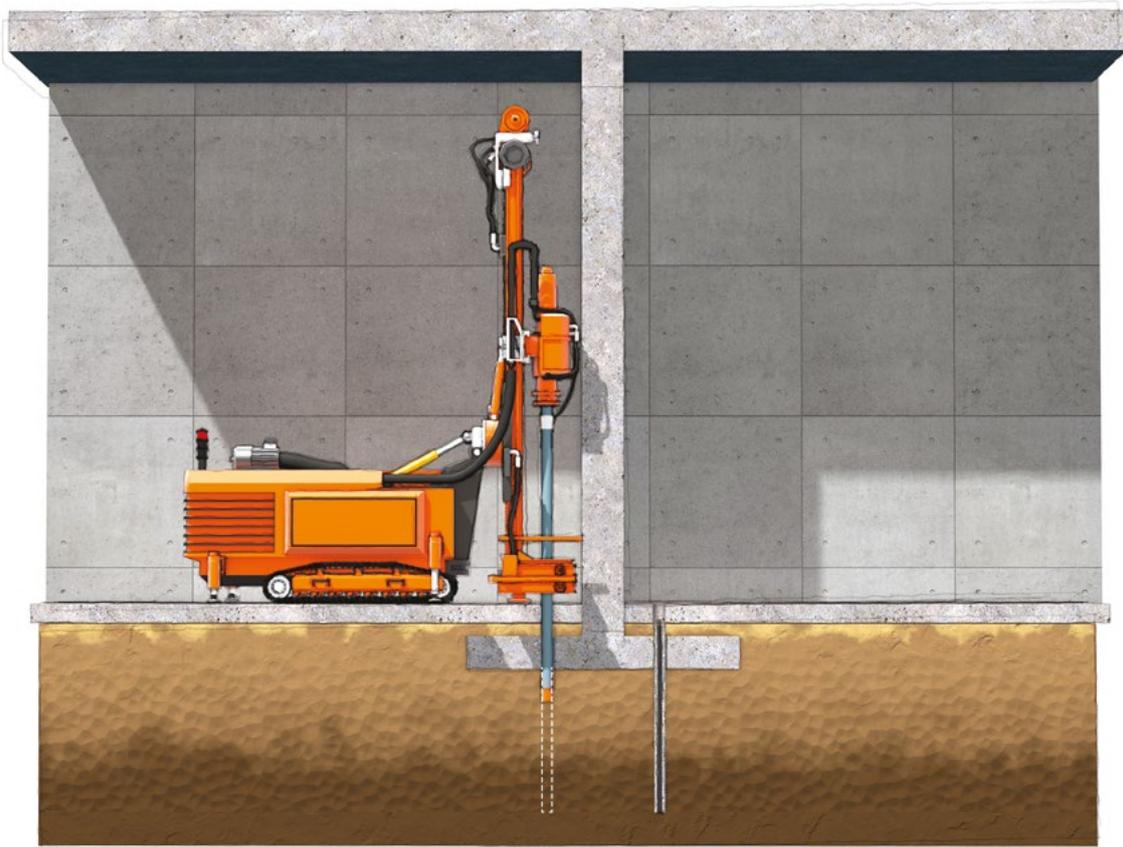
à mesure que le forage progresse en profondeur et par conséquent des opérations d'ajout/retrait de ces éléments ;

- le forage est exécuté au moyen de la technique la mieux adaptée au terrain et à la nature des travaux en utilisant différents types d'outils (tarière, tige/tube lisse + outils de taille + fluide de forage, carottier...);
- la position du forage, le cas échéant par rapport à un ouvrage existant, est souvent déterminée par calcul et peut, sous conditions, être aménagée par l'entreprise en charge de l'exécution des travaux (voir chapitre 4.1).

1.1.2. Description des travaux

■ Micropieux

Un micropieu est une fondation profonde aussi défini comme un élément structurel placé dans un sol pour transférer des charges et limiter des déformations. Les micropieux permettent de réaliser des fondations d'ouvrages neufs, lorsqu'une fondation traditionnelle superficielle est insuffisante (exemple : sol meuble) ou des confortements d'ouvrages anciens dans un encombrement réduit. Le forage est réalisé à +/- 15° par rapport à la verticale (voir figure 1).



■ Figure 1. Micropieux pour reprise en sous-œuvre

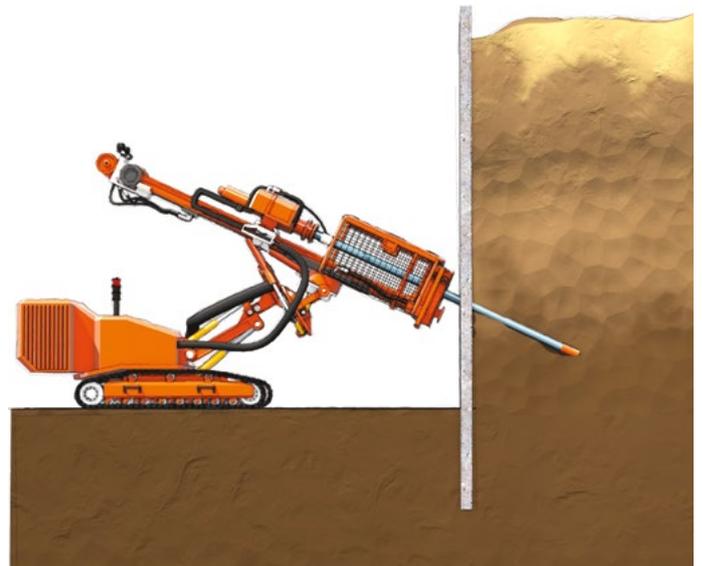
■ Tirants, clous

Un tirant ou un clou d'ancrage est un dispositif capable de transmettre les forces de traction qui lui sont appliquées à une couche de sol résistant

en prenant appui sur la structure à ancrer. Il est utilisé notamment pour conforter des parois ou talus. Le forage peut être réalisé dans toutes les directions.



■ Figure 2. Clous pour stabilisation



■ Figure 3. Tirants d'ancrage sur paroi

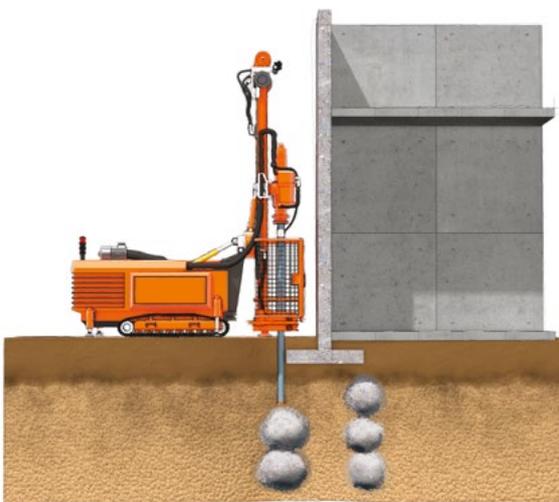
■ **Traitement de sol (exemples: consolidation, congélation, injection, comblement...)**

L'injection dans le sol ou une structure, au travers de forage, d'un produit pompable se rigidifiant par la suite ou instantanément permet d'étancher ou de consolider ce sol ou cette structure par remplissage des vides. Le principe de la congélation des sols est de transformer l'eau interstitielle du

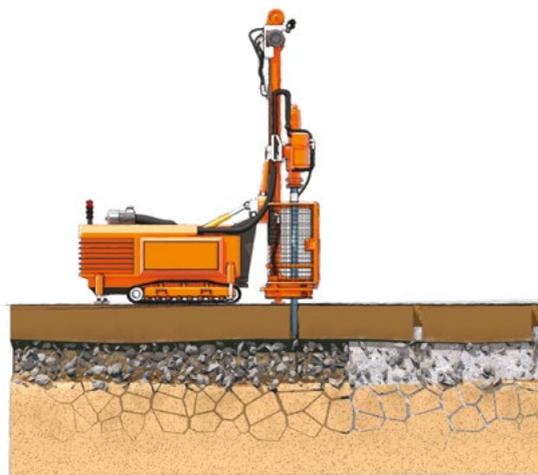
sol en glace, assurant ainsi une liaison étanche et résistante entre les grains du terrain.

Le forage peut être réalisé dans toutes les directions.

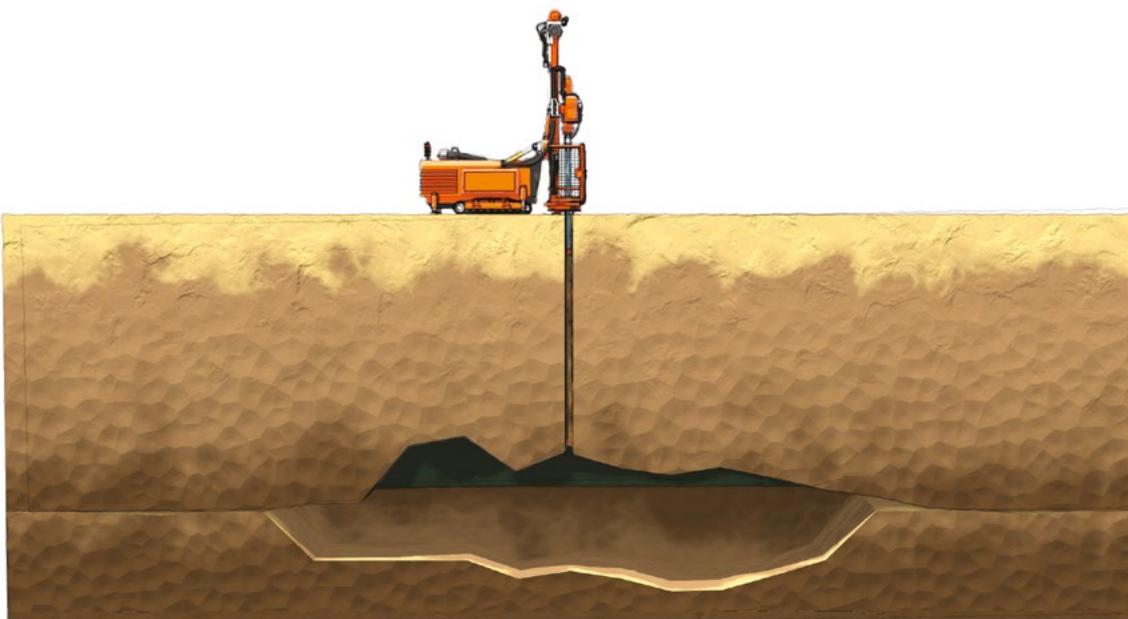
La position de la zone à traiter est imposée par calcul et l'entreprise de forage peut déterminer le mode opératoire (position du forage, inclinaison...) pour atteindre cette zone.



■ Figure 4. Compactage par injection solide



■ Figure 5. Injection de sol



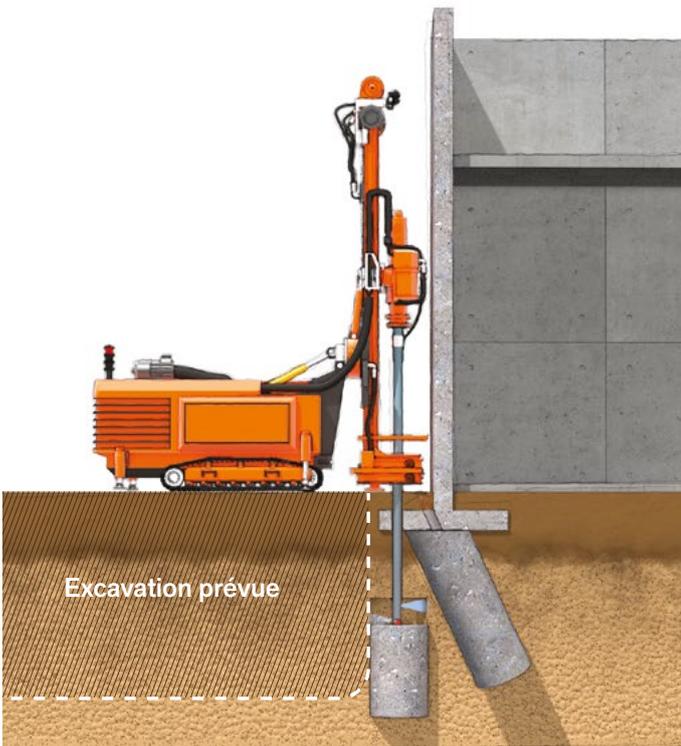
■ Figure 6. Injection comblement de carrière

Jet grouting

Le procédé consiste à déstructurer un sol en profondeur à l'aide d'un jet haute pression dans un forage et à mélanger le sol érodé avec un coulis autodurcissant pour former des colonnes, panneaux ou autres structures dans le terrain. Il est caractérisé par une substitution plus ou moins importante du sol en place, dépendant de la nature du sol, de la technique utilisée et de l'objectif à atteindre.

Le forage peut être réalisé dans toutes les directions.

Le forage est exécuté au moyen de tiges lisses et d'un outil de taille équipé d'un jet haute pression (< 500 bars).



■ Figure 7. Jet grouting en espace restreint

1

Forage (à l'eau)

2

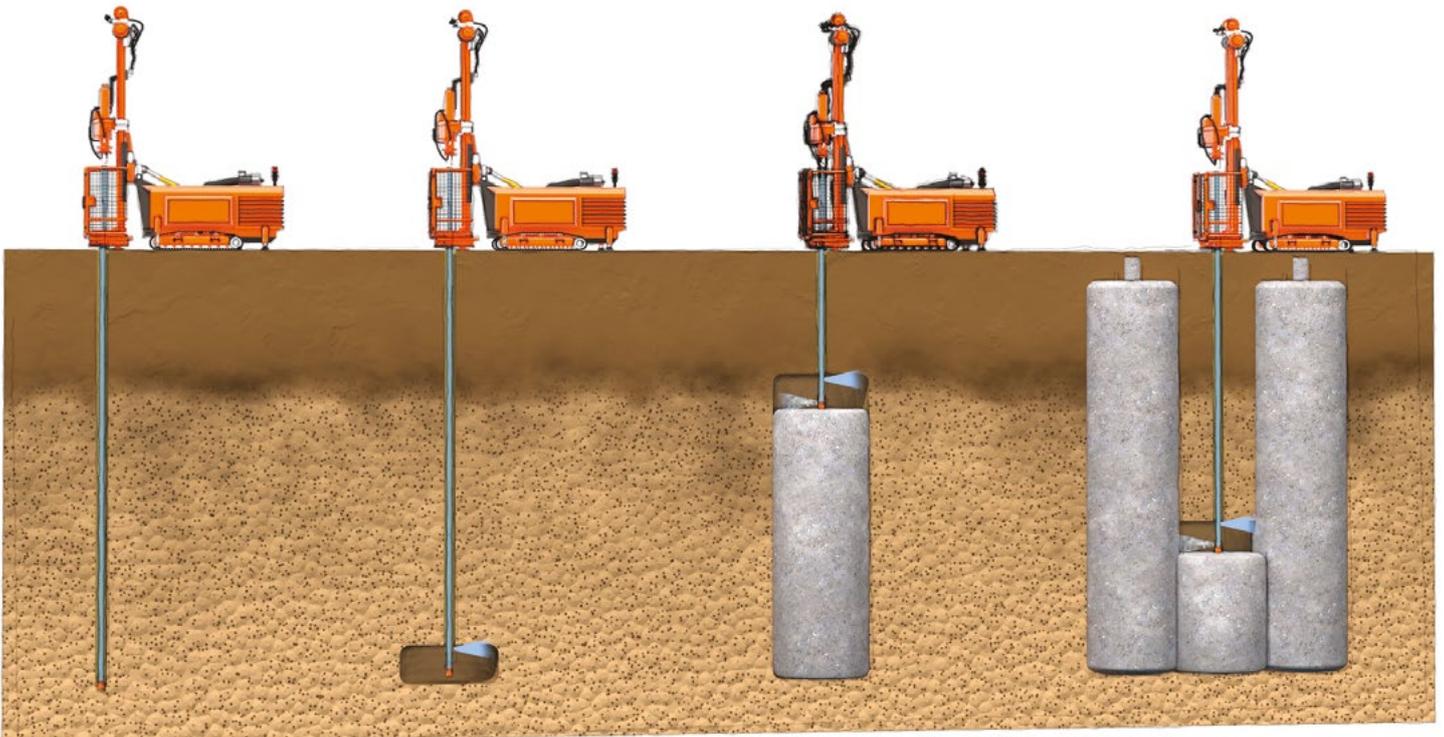
Démarrage
du jet haute
pression

3

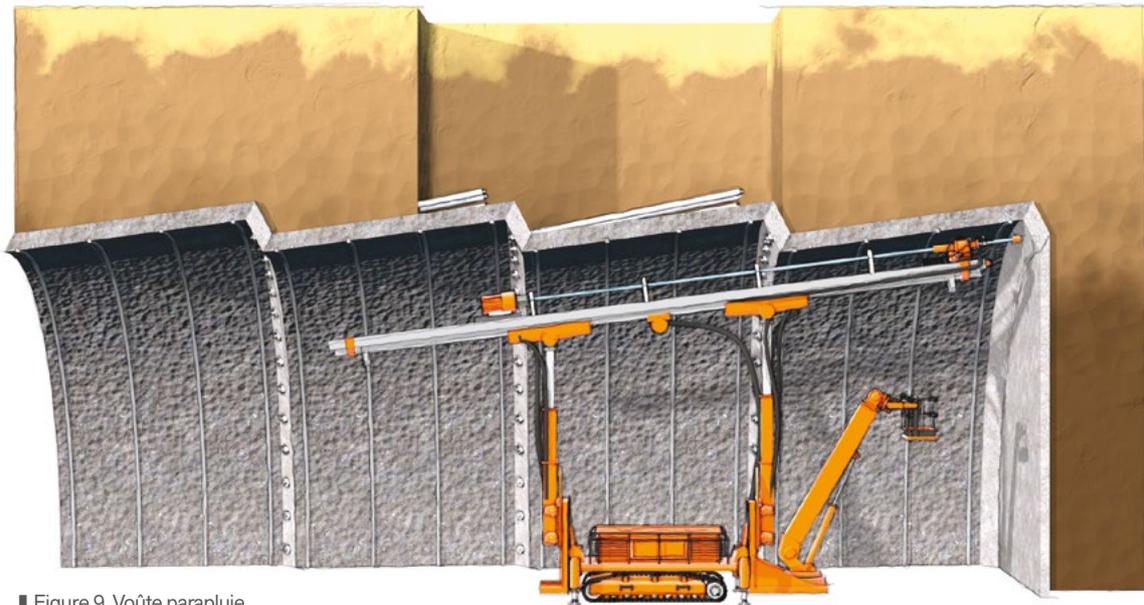
Réalisation
de la colonne
(rotation et remontée)

4

Répétition
de l'opération
pour les colonnes
suivantes



■ Figure 8. Jet grouting en terrain dégagé



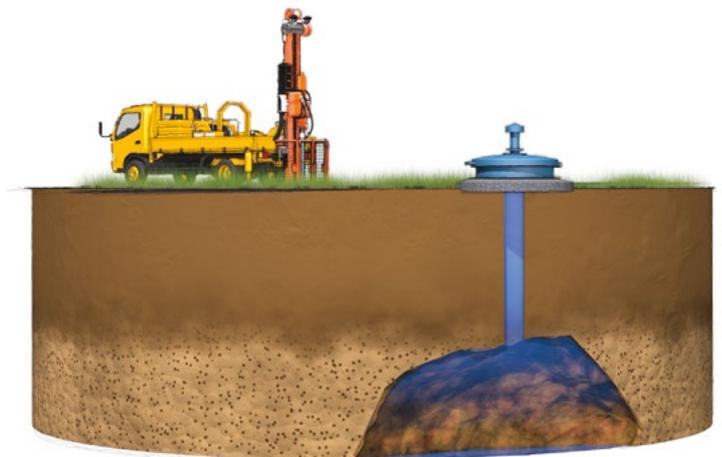
■ Figure 9. Voûte parapluie

■ Voûte parapluie

Il s'agit d'une opération de présoutènement consistant à créer une structure pour le renforcement à l'avancement du sol au niveau du toit et des parois latérales, en avant du front de taille. Cette structure est constituée de tubes métalliques (ou plus généralement de micropieux subhorizontaux) disposés en couronne subhorizontale suivant le contour de la section qui est à excaver et prenant appui sur des cintres au fur et à mesure de l'avancement.

Le forage est réalisé horizontalement ($\pm 10^\circ$).

La position du forage est imposée par calcul.



■ Figure 10. Forage d'eau

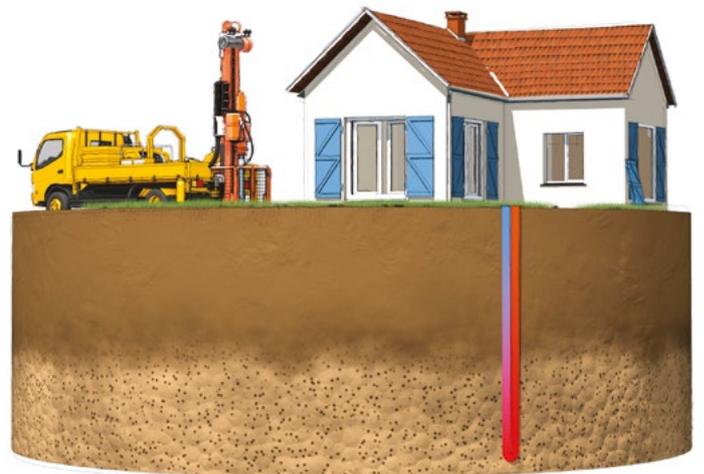
■ Forage d'eau, géothermie

Il s'agit d'ouvrages permettant de capter les eaux souterraines à partir de forages et de puits pour : l'eau potable, les eaux thermales, minérales et de source, l'eau à usage industriel, l'eau d'irrigation, la géothermie très basse température, basse température et haute température.

Les premières dizaines de mètres du forage peuvent nécessiter des diamètres supérieurs (pouvant aller jusqu'à 800 mm) au forage final afin de réaliser un tubage de protection des nappes.

Le forage est réalisé à $\pm 15^\circ$ par rapport à la verticale.

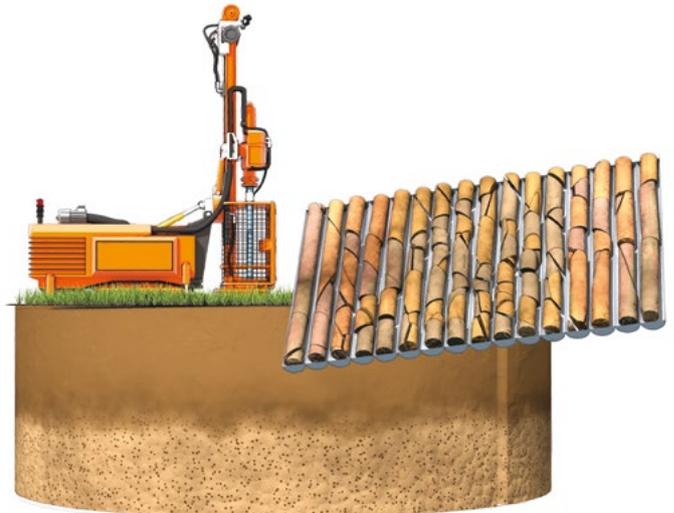
Ces types de forage font généralement plusieurs dizaines de mètres de profondeur.



■ Figure 11. Forage géothermique



■ Figure 12. Forage destructif + essais pressiométriques



■ Figure 13. Carottage + prélèvement d'échantillons

■ Forage géotechnique – Sondage

La géotechnique est l'étude des propriétés mécaniques et physico-chimiques des sols et de l'interaction entre les terrains et les ouvrages environnants. Le sondage permet la reconnaissance géologique du terrain via la réalisation de prélèvements (exemple : carottage) ou d'essais pressiométriques *in situ*.

Le forage est généralement réalisé à +/- 15° par rapport à la verticale.

La position du forage est déterminée par la nature de l'étude (sous l'ouvrage à construire ; sur le lieu de l'anomalie géotechnique potentielle ou détectée...).

■ Travaux ou sondages d'accès difficile (TAD)

Ce sont des travaux nécessitant l'intervention de cordistes lorsque la pose d'échafaudages ou de nacelles de travail n'est pas adaptée, ou nécessitant l'utilisation de moyens démontables et transportables manuellement. On peut citer à titre d'exemples des travaux en terrain alpin tels que la pose de clôtures d'avalanche, barrières, systèmes de contrôle, protections contre les chutes de pierres, installation de treillis avec application de clouage pour des pentes raides, fondations spéciales sur pylônes, et également la réfection d'ouvrages d'art (barrages), de bâtiments historiques, etc.

Le forage peut être réalisé dans toutes les directions.



■ Figure 14. Travaux d'accès difficile

1.2. Types de machines de forage

1.2.1. Points communs à ces machines

Les machines de forages décrites dans ce document ont un certain nombre de points communs :

- elles peuvent être entraînées par un moteur thermique ou être alimentées électriquement ;
- elles peuvent ou non être équipées d'une cabine ;
- elles sont équipées de têtes de forage en rotation, rotopercussion ou en vibration axiale ; attention, dans le cas de forage tubés pour les terrains instables ou pour du forage d'eau / géothermie, certaines machines sont équipées de doubles têtes pour entraîner indépendamment les tiges intérieures et les tubes extérieurs ;
- elles sont généralement équipées d'un mors de serrage et d'un mors de dévissage ; attention, lorsque les machines de forage sont équipées de doubles têtes, elles sont généralement équipées de triples mors pour desserrer les tiges et les tubes et extraire les tubes ;
- elles peuvent être équipées d'un système mécanisé intégré permettant le stockage et l'alimentation des tiges de forage ;



■ Figure 15. Machine automotrice de forage vertical

- les organes de commande de la partie forage sont situés sur un pupitre fixe, déporté, télécommandé ou radiocommandé ;
- certaines machines utilisent des groupes de puissance indépendants avec de longs flexibles hydrauliques, pneumatiques ou câbles électriques ;
- elles peuvent être équipées de compresseurs, de collecteurs de poussière embarqués, de pompes d'injection.

Remarque : Ces machines de forage, lorsqu'elles sont mises sur le marché à l'état neuf, sont concernées par les parties 1, 2 et éventuellement 7 de la norme NF EN 16228 [6, 7, 8].

1.2.2. Description des machines

Les figures ci-dessous illustrent les différents types de machines de forage abordés dans ce document.

■ Machines automotrices de forage vertical

Elles comportent une structure permettant de forer exclusivement dans un axe vertical (+/- 15°). Elles sont généralement équipées de chenilles.

■ Machines automotrices de forage multidirectionnel

Elles comportent des articulations permettant de forer dans de multiples directions. Elles sont généralement équipées de chenilles.



■ Figure 16. Machine automotrice de forage multidirectionnel

■ Machines de forage montées sur porteur mobile (camion, 4 × 4...)

Elles comportent une structure permettant de forer exclusivement dans un axe vertical ($\pm 15^\circ$). La source d'énergie de la machine de forage peut être fournie par un groupe indépendant du véhicule porteur.

Les organes de commande de la partie forage sont situés sur un pupitre indépendant du véhicule porteur.



■ Figure 17. Machine de forage montée sur porteur mobile

■ Machines de présoutènement souterrain

Elles sont automotrices et spécialement conçues pour des utilisations souterraines telles que le présoutènement, le soutènement provisoire, le drainage, etc.

Elles permettent de forer dans un sens horizontal ou quasiment horizontal ($\pm 10^\circ$).

La machine peut être équipée d'une ou de plusieurs poutres de guidage et d'une plateforme élévatrice de travail montée sur flèche.

Un dispositif de chargement de barres de renforcement peut être monté selon la technologie de renforcement utilisée.

■ Mâts de forage

Ils sont destinés à être fixés sur le bras d'un engin de chantier (pelle, chariot élévateur, etc.) pour différentes applications de forage (équipement interchangeable).

La source d'énergie du mât de forage peut être fournie par l'engin de chantier qui le supporte.



■ Figure 18. Machine de présoutènement souterrain



■ Figure 19. Mât de forage

Il peut travailler dans toutes les orientations permises par la cinématique du bras porteur.

Les organes de commande de la partie forage peuvent être situés sur un pupitre indépendant ou intégrés dans la cabine de l'engin de chantier.

On peut citer quelques exemples d'application : forages en hauteur (talus...), en contrebas (murs de quai...), déportés...

■ Machines de forage destinées aux travaux d'accès difficile

Elles nécessitent un support spécifique ou un ancrage à l'ouvrage.

Elles sont conçues pour percer des trous dans le sol ou la roche en utilisant des principes de percussion, de rotation ou de vibration (ou une combinaison de ces principes).

Elles peuvent être alimentées par une source d'énergie, pneumatique, hydraulique ou électrique, générée par un groupe auxiliaire (*power pack*).

Elles sont composées d'un mât de forage monté sur châssis fixe (voir figure 20 a) ou mobile (voir figure 20 b). Elles peuvent être démontables ou portées à la main (« manuportables »).

Les organes de commande de la partie forage sont situés à proximité du mât de forage.

Les changements de tiges sont effectués manuellement.

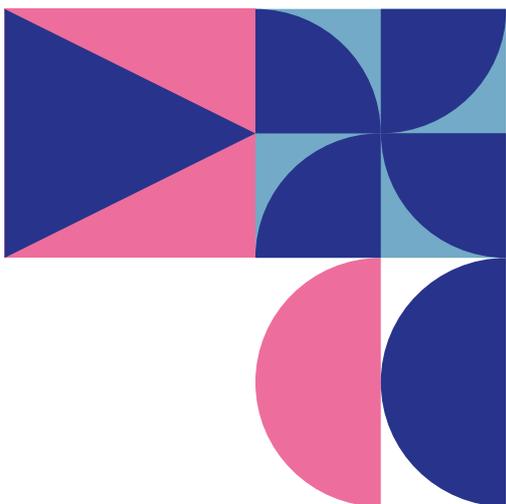


a. Avec mât de forage monté sur châssis fixe



b. Avec mât de forage monté sur châssis mobile

■ Figure 20. Machine de forage destinée aux travaux d'accès difficile



2. Rappel général de la réglementation « Machines »

2.1. Règles de conception applicables aux machines de forage neuves

Les machines de forage sont soumises aux règles énoncées dans la directive 2006/42/CE relative aux machines. En application de ces règles, les fabricants doivent s'assurer de la conformité de leurs machines, avant leur mise sur le marché, avec les exigences essentielles de santé et de sécurité de l'annexe I de cette directive (ces règles techniques de conception, sont transposées à l'annexe 1 de l'article R. 4312-1 du Code du travail).

Remarque : L'acquéreur d'une machine de forage neuve doit être en possession de la déclaration CE de conformité correspondante établie et signée par le fabricant ou l'importateur et de la notice d'instructions du constructeur. Une plaque d'identification comprenant le marquage CE ainsi que ces caractéristiques principales doit être apposée sur la machine.

2.2. Règles d'utilisation applicables aux machines de forage

En application des articles L. 4321-1 et 2 du Code du travail, l'employeur est responsable de la conformité des machines utilisées par les travailleurs sur les lieux de travail.

Sa responsabilité est engagée tout au long de la durée d'utilisation de la machine, y compris en cas de modification et quelle que soit la portée de cette modification.

Dans ce cadre, l'employeur doit répondre aux obligations suivantes :

1. l'obligation de maintien en état de conformité avec la réglementation applicable à la machine au moment de sa mise sur le marché conformément à l'article R. 4322-1 du Code du travail (disposition issue de l'article 4 de la directive 2009/104/CE relative à l'utilisation des équipements de travail) :
 - pour une machine soumise au marquage CE au sens de la directive « Machines », les règles techniques de conception contenues dans l'annexe I introduite par la directive « Machines » dans la version en vigueur lors de la première mise sur le marché dans l'Union européenne,

– pour une machine non soumise au marquage CE (mise en service antérieure à 1995) les prescriptions techniques communes prévues aux articles R. 4324-1 et suivants du Code du travail, notamment les dispositions relatives aux protecteurs et dispositifs de protection ;

2. l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs conformément aux dispositions des articles L. 4121-1 et suivants du Code du travail. L'employeur veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes. Il met en œuvre ces mesures sur le fondement des principes généraux de prévention. Il doit notamment :

- éviter les risques,
- évaluer les risques,
- tenir compte de l'état de l'évolution de la technique,
- remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux.

Concernant les machines de forage, l'évaluation des risques doit notamment permettre à l'employeur d'identifier les machines susceptibles de présenter un risque de contact avec les éléments mobiles pouvant entraîner un dommage corporel et de prendre des mesures de prévention adaptées pour supprimer ou réduire ce risque selon l'ordre des principes généraux de prévention.

Remarque : L'employeur reste responsable de la santé et de la sécurité de ses salariés, et ceci même en cas de présomption de conformité d'une machine attachée à son marquage « CE » et de l'application d'une norme harmonisée par le fabricant, conformément à l'article 7 de la directive « Machines » 2006-42-CE.

La mise en sécurité d'une machine constitue une opération de modification. L'employeur tient compte de l'évolution de la technologie et, si cela est techniquement adapté, il utilise les spécifications techniques contenues dans la version de la norme harmonisée la plus récente. Celle-ci figure dans la liste des normes harmonisées publiées au *Journal officiel de l'Union européenne (voir guide relatif aux modifications des machines [14])*.

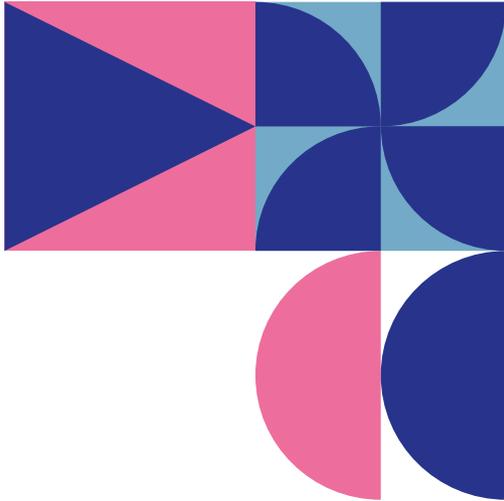
2.3. Annulation de la vente d'une machine

Il est porté à la connaissance des employeurs/utilisateurs que la réception, lors de l'acquisition d'un équipement de travail neuf, d'une machine non conforme à sa destination autorise son propriétaire à demander la résolution de la vente dans le délai d'une année à compter du jour de la livraison (article L. 4311-5 du Code du travail).

Article L. 4311-5

« L'acheteur ou le locataire d'un équipement de travail ou d'un moyen de protection qui a été livré dans des conditions contraires aux dispositions des articles L. 4311-1 et L. 4311-3 peut, nonobstant toute clause contraire, demander la résolution de la vente ou du bail dans le délai d'une année à compter du jour de la livraison.

Le tribunal qui prononce cette résolution peut accorder des dommages et intérêts à l'acheteur ou au locataire. »



3. Évolution des modes de fonctionnement des machines de forage

Depuis la publication de la norme NF EN 16228-1 : 2014 («Machines de forage et de fondation. Sécurité. Partie 1: Prescriptions communes»), les machines de forage mises sur le marché à l'état neuf disposent de différents modes de fonctionnement que l'on peut retrouver également sur des machines en service modifiées depuis cette période.

Ce chapitre a pour but d'expliquer aux utilisateurs de ces machines les différentes évolutions qu'ils peuvent rencontrer. Il doit permettre aux acheteurs de ces machines de rédiger des cahiers des charges précis en fonction de l'usage envisagé des machines de forage ou bien de s'assurer que les modes de fonctionnement et de protection associée proposés par les fournisseurs correspondent à l'état de l'art.

Les modes rencontrés sur la majeure partie des machines de forage décrites précédemment sont :

- **le mode de fonctionnement normal** : c'est le mode principal qui est utilisé pendant les travaux de forage. Il correspond au fonctionnement avec protecteurs ou dispositifs de protection ;
- **le mode de fonctionnement réduit** : ce mode est sélectionné depuis le mode de fonctionnement normal ou depuis le mode de protection spéciale pour permettre, sous certaines conditions, les accès à proximité du train de tiges. Il est utilisé principalement lors des opérations manuelles d'ajout/retrait des tiges ou tubes de forage qui nécessitent des mouvements motorisés afin de visser/dévisser les tiges ou d'approcher/éloigner la tête de forage.

Il peut également être utilisé pour d'autres tâches annexes nécessitant un mouvement de rotation telles que le changement de vitesse manuel d'une boîte mécanique ;

- **le mode de protection spéciale pour des circonstances particulières** : ce mode est fourni avec la machine lorsqu'il est prévisible, compte tenu de son utilisation, que les moyens de protection du mode de fonctionnement normal ne pourront pas être utilisés dans toutes les circonstances de travail. Pour les machines de présoutènement souterrain et celles prévues pour des travaux d'accès difficile, des mesures particulières sont appliquées, elles sont décrites au chapitre 3.4.

3.1. Mode de fonctionnement normal

Ce mode permet de travailler avec les paramètres nominaux de la machine, notamment pour les vitesses de rotation et d'avance du train de tiges.

L'accès aux éléments mobiles du train de tiges est protégé par des moyens de protection (*voir annexe A1*) choisis en fonction de l'analyse des risques, de l'usage et de l'environnement défini par le constructeur ou l'utilisateur. Cette mesure concerne la majorité des machines de forage décrites précédemment, y compris lorsqu'elles

sont équipées d'un système mécanisé intégré d'alimentation des tiges de forage (par exemple : barillet) ou qu'elles fonctionnent conjointement avec un équipement mécanisé externe d'alimentation des tiges de forage (par exemple : minipelle équipée d'un dispositif de préhension).

Lorsque les moyens de protection sont sollicités (par exemple : ouverture d'un protecteur mobile muni d'un dispositif de verrouillage, franchissement du champ de détection d'un dispositif de protection sensible), les mouvements de rotation et d'avance du train de tiges s'arrêtent. Si la protection des opérateurs est assurée par un protecteur mobile muni d'un dispositif d'interverrouillage, le protecteur reste fermé et verrouillé tant que les mouvements n'ont pas cessé.

Lorsque les moyens de protection sont inactifs, les mouvements de rotation et d'avance ne peuvent être commandés qu'en mode de fonctionnement réduit.

La remise en service du mode de fonctionnement normal peut s'effectuer lorsque les moyens de protection sont actifs, que le mode de fonctionnement réduit n'est pas sélectionné et suite à un nouvel actionnement des organes de commande.

3.2. Mode de fonctionnement réduit (ROM¹)

Le passage du mode de fonctionnement normal ou du mode de protection spéciale vers le mode de fonctionnement réduit se fait au moyen d'un sélecteur. En mode de protection spéciale, lorsque les mors de serrage sont fermés, un capteur (par exemple : pression ou position fermée) doit empêcher la commande des mouvements et ainsi obliger l'opérateur à sélectionner le mode de fonctionnement réduit.

Les mouvements de rotation et d'avance s'effectuent avec une action maintenue de l'opérateur sur les organes de commande. Ces mouvements ou leur vitesse sont limités.

1. ROM : *Restricted Operating Mode*.

Les dispositifs d'arrêt supplémentaires (voir annexe A2) équipant la machine sont opérationnels afin de couvrir les risques résiduels et limiter les dommages en cas de happement accidentel de l'opérateur. Leur sollicitation entraîne un arrêt des mouvements de rotation et d'avance du train de tiges.

Une signalisation spécifique informe les opérateurs de la mise en service de ce mode.

Remarque : Pour minimiser les temps d'ajout/retrait des tiges de forage, une partie de certaines opérations telles que le vissage/dévisage ou l'approche/éloignement peuvent s'effectuer en mode de fonctionnement normal (voir figure 21 ci-contre).

3.3. Mode de protection spéciale pour des circonstances particulières

Ce mode de fonctionnement peut être utilisé pour exécuter le forage exclusivement pour des travaux ou des environnements spécifiques. Il est associé à des mesures de protection spéciale. Les circonstances qui justifient l'utilisation de ce mode sont précisées au chapitre 3.3.2.

Attention !

Une machine ancienne ne peut être utilisée en mode de protection spéciale que si elle est équipée des dispositifs répondant aux exigences du paragraphe 5.23.2.2 de la norme NF EN 16228-1 : 2014.

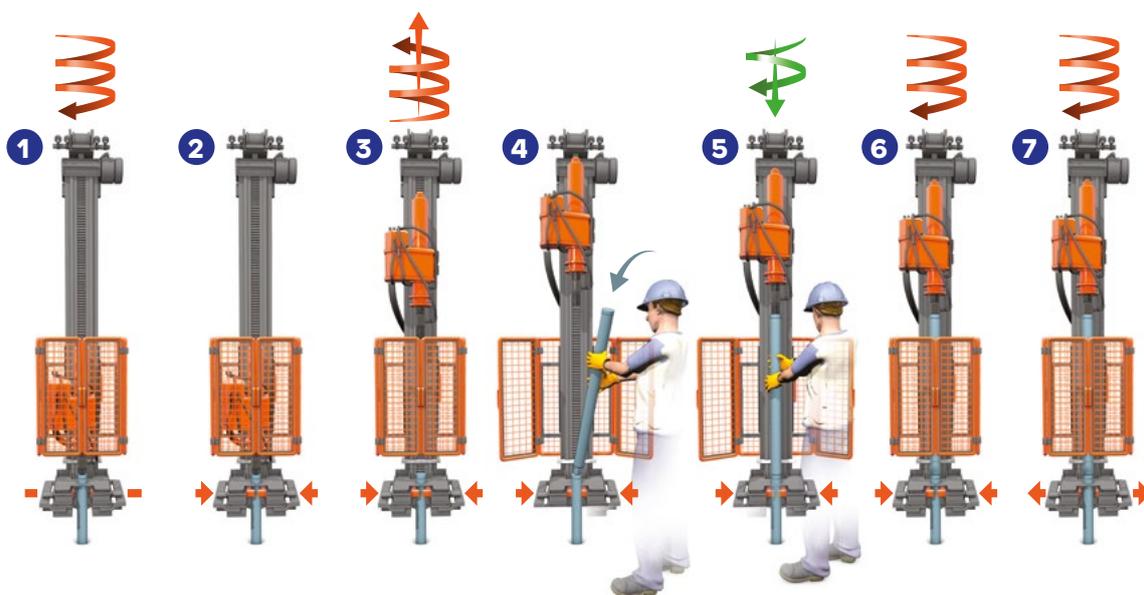
En aucun cas, ce mode ne doit être utilisé pour pallier une mauvaise conception ou un dysfonctionnement des moyens de protection.

La sélection de ce mode de protection engage la responsabilité de l'utilisateur. Ce mode ne peut être utilisé qu'après une analyse spécifique de la situation de travail (voir chapitre 3.3.2).

3.3.1. Mise en œuvre

Sa mise en service se fait au moyen d'un sélecteur spécifique à ce changement de mode, verrouillable à clé.

Les mouvements des éléments mobiles de travail (rotation, avance) s'effectuent avec une action maintenue de l'opérateur sur les organes de commande.



- **Étape 1** : Mode normal (protection active) – Fin de la phase de forage
- **Étape 2** : Mode normal (protection active) – Serrage du frein de tiges
- **Étape 3** : Mode normal (protection active) – Dévissage et remontée de la tête à vitesse nominale
- **Étape 4** : Mode réduit (protection désactivé) – Ajout manuel d'une tige de forage
- **Étape 5** : Mode réduit (protection désactivé) – Vissage manuel de la tige en partie inférieure et approche/vissage de la tête en vitesse lente
- **Étape 6** : Mode normal (protection active) – Vissage complet de la tige à vitesse nominale
- **Étape 7** : Mode normal (protection active) – Desserrage du frein de tige et reprise du forage

■ Figure 21. Exemple d'optimisation de la phase d'ajout manuel d'une tige de forage

Les dispositifs d'arrêt supplémentaires (*voir annexe A2*) qui équipent la machine sont opérationnels afin de couvrir les risques et de limiter les dommages en cas de happement accidentel de l'opérateur. Leur sollicitation entraîne un arrêt des mouvements de rotation et d'avance du train de tiges.

Une signalisation spécifique informe les opérateurs de la mise en service de ce mode.

Des mesures organisationnelles spécifiques (*voir chapitre 4.4*) doivent compléter la sécurisation de la zone de travail.

En complément, des dispositifs de protection individuelle des opérateurs peuvent être utilisés (*voir annexe A3*).

L'utilisateur doit être vigilant sur la position du poste de commande garantissant une bonne visibilité de la zone de travail tout en assurant une distance suffisante avec les éléments mobiles de travail, notamment lors de l'utilisation d'une télécommande.

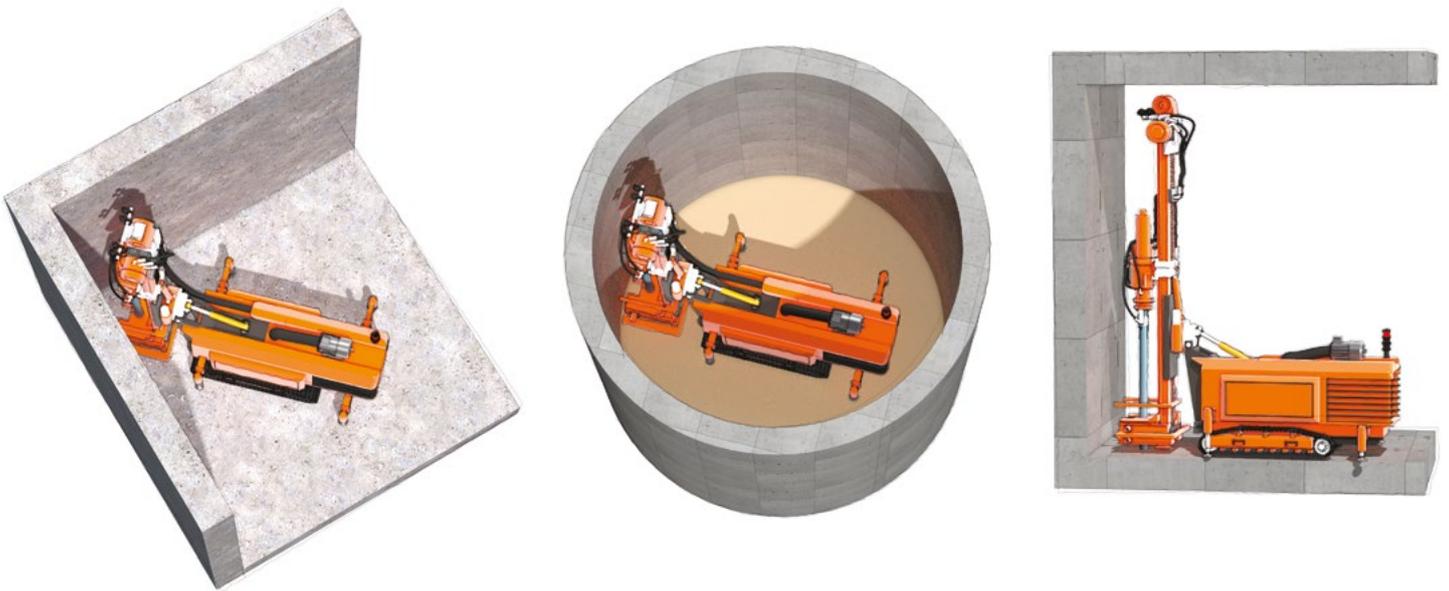
3.3.2. Conditions d'utilisation du mode de protection spéciale pour des circonstances particulières

Les circonstances particulières qui peuvent justifier l'utilisation du mode de protection spéciale concernent principalement des travaux à proximité d'ouvrages tels que forage au pied d'un mur ou dans un angle, forage dans des espaces restreints, reprises en sous-œuvre (*voir figure 22*), qui ne permettent pas l'utilisation des moyens de protections prévus en mode normal.

Attention!

La configuration du chantier doit néanmoins permettre aux opérateurs d'accéder à la zone de travail dans des conditions ergonomiques acceptables pour effectuer leurs tâches (par exemple, ajout/retrait des tiges de forage).

Quelques-unes de ces situations sont illustrées page suivante.



■ Figure 22. Illustration de circonstances particulières justifiant l'utilisation du mode de protection spéciale

Les exemples dans la figure 22 ne permettent pas de justifier à eux seuls l'utilisation du mode de protection spéciale. **Ce choix doit découler d'une démarche, formalisée dans le logigramme présenté à la figure 23 p. 20**, qui doit être appliquée à chaque nouveau chantier. De même, la technique de forage employée dans ce mode doit présenter le moins de risque de happement possible pour les opérateurs (tiges lisses, marteau fond de trou, etc.). **Les tarières ne sont pas autorisées dans ce mode.**

Lorsque le choix d'utiliser le mode de protection spéciale est validé, **une analyse des risques spécifiques à ce mode** et à la situation de travail particulière doit être effectuée et **des mesures compensatoires** doivent être mises en œuvre conformément au chapitre 4.4.

Il est important également de limiter, dans la mesure du possible, les opérations de démontage/remontage des protecteurs lorsqu'elles sont nécessaires et que le nombre de forages est conséquent :

- en organisant un séquençage des forages, ou
- en affectant une machine spécifique pour les travaux devant s'effectuer en mode de protection spéciale et une autre pour les travaux pouvant s'effectuer en mode de fonctionnement normal.

Attention !

L'ensemble de la démarche conduisant à l'utilisation du mode de protection spéciale devra être tracé et validé par l'entreprise. Il n'appartient pas au foreur seul de prendre la décision d'utiliser le mode de protection spéciale. À cet effet, la clé de verrouillage du sélecteur du mode de protection spéciale ne doit pas être présente sur la machine lorsque le chantier ne justifie pas l'utilisation de ce mode.

3.4. Cas particuliers

3.4.1. Machines de forage de présoutènement

Ces machines sont exploitées en usage souterrain avec des accès limités du personnel. Les travaux pour lesquels elles sont spécifiquement conçues (forage au ras de la voûte) ne permettent jamais la mise en œuvre de moyens de protection tels que protecteurs ou dispositifs de protection.

Lorsque des mouvements du train de tiges sont nécessaires pour assurer la mise en place des tiges avant la phase de forage, ils sont effectués en mode de fonctionnement réduit (*voir chapitre 3.2*). S'il est nécessaire d'ajouter ou de retirer des tiges pendant le processus de forage, cela est réalisé

par un dispositif de manutention des tiges mécanisé monté sur la machine.

Les dispositifs d'arrêt supplémentaires (*voir annexe A2*) qui équipent la machine sont opérationnels afin de couvrir les risques résiduels et limiter les dommages en cas de happement accidentel de l'opérateur. Leur sollicitation entraîne un arrêt des mouvements de rotation et d'avance du train de tiges.

3.4.2. Machines de forage destinées aux travaux d'accès difficiles (TAD)

Ces machines sont utilisées sur des zones de travaux ne permettant pas l'accès et le déploiement de machines automotrices. On peut citer à titre d'exemple des travaux où l'équipement de forage ainsi que les opérateurs sont attachés, par des câbles, treuils, tire-fort, etc. pour les machines et par des cordages pour les opérateurs. Les principaux risques liés à ces situations de travail sont des chutes de hauteur des opérateurs. Les énergies et les couples mis en œuvre sur ces équipements sont relativement faibles.

Les mouvements de rotation, qui peuvent s'effectuer à vitesse nominale, sont pilotés par une action maintenue de l'opérateur sur un organe de commande.

La vitesse d'avance de la tête de forage est limitée à 15 m/min même en cas de libération de l'énergie accumulée (pneumatique ou hydraulique).

Un arrêt d'urgence, facilement accessible par l'opérateur, permet d'arrêter les mouvements du train de tiges.

Si des dispositifs d'arrêt supplémentaires conformes à l'annexe A2 équipent la machine, la commande à action maintenue de la rotation n'est pas obligatoire.

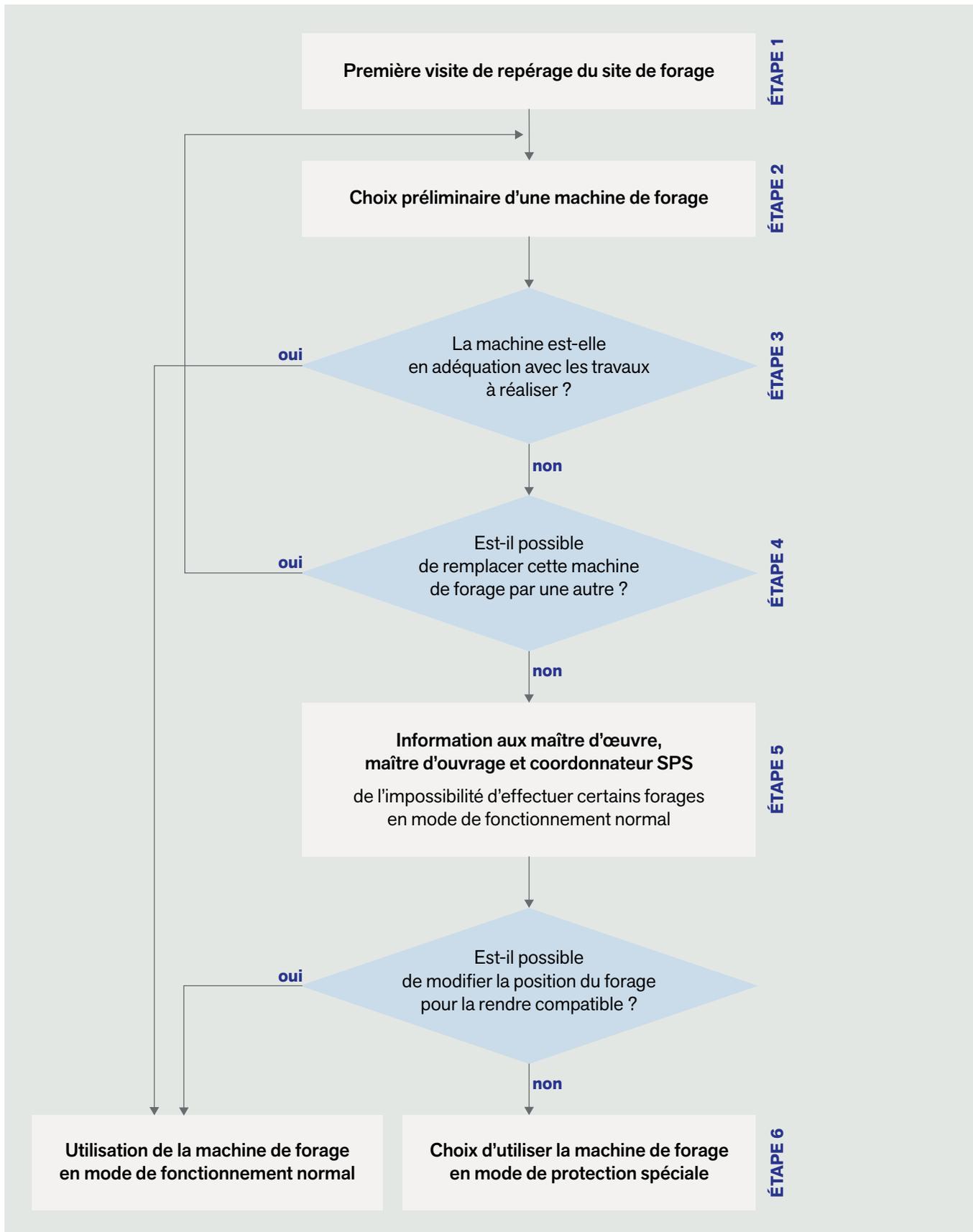
3.4.3. Équipement mécanisé externe d'alimentation des tiges de forage (par exemple : minipelle équipée d'un dispositif de préhension)

Dans certaines situations de travail, l'alimentation mécanisée des tiges de forage n'est pas assurée par un système intégré à la machine de forage (par exemple : barillet) mais par un équipement externe muni d'un dispositif de préhension (par exemple : pince). La prise en compte des risques qui peuvent être générés par cet équipement n'est donc pas assurée par le concepteur de la machine de forage.

Dans ce cas, la prévention des risques liés aux manœuvres du bras et du dispositif de préhension de cet équipement, pouvant présenter un danger pour les opérateurs de la machine de forage, doit être assurée :

- soit par une protection périphérique de la zone d'évolution du bras, incluant la machine de forage ;
- soit par le conducteur de l'équipement externe via des commandes à action maintenue des mouvements du bras et de la pince et une bonne visibilité de la zone d'évolution de ces éléments mobiles.

Cet équipement externe est à privilégier sur des machines dont les commandes de forage sont assurées par une télécommande permettant d'éloigner l'opérateur de la zone d'évolution du bras de l'équipement externe.



■ Figure 23. Logigramme d'aide à la décision de recourir au mode de protection spéciale

ÉTAPE 1

Prise de connaissance des contraintes liées à l'exécution des forages et de toutes les autres contraintes environnementales liées au chantier, telles que l'accessibilité à la zone de travail, les limites d'espace, la possibilité d'aménager les postes de travail, les zones de stockage, etc.

Elle permet, le cas échéant, de compléter un plan d'implantation de chantier (ou tout autre document équivalent) en annotant toutes les particularités et difficultés rencontrées (*voir chapitre 4.2.1*).

ÉTAPE 2

Choix en fonction des caractéristiques de l'ouvrage à réaliser et de la disponibilité du parc machines.

Prise de connaissance précise des dimensions de la machine et de son encombrement : contraintes liées à l'ouverture des protecteurs mobiles nécessaire aux opérations d'ajout/retrait des tiges de forage ou liées à la zone de détection des dispositifs de protection sensibles (*voir chapitre 4.2.3*).

ÉTAPE 3

Pour chacun des forages du chantier, la machine présélectionnée permet-elle d'effectuer le travail attendu en mode de fonctionnement normal ?

L'encombrement des moyens de protection permet-il à la machine de forage d'accéder au point de forage défini par le maître d'œuvre ?

En position de forage, l'espace dans la zone du train de tiges permet-il d'effectuer les opérations d'ajout/retrait des tiges (ouverture des protecteurs mobiles, espace suffisant entre les dispositifs de protection et l'ouvrage, etc.) ?

Pour tous les forages où la vérification est positive, la machine présélectionnée peut être utilisée.

ÉTAPE 4

Est-il possible d'utiliser une autre machine :

- uniquement pour les forages qui posent problème,

ou

- pour l'ensemble des forages ?

Si oui, il est nécessaire de repasser par l'étape 2 avec la nouvelle machine, soit uniquement pour les forages qui posent problème, soit pour tous les forages.

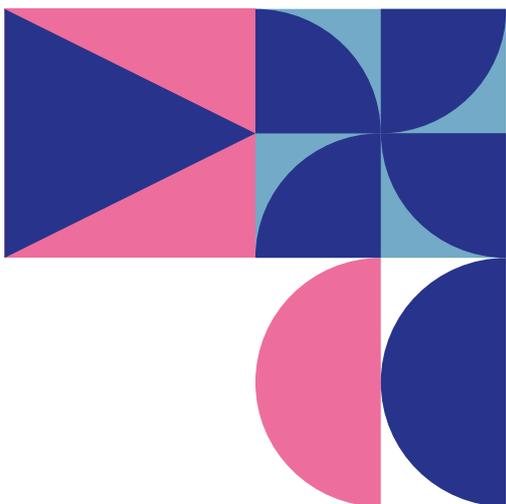
ÉTAPE 5

Lorsqu'il subsiste des forages qui ne peuvent pas être effectués en mode de fonctionnement normal, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le coordonnateur SPS doivent être informés que la disposition initiale des forages ne permet pas l'utilisation optimale des moyens de protection de la machine et que cette situation a un impact, en termes de prévention et de sécurité, sur l'ensemble des entreprises intervenantes, et plus généralement sur l'ensemble des personnes évoluant sur le chantier (*voir chapitre 4.1*).

La sollicitation du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et du coordonnateur SPS par l'entreprise devra être tracée.

ÉTAPE 6

L'entreprise peut utiliser le mode de protection spéciale pour les forages posant problèmes. **Ce choix doit être validé forage par forage et non pas pour l'ensemble d'un chantier.**



4. Mesures organisationnelles sur un chantier de forage

Les mesures organisationnelles sont toutes les mesures qui permettent, entre autres, de faciliter la tâche des opérateurs et couvrir des risques résiduels potentiels qui ne peuvent pas être pris en compte par des mesures techniques.

Ces mesures générales sont définies à différents stades du projet tels que :

- la phase amont au chantier ;
- la préparation du chantier ;
- l'exécution des travaux.

Certaines mesures complémentaires sont spécifiques à l'utilisation du mode de protection spéciale (voir chapitre 4.4).

4.1. Phase amont

Avant l'acceptation d'un chantier de forage, une analyse des contraintes ayant une influence sur la sécurité des opérateurs doit être effectuée. Lorsque des difficultés apparaissent, elles doivent être signalées au maître d'œuvre et/ou au bureau d'étude afin qu'ils tiennent compte, dès la phase de conception et dans les hypothèses de calcul des structures, des contraintes d'exécution et de prévention (par exemple : distance minimale entre le forage et la structure existante) permettant un travail en sécurité pour les opérateurs.

Certains types de travaux (par exemple : reprise en sous-œuvre), de même que des contraintes environnementales (par exemple : proximité d'ouvrages, exigüité des lieux) et des contraintes liées à la maîtrise d'œuvre (par exemple : position du forage) peuvent en effet parfois générer, pour les opérateurs, des situations à risques liés aux éléments mobiles de travail de la machine de forage. Pour certains, ces risques ne peuvent pas être pris en compte par la conception de la machine (par exemple : impossibilité d'utiliser les moyens de protection existants) ou de manière non satisfaisante par des mesures organisationnelles prises sur le chantier.

Rappel: Le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé SPS ont une responsabilité générale en matière de prévention, lors des phases de conception, d'étude, d'élaboration du projet et pendant la réalisation de l'ouvrage. Cette responsabilité est rappelée dans les articles L. 4531-1 et suivants du Code du travail.

Article L. 4531-1

« Afin d'assurer la sécurité et de protéger la santé des personnes qui interviennent sur un chantier de bâtiment ou de génie civil, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé mentionné à l'article L. 4532-4 mettent en œuvre, pendant la phase de conception, d'étude et d'élaboration du projet et pendant la réalisation de l'ouvrage, les principes généraux de prévention énoncés aux 1° à 3° et 5° à 8° de l'article L. 4121-2. ... »

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.»

4.2. Préparation du chantier

4.2.1. Analyse des situations de travail

Pour les opérateurs, la zone dangereuse² sur un chantier de forage ne se limite pas à la zone autour du train de tiges de la machine de forage. Elle peut être étendue pour tenir compte, notamment :

- du milieu :
 - exigüité des lieux,
 - présence d'ouvrages existants,
 - présence d'une dénivellation (talus...),
 - présence d'une fosse ou d'un vide (quai, ponton...),
 - encombrement des zones de déplacement,
 - conditions météo,
 - éclairage de la zone de travail,
 - etc. ;
- des équipements :
 - matériel de forage (tiges-tubes, malaxeur...),
 - présence de plusieurs machines proches les unes des autres,
 - etc. ;
- de l'activité :
 - approvisionnement des éléments de forage (tiges-tubes, matériaux, structures...),
 - coactivité,
 - travaux superposés,
 - travaux des personnels extérieurs,
 - déplacement du personnel,
 - etc.

2. Zone dangereuse : Toute zone à l'intérieur ou autour d'une machine dans laquelle une personne est exposée à un risque de lésion ou d'atteinte à la santé.

4.2.2. Méthodologie pour établir les mesures organisationnelles

Les mesures organisationnelles les mieux adaptées devront être définies suivant la méthodologie suivante :

- effectuer le schéma des activités réelles du chantier de façon journalière, y compris celui de l'environnement du chantier ;
- positionner les différents matériels et engins ;
- définir l'aire d'évolution des engins et des personnes ;
- matérialiser les différents flux de circulation pour chaque phase ;
- identifier les zones de danger ;
- identifier nominativement les personnes autorisées à intervenir dans les différentes zones de travail (par exemple : zones A et B définies au chapitre 4.4) ;
- appliquer les principes de prévention adaptés aux risques. Par exemple :
 - éviter de traverser les zones de danger,
 - séparer les flux
 - assurer la stabilité des talus dans les zones de travail et de circulation,
 - garantir la visibilité de tous les opérateurs (éclairage, angle de visibilité...).
- matérialiser les mesures de prévention associées.

Les mesures organisationnelles générales au chantier et celles spécifiques à l'utilisation du mode de protection spéciale devront être intégrées dans le plan particulier de sécurité et protection de la santé PPSPS.

4.2.3. Choix d'une machine appropriée à la tâche à réaliser

Dans le cadre de la bonne réalisation d'un chantier de forage, la première étape est de choisir, parmi les machines disponibles (parc matériel de l'entreprise, location, achat...), celle qui est la plus adaptée au travail à effectuer en tenant compte de l'usage défini par le constructeur et des contraintes liées à la situation de travail prévisible.

Remarque : Le cas échéant, des aménagements seront effectués afin d'adapter le matériel existant à l'environnement de travail (par exemple : réduction du mât de forage, adaptation des moyens de protection...).

Lorsque l'opération de forage nécessite la manipulation de charges lourdes (longueur importante des tiges/tubes de forage, diamètre important...) ou de manière fréquente (forage profond), il faut privilégier l'utilisation de machines avec un chargement mécanisé des tiges de forage (carrousel, barillet...). Les dispositifs d'aide à la manutention (treuil, bras manipulateur...) peuvent également être utilisés s'ils sont adaptés à la situation de travail. Par exemple, un treuil situé au sommet du mât de forage ne sera d'aucune utilité en cas de forage horizontal.

Lorsque certains forages doivent être exécutés à proximité d'ouvrages pouvant engendrer des difficultés d'utilisation des moyens de protection existants, il faut privilégier les machines les plus adaptées en termes d'encombrement ou celles pour lesquelles les manœuvres des protecteurs (le cas échéant) sont les plus aisées. Il faut notamment privilégier les protecteurs réglables, repliables, rétractables, coulissants ne nécessitant pas ou peu d'opérations de démontage.

Le tableau 1 montre l'adéquation entre les différents types de travaux de forage recensés dans le champ d'application de ce document (voir chapitre 1.1) et les machines utilisées (voir chapitre 1.2), en priorisant celles qui sont les plus adaptées, en termes d'exploitation, à l'usage prévisible.

4.2.4. Moyens humains

Les règles générales concernant le personnel affecté aux travaux de forage (formation, autorisation de conduite...) sont rappelées dans la brochure INRS ED 6108 [1] au chapitre 3.4.

Lorsque des travaux nécessitant l'usage du mode de protection spéciale sont prévus, les mesures complémentaires suivantes devront être appliquées et donc anticipées en fonction des besoins et de la configuration du chantier :

- les travaux de forage seront effectués au minimum par deux personnes (foreur et aide-foreur) ;
- un responsable des opérations sera désigné parmi les personnes impliquées dans les opérations de forage ;
- le personnel affecté à ces travaux devra être expérimenté ;
- un complément de formation spécifique à l'usage de ce mode devra être dispensé aux opérateurs affectés à cette tâche.

4.2.5. Organisation du poste de travail

Une attention particulière doit être apportée à l'organisation du poste de travail, notamment lorsque

Tableau 1: Adéquation entre les types de travaux et les machines de forage utilisées

Désignation (rappel)	Machines verticales +/- 15°	Machines multidirectionnelles	Machines montées sur véhicule porteur	Machines de présoutènement	Mâts de forage	Machines pour travaux d'accès difficiles (TAD)
Micropieux	XX	XX			X	
Tirants – Clous		XX			XX	
Traitement de sol	XX	X				
Jet grouting	XX	X				
Voûte parapluie		X		XX	X	
Forage d'eau – Géothermie	XX		XX			
Sondage de reconnaissance géotechnique	XX	X	XX		X	X
Travaux d'accès difficile						XX

X Usage possible
XX Usage fréquent

les changements de tubes de forage sont effectués manuellement, ce qui implique des interventions fréquentes des opérateurs.

■ Positionnement de la machine

Le positionnement de la machine dans l'environnement de travail doit faciliter les accès en sécurité au poste prévus pour les changements de tiges/tubes de forage, ainsi que, le cas échéant, les ouvertures des protecteurs.

■ Poste de commande

La position du poste de commande doit permettre une bonne visibilité de la zone de travail, notamment lorsque la protection des aides-foreurs est assurée par des commandes à action maintenue comme dans le mode de fonctionnement réduit (voir chapitre 3.2) ou le mode de protection spéciale (voir chapitre 3.3). L'opérateur, lorsqu'il est équipé d'une télécommande, doit également rester vigilant sur sa position afin d'assurer une distance suffisante avec les éléments mobiles de travail.

■ Accès aux postes de travail

Les postes de travail nécessaires aux opérateurs pour les tâches d'ajout/retrait manuel des tiges de forage doivent être aménagés pour permettre un

travail en sécurité et en améliorant leur ergonomie, notamment pour les forages inclinés.

Ces aménagements peuvent consister à disposer des caillebotis, plateformes statiques ou motorisées, etc., afin que l'opérateur se trouve à bonne hauteur de la tâche à réaliser, sans être exposé aux éléments mobiles de travail et sans risque de chute.

Lorsque la zone d'ajout/retrait manuel des tiges de forage se trouve au-dessus du vide (voir figure 24) ou en hauteur, des précautions particulières doivent être prises pour réaliser la plateforme de travail et éviter des chutes de hauteur. Lorsque cela est possible, privilégier l'usage d'une nacelle élévatrice.

Remarque : Voir également la brochure INRS ED 6108 [1], chapitre 9.10.

■ Amélioration des conditions de travail

Les opérations de forage, dans le domaine des travaux couverts par ce document, nécessitent généralement de nombreuses manutentions manuelles de charges, notamment lorsque les opérations d'ajout/retrait des tiges de forage ne sont pas mécanisées. Afin de réduire les risques de troubles musculosquelettiques (TMS) et de lombalgie lors de ces opérations, il est recommandé d'évaluer la charge de travail physique, notamment celle en lien avec la manipulation des tiges et des tubes de forage.



■ Figure 24. Accès aux postes de travail

Cette évaluation peut être réalisée avec la norme NF X35-109 [11]. La méthodologie d'évaluation reprise par la brochure INRS ED 6161 [3] permet d'apprécier les charges de travail des opérations de forage et leurs réductions par l'application des mesures de prévention proposées ci-dessous. Elle permet aussi d'influencer sur le choix d'une machine équipée d'un système mécanisé d'alimentation des tiges de forage ou d'un équipement externe dédié à cette tâche :

- lorsque les accès le permettent, réduire la manutention manuelle des tubes ou des tiges de forage en utilisant des chariots motorisés à conducteur accompagnant permettant de rapprocher ces charges au plus près de la zone de forage et éventuellement d'adapter leur hauteur de préhension ;
- lorsque les accès sont difficiles ou étroits, privilégier des longueurs moins importantes pour les tubes de forage ;
- aménager le poste de travail pour éviter les postures contraignantes. Par exemple, disposer les tubes de forage sur un support approprié (position, hauteur, solidité) afin de faciliter leur préhension.

Remarque : Voir également la brochure INRS ED 6108 [1], chapitre 9.9.

Afin de limiter les interventions des opérateurs dans la zone de forage, des aménagements doivent être effectués pour faciliter l'évacuation des matériaux issus du forage tels que déblais, boues et cuttings par des moyens adaptés à la nature des matériaux (par exemple : goulotte d'évacuation, saignée dans le terrain, coffrage, pompe, outils appropriés...). De même, il faut privilégier des systèmes de nettoyage mécanisés des outils (par exemple : décrotteur) adaptés au train de tiges.

4.2.6. Protection des zones non couvertes

Selon la configuration de la machine et les types de travaux exécutés, certains éléments mobiles présentant des risques peuvent se situer hors de la zone couverte par les moyens de protection équipant la machine. Il s'agit notamment du train de tiges, lors de forages inclinés (voir figure 25).

Dans ce cas, des mesures organisationnelles doivent être mises en place pour couvrir ces risques supplémentaires, telles que des barrières de chantier amovibles adaptées à la zone à couvrir.



Figure 25. Éléments mobiles situés hors gabarit de la machine

4.3. Exécution des travaux

4.3.1. Règles générales

Les règles générales relatives à l'utilisation en sécurité des machines de forage sont rappelées dans la brochure INRS ED 6108 [1] dont certains chapitres sont cités ci-dessous. Elles couvrent de nombreux aspects dont :

- les règles de circulation, de sécurité et de port des EPI : chapitres 4, 5 et 6 ;
- la vérification et les tests quotidiens des moyens de protection des opérateurs : chapitre 8 ;
- la sécurité durant les différentes phases de travail telles que déplacement et stabilité de la machine, les risques dus aux réseaux, etc. : chapitre 9.

4.3.2. Règles et consignes concernant les opérations complémentaires hors forage

Des mesures organisationnelles doivent être mises en œuvre afin de supprimer ou limiter les interventions des opérateurs à proximité de la zone dangereuse pendant la phase de forage en mode normal :

- les opérations d'ajout/retrait des tiges de forage doivent s'effectuer dans la mesure du possible en utilisant des systèmes d'approvisionnement mécanisés des tiges qui ne nécessitent pas d'intervention de l'opérateur dans la zone dangereuse. Si ces systèmes sont absents, l'approvisionnement manuel

des tiges de forage doit s'effectuer en mode de fonctionnement réduit (voir chapitre 3.2). De même, si un guidage manuel des tiges est nécessaire pendant la phase d'ajout mécanisé des tiges, la rotation et l'avance du train de tiges doivent s'effectuer dans ce mode ;

- les opérations de graissage des filetages des tiges de forage, que les ajouts/retraits soient manuels ou motorisés, doivent s'effectuer en dehors de la zone de forage ou pendant les phases d'arrêt ;
- le nettoyage des outils, tiges, tarières doit s'effectuer prioritairement au moyen d'accessoires mécanisés intégrés à la machine de forage (par exemple : décrotteur. . .). Dans le cas contraire, il doit s'effectuer hors production, machine à l'arrêt ou en mode réduit avec utilisation d'outils appropriés (jet haute pression, pelle. . .) ;
- lorsque la gestion des cuttings nécessite des interventions manuelles, débouchage des goulottes d'évacuation, nettoyage de crépine de pompe, évacuation manuelle des matériaux solides, ces opérations doivent être effectuées en priorité pendant les phases d'arrêt du forage (changement de tiges. . .). Si ces interventions ne peuvent pas être réalisées à l'arrêt, elles doivent être effectuées au moyen d'outils adaptés permettant un éloignement suffisant de l'opérateur par rapport au train de tiges ;
- lorsque la récupération d'échantillons est nécessaire, elle s'effectue machine à l'arrêt.

4.4. Mesures complémentaires spécifiques au mode de protection spéciale

Dans le cadre de l'utilisation du mode de protection spéciale, les mesures organisationnelles suivantes doivent être mises en œuvre.

Après le positionnement de la machine à son emplacement de forage, l'aménagement de la zone de forage (par exemple : mise en place des évacuations de cuttings), du poste de travail (par exemple : mise en place de caillebotis, installation d'une plateforme) et de la zone de travail (par exemple : stockage des tiges, des matériaux

nécessaires à la réalisation du forage), deux zones de sécurité doivent être définies et délimitées, telles que symbolisées figure 26 :

- la zone dangereuse (**zone A**) est située à proximité immédiate du train de tiges. Elle doit être rendue inaccessible pendant la phase de forage (**barriérage zone A**). Cela peut être réalisé soit par une partie des protecteurs de la machine de forage lorsqu'ils sont maintenus en place, soit par des éléments extérieurs empêchant le mieux possible les accès involontaires à la zone dangereuse. Lorsque des accès sont nécessaires pour certaines opérations telles que l'ajout/retrait des tiges de forage, une partie du barriérage doit pouvoir être manipulée facilement (faibles dimensions, moyens de préhension et légèreté des éléments) ;
- la zone de travail (**zone B**) intègre : la machine de forage, la zone A, la zone de stockage, le cas échéant un engin de manutention des tiges de forage et, d'une manière générale, toute la zone d'évolution des opérateurs nécessaire à la réalisation du forage. Lorsque plusieurs machines de forage opèrent à proximité les unes des autres dans les mêmes conditions d'utilisation du mode de protection spéciale, la zone B peut englober plusieurs postes de forage. La zone B doit être délimitée physiquement au moyen de barrières de chantier et son accès réservé au personnel autorisé. L'entrée à cette zone doit être fermée (par exemple : chaînette) et un panneau visible doit informer de l'accès limité à cette zone (**barriérage zone B**). Lorsque la zone B est très étendue, notamment lorsqu'elle englobe plusieurs postes de forage, il peut être nécessaire d'assurer une surveillance spécifique de cette zone afin de s'assurer qu'aucun personnel non autorisé n'y pénètre.

L'accès à la zone B doit être limité à un nombre restreint d'opérateurs devant être qualifiés, expérimentés et formés spécifiquement aux risques liés à l'utilisation du mode de protection spéciale. L'accès à la zone A doit être exclusivement réservé au foreur et à ses aides-foreurs. Ces personnes devront être autorisées par l'employeur et le document attestant de cette autorisation devra être consultable sur le chantier.

Un rappel des consignes de sécurité liées à ce mode doit être effectué à chaque prise de poste (quart d'heure sécurité, briefing de début de poste. . .).

Une analyse des risques spécifiques liés à l'utilisation du mode de protection spéciale dans

la configuration réelle de chaque forage doit permettre de mettre en évidence les situations à risques et d'y apporter des solutions adaptées. Un exemple de tableau d'analyse est fourni en annexe B.

Pour rappel, la technique de forage mise en œuvre doit minimiser le risque de happement des opérateurs (tiges lisses, marteau fond de trou, etc.). L'usage de la tarière est interdit dans ce mode.

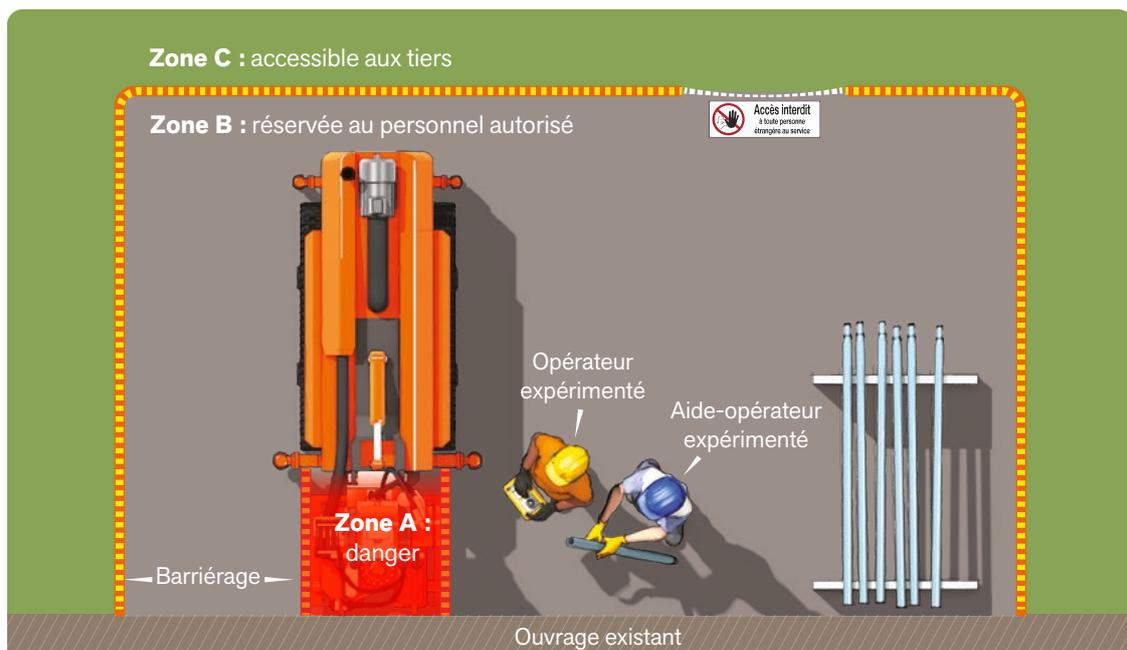
Lorsque des interventions sont nécessaires dans la zone A, elles doivent s'effectuer :

- en priorité lorsque le train de tiges est à l'arrêt, par exemple :
 - certaines opérations de graissage qui ne sont pas automatisées (tête d'eau, table de rotation, glissière, galets...),
 - débouchage des outils,
 - gestion des résidus de forage (cuttings), débouchage des goulottes d'évacuation, nettoyage de crépine de pompe, évacuation manuelle des matériaux solides,
 - récupération d'échantillons de matériaux ;
- en mode de fonctionnement réduit (*voir chapitre 3.2*) pour les opérations qui nécessitent des mouvements motorisés du train de tiges ou de la tête de forage, par exemple :
 - ajout/retrait manuel des tiges de forage,
 - changements de vitesse de boîte mécanique manuelle ;

- à défaut pendant le fonctionnement normal, en agissant depuis l'extérieur de la zone au moyen d'outils appropriés permettant de garantir un éloignement suffisant de l'opérateur (par exemple : rinçage du train de tiges au moyen d'un jet d'eau).

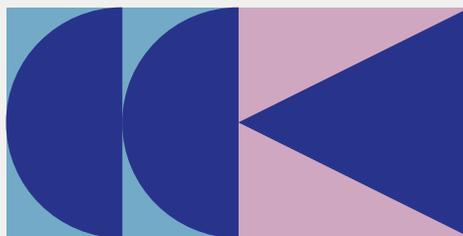
La visibilité doit être maintenue entre le conducteur au poste de commande et les opérateurs intervenants dans la zone de forage.

Les travaux nécessitant l'usage du mode de protection spéciale doivent être spécifiés dans le PPSPS.



■ Figure 26. Illustration d'un aménagement de la zone de travail lors de l'utilisation du mode de protection spéciale

Bibliographie



Ouvrages INRS

Ces ouvrages sont disponibles sur www.inrs.fr.

- [1] *Machines de forage. Manuel de sécurité*, ED 6108.
- [2] *Sécurité des équipements de travail. Prévention des risques mécaniques*, ED 6122.
- [3] *Méthode d'analyse de la charge physique de travail*, ED 6161.
- [4] *Aide au choix d'un dispositif de protection sensible*, ED 6281.
- [5] *Amélioration des machines en service. Guide pratique*, ED 6289.

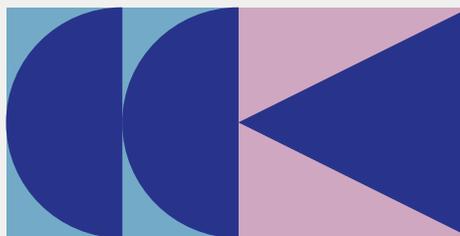
Normes

- [6] NF EN 16228-1 : juillet 2014, « Machines de forage et de fondation. Sécurité. Partie 1 : Prescriptions communes ».
- [7] NF EN 16228-2 : juillet 2014, « Machines de forage et de fondation. Sécurité. Partie 2 : Machines mobiles de forage de génie civil, de géotechnique, de forage d'eau, d'exploration de sol, d'énergie géothermique, de mines et carrières ».
- [8] NF EN 16228-7 : juillet 2014, « Machines de forage et de fondation. Sécurité. Partie 7 : Équipements complémentaires interchangeables ».
- [9] NF EN ISO 13855 : 2010, « Sécurité des machines. Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps ».
- [10] NF EN ISO 13857 : 2008, « Sécurité des machines. Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses ».
- [11] NF X35-109 : 2011, « Ergonomie. Manutention manuelle de charge pour soulever, déplacer et pousser/tirer. Méthodologie d'analyse et valeurs seuils ».

Autres documents en ligne

- [12] Note technique du 15 mai 2013 relative aux règles de sécurité applicables aux foreuses de géotechnique utilisées dans les travaux de sondages en rotation et verticaux.
Disponible sur <https://travail-emploi.gouv.fr>.
- [13] *JORF* n° 0117 du 23 mai 2013 page 8 537 texte n° 115 : Avis aux fabricants, importateurs, distributeurs et utilisateurs de foreuses pour les chantiers de sondages en rotation et verticaux dans le domaine de la géotechnique.
Disponible sur www.legifrance.gouv.fr.
- [14] Guide technique relatif aux opérations de modification des machines ou des ensembles de machines en service.
Disponible sur <https://travail-emploi.gouv.fr>.

Annexes



Annexe A. Aide au choix des moyens de prévention des risques dans le cadre de l'acquisition d'une machine de forage neuve

Cette partie du document aborde les moyens de prévention des risques mécaniques liés aux éléments mobiles concourant au travail. Cela concerne principalement l'entraînement en rotation et les mouvements d'avance du train de tiges.

Elle a pour but d'aider l'utilisateur à faire un choix de moyens de protection adaptés dans le cas de l'acquisition d'une machine neuve et de vérifier que les éléments fournis correspondent à l'état de l'art.

A.1. Moyens de protection

La protection des accès aux éléments mobiles concourant au travail peut être assurée par des protecteurs, des dispositifs de protection ou une combinaison de ces différents moyens de protection.

Dans le cadre de l'élaboration d'un cahier des charges, le choix du moyen de protection doit être guidé non seulement par l'analyse des risques à couvrir, mais également par rapport à des contraintes spécifiques à l'utilisation des machines de forage telles que :

- les conditions environnementales des chantiers ;
- les conditions d'exploitation de la machine dans ces différentes phases (forage, déplacement, transport...) et dans ses différentes situations de travail (forage exclusivement en position quasi verticale ou multidirectionnelle) ;
- l'emprise des moyens de protection sur le chantier et leurs contraintes ;
- l'ergonomie du poste de travail.

Pour les machines équipées d'un système mécanisé intégré d'alimentation des tiges/tubes de forage (par

exemple : carrousel, barillet), ce système participe à la limitation des accès au train de tiges à la condition qu'il fournisse une protection équivalente à celle d'un protecteur.

A.1.1. Protecteurs

Les protecteurs sont des dispositifs mécaniques qui empêchent physiquement, l'accès à la zone dangereuse. En fonction de leur conception, ils peuvent également couvrir des risques de projection. Ils peuvent être fixes (maintien en place par des vis) ou mobiles (ouverture facile et contrôle de leur position fermée).

Règles générales

Le protecteur de la zone de travail :

- doit être de construction robuste, adaptée aux conditions d'utilisation dans les différentes phases de vie de la machine, notamment les vibrations ;
- doit être conçu et construit de manière à offrir une bonne visibilité de la zone de travail ;
- doit permettre les interventions indispensables pour la mise en place et le retrait des tiges ou tubes de forage, sans démontage du protecteur et dans les différentes configurations d'utilisation prévues (verticale, multidirectionnelle).

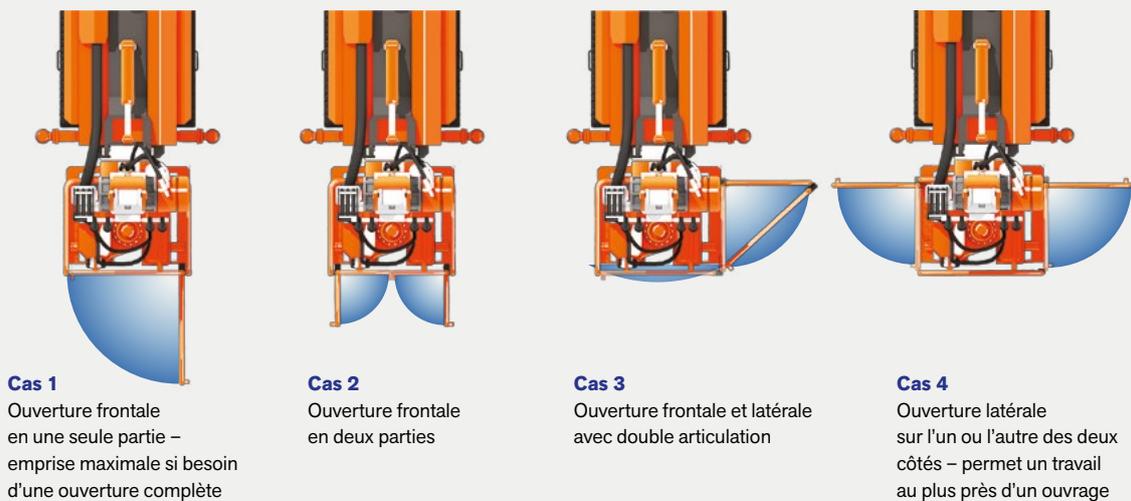
Protecteur mobile

Facilité de manœuvre : Les protecteurs mobiles donnant accès à la zone de travail peuvent être manœuvrés manuellement ou être mécanisés (moteur, vérin). Ce choix doit être guidé par l'ergonomie du poste de travail.

Recommandation

Il est recommandé de choisir des protecteurs mobiles mécanisés dès que leurs dimensions ne sont pas compatibles avec des manœuvres manuelles fréquentes ou lorsque la machine de forage est destinée à travailler dans des positions ne favorisant pas ces manœuvres (travaux multidirectionnels).

Adaptabilité à l'environnement et à la tâche : Il faut privilégier les protecteurs mobiles dont la conception est telle qu'ils minimisent, lors de leurs manœuvres,



■ Figure 27. Exemples de conception de protecteurs avec mise en évidence de leur impact sur la zone de travail

leur emprise sur le chantier afin de pouvoir les utiliser dans la majorité des situations prévisibles. La figure 27 illustre quelques exemples de protecteurs mobiles et de leur emprise sur le chantier. Dans la mesure du possible, le côté d'ouverture doit faciliter les ajouts/retraits de tiges (par exemple : proximité avec un rack à tiges).

Cas des machines équipées du mode de protection spéciale

Pour les machines de forage équipées du mode de protection spéciale (voir chapitre 3.3), il faut privilégier les protecteurs conçus pour rester fixés à la machine, par exemple ceux qui sont réglables, repliables, rétractables, coulissants. Dans le cas contraire, il faut s'assurer que leur démontage/remontage soit facilité, notamment par une indexation de la position des éléments les uns par rapport aux autres, une utilisation de vis imperdables pour leur fixation, l'utilisation de connecteurs pour le raccordement des dispositifs de verrouillage des protecteurs mobiles et le cas échéant de connecteurs pour le raccordement des actionneurs (par exemple : vérins, moteurs) lorsque les mouvements du protecteur sont motorisés.

A.1.2. Dispositifs de protection

Les dispositifs de protection n'empêchent pas, physiquement, l'accès à la zone dangereuse. Ils ne sont donc utilisables que si les mouvements dangereux peuvent être arrêtés rapidement. De même, ils ne couvrent pas les risques éventuels de projection.

Ils peuvent mettre en œuvre différentes technologies de détection, électrosensible (ESPE type

barrière immatérielle, laser-scanner...), sensibilité à la pression (tapis sensible...), vision numérique, ondes radioélectriques, etc. Les zones de détection peuvent être matérialisées par des plans, des volumes, être fixes ou paramétrables, etc. La brochure ED 6281 [4] précise comment choisir entre ces différentes technologies.

Avant de choisir un dispositif de protection, il est nécessaire de s'assurer que ses capacités de détection des personnes exposées à un risque sont compatibles avec les travaux à réaliser (analyse précise de l'activité, de la zone à protéger, du déplacement des opérateurs, des contraintes liées à l'environnement, etc.). De par les technologies employées, tous les dispositifs de protection ne sont pas adaptés à des conditions environnementales sévères fréquemment rencontrées sur certains chantiers.

Remarque: Certains dispositifs de protection immatérielle peuvent générer plus de contraintes d'encombrement vis-à-vis de l'environnement que des protecteurs physiques. Ce constat peut être lié à la détection d'obstacles liés au chantier (ouvrages, arbres, autres machines situées à proximité, etc.) ou à des distances de sécurité importantes liées à la technologie du dispositif de détection.

Règles générales

Le dispositif de protection de la zone de travail :

- doit être de construction robuste adaptée aux conditions d'utilisation, ou convenablement protégé ;
- doit être adapté aux conditions environnementales et climatiques (projections, salissure, température, luminosité, humidité, brouillard, etc.) propres à un chantier de forage ;

- ne doit pas générer trop d'arrêts intempestifs dus aux projections ou salissures qui peuvent être générées lors des opérations de forage. Il doit être insensible ou protégé efficacement contre de telles perturbations.

Cas des machines équipées du mode de protection spéciale

Contrairement aux machines équipées de protecteurs mobiles, pour les machines de forage équipées du mode de protection spéciale (voir chapitre 3.3), les dispositifs de protection de la zone de travail génèrent, généralement, moins de contraintes liées à leur encombrement (par exemple : pas de débattement lié à l'ouverture du protecteur).

Lorsque certaines parties (protecteurs latéraux, supports des dispositifs de protection, etc.) doivent néanmoins être retirées pour faciliter le travail, il faut privilégier celles qui restent fixées à la machine, par exemple celles qui sont réglables, repliables, rétractables, coulissantes. Dans le cas contraire, il faut s'assurer que leur démontage/remontage soit facilité, notamment par une indexation de la position des éléments les uns par rapport aux autres, une utilisation de vis imperdables pour leur fixation et l'utilisation de connecteurs pour le raccordement des dispositifs de protection.

A.2. Dispositifs d'arrêt supplémentaires

Attention !

Ces dispositifs ne remplacent pas les moyens de protection de la zone de travail décrits dans cette annexe au chapitre A.1.

Ils n'empêchent pas d'atteindre les éléments mobiles de travail lorsqu'ils sont en mouvement.

Ils viennent compléter la protection des opérateurs :

- soit sur des parties non couvertes par les moyens de protection ;
- soit dans les modes où les moyens de protection principaux sont inactifs (mode de fonctionnement réduit et mode de protection spéciale).

Ces dispositifs peuvent être constitués de composants activés :

- soit par actionnement mécanique / pression sur des actionneurs tels que des bords, barres ou pare-chocs sensibles ; des boutons-poussoirs de type coup de poing ou champignon ; des câbles d'arrêt ; des plaques ou volets sensibles, etc. ;

- soit par occultation de monofaisceaux (détection optoélectronique tels que des cellules immatérielles).

Dans tous les cas, ces dispositifs doivent être :

- aptes à assurer leur fonction dans les conditions environnementales d'un chantier de forage ;
- ne pas créer de risques supplémentaires de par leur forme ou leur positionnement sur la machine.

Pour être efficaces, ces dispositifs :

- doivent être correctement implantés afin de pouvoir être facilement actionnés en cas d'urgence par les opérateurs, ou une partie du corps et de manière involontaire ;
- doivent être situés de chaque côté de l'axe de forage et à proximité immédiate des parties en rotation ;
- ne doivent pas gêner, plus que nécessaire, les opérations normales d'ajout/retrait des tiges ou tubes de forage.

A.3. Dispositifs de détection par ondes radios

Un système de détection par ondes radios se compose d'un badge et d'une balise. Le principe de détection est basé sur l'émission, la propagation et la réception d'une onde électromagnétique.

Attention !

Ces dispositifs ne remplacent pas les moyens de protection de la zone de travail décrits dans cette annexe au chapitre A.1. Ils ne permettent pas d'assurer une protection collective. Ils peuvent compléter la protection des opérateurs, par exemple dans le mode de protection spéciale.

Le principe de prévention de ce dispositif de protection individuelle est la détection d'un badge qui doit être porté par les opérateurs soumis aux risques que l'on veut couvrir. Cette mesure, pour être efficace, repose pour une part importante sur des mesures organisationnelles.

Attention !

Dans le cas où cette mesure est mise en œuvre dans le mode de protection spéciale, tous les opérateurs impliqués dans la tâche (foreur, aide(s)-foreur(s)) qui ont accès à la zone de travail (zone B) définie pour le mode de protection spéciale (voir chapitre 4.4) doivent être équipés et porter un ou plusieurs badges. Cela peut nécessiter la mise en place d'un accès contrôlé à cette zone.

Comme pour tous les dispositifs de protection immatériels qui ne permettent pas la visualisation du champ de protection, il est préférable de disposer d'un champ d'alarme permettant de prévenir les opérateurs de l'approche du champ de protection et d'éviter ainsi des arrêts intempestifs.

Les badges doivent posséder une autonomie en énergie suffisante pour fonctionner pendant une journée de travail, avec toutes leurs fonctionnalités actives (alarme, etc.). De plus, une organisation spécifique doit être mise en place afin d'assurer la recharge et la maintenance des badges.

Annexe B. Exemple d'appréciation des risques spécifiques à l'utilisation du mode de protection spéciale

Cette annexe présente, à titre d'exemple, un tableau d'appréciation des risques spécifiques à l'utilisation du mode de protection spéciale.

Cet exemple est à considérer comme **un extrait de l'appréciation globale des risques** qui doit être réalisée pour chaque situation de travail. Il aborde principalement les risques mécaniques supplémentaires générés par la mise en œuvre et l'utilisation du mode de protection spéciale. Il n'est pas exhaustif et ne représente qu'une situation de travail donnée à titre d'exemple.

L'estimation du risque (quantification du niveau de risque) n'est pas détaillée dans ce document (colonnes grisées), mais elle doit être réalisée avant et après la mise en place des mesures de prévention afin de pouvoir évaluer si le risque a été suffisamment réduit.

Cette appréciation des risques sous-entend que :

- la machine est équipée de ce mode conformément à la description du chapitre 3.3.1 ;
- le choix de l'utilisation de ce mode a été effectué conformément au logigramme de décision présenté au chapitre 3.3.2 ;
- le choix des outils de forage permet de limiter le risque de happement (pas d'utilisation de tarière) ;
- les opérateurs affectés à cette tâche sont formés à l'utilisation en sécurité de la machine de forage et

ont reçu une information complémentaire sur les risques spécifiques à l'utilisation de ce mode ;

- les opérateurs ont connaissance des différents modes opératoires liés aux différentes tâches induites par la mise en œuvre et l'utilisation de ce mode ;
- les opérateurs utilisent les différents EPI mis à leur disposition en fonction des risques résiduels à couvrir (chaussures, gants...).

Les différentes tâches concernées par la mise en œuvre et l'utilisation du mode de protection spéciale sont les suivantes :

- ouverture, escamotage, réglage des moyens de protection (protecteurs et dispositifs de protection) lorsqu'ils peuvent rester sur la machine dans ce mode ;
- démontage puis remontage des moyens de protection lorsqu'ils ne peuvent rester sur la machine dans ce mode ;
- test des moyens de protection après leur remise en service ;
- préparation des postes de travail (hors machine) ;
- préparation de la machine de forage (mise en place des outils...) ;
- forage en mode de protection spéciale ;
- ajout/retrait des tiges de forage lorsque cette opération n'est pas entièrement mécanisée (nécessité, totale ou partielle, d'intervention de l'aide-foreur à proximité du train de tiges) ;
- opérations connexes telles que : gestion des résidus de forage (cuttings), opération de graissage, nettoyage des outils... .

Exemple de tableau simplifié d'appréciation des risques spécifiques à l'utilisation du mode de protection spéciale

Identification des phénomènes dangereux				Estimation du risque				Réduction du risque	Commentaires
Train de tiges en rotation	Situation de travail	Événement dangereux	Phénomènes dangereux (principalement mécaniques)	Gravité	Fréquence / exposition	Probabilité d'occurrence	Niveau de risque	Mesures de prévention	
Non	Opération de démontage/remontage des moyens de protection (protecteurs, dispositifs de protection) lorsqu'ils ne peuvent rester sur la machine pour l'utilisation du mode de protection spéciale	Masse du moyen de protection à déplacer manuellement	Heurt, choc, écrasement, TMS (lombalgies)					Respecter le mode opératoire de retrait du moyen de protection. Effectuer les opérations sur une zone plane, stable et dégagée de tout obstacle. Privilégier l'utilisation d'un engin et accessoires de levage.	
		Utilisation d'un engin et d'accessoires de levage	Heurt, choc avec l'engin de levage					Utilisation des points de préhension existants	Utilisation d'un engin de levage et d'accessoires en adéquation avec la charge à déplacer
		Travail en hauteur	Chute					Utilisation d'une plateforme individuelle	
		Décâblage des composants électriques (dispositifs de verrouillage...)	Électrisation					Utilisation de connecteurs ne nécessitant pas d'intervention sur le câblage	
		Erreur de recâblage des composants électriques	Non-arrêt des éléments mobiles lors de la sollicitation du moyen de protection					Identification des connecteurs avec détrompeurs	Effectuer les essais des moyens de protection après remontage.
		Démontage de raccords hydrauliques d'un protecteur motorisé	Projection de fluide sous pression					Purge du circuit hydraulique avant démontage et utilisation de raccords adaptés	
		Erreur de remontage de raccords hydrauliques d'un protecteur motorisé	Inversion des mouvements du protecteur					Identification des raccords avec détrompeurs	Effectuer les essais du protecteur motorisé après remontage.
Oui	Préparation de la machine de forage, mise en place des outils	Mouvement des éléments mobiles de travail (rotation et avance du train de tiges)	Happement, choc, écrasement					Mise en place d'une zone d'accès limitée exclusivement au personnel autorisé (voir chapitre 4.4 et voir figure 26)	
								Positionnement du poste de commande opérateur afin d'assurer une très bonne visibilité de la zone dangereuse	Rappel : Impossibilité d'atteindre les éléments mobiles depuis le poste de commande
								Utilisation du mode de fonctionnement réduit pour commander les éléments mobiles de travail	Rappel : Mode de fonctionnement réduit, voir chapitre 3.2

Oui	Forage	Mouvement des éléments mobiles de travail (rotation et avance du train de tiges)	Happement, choc, écrasement					Mise en place d'une zone d'accès limitée exclusivement au personnel autorisé (voir chapitre 4.4 et voir figure 26)	
								Positionnement du poste de commande opérateur afin d'assurer une très bonne visibilité de la zone dangereuse	Rappel : Impossibilité d'atteindre les éléments mobiles depuis le poste de commande
								Sélection du mode de protection spéciale	Rappel : Mode de protection spéciale, voir chapitre 3.3.1
								Aucune intervention n'est autorisée dans la zone dangereuse (zone rouge, voir chapitre 4.4 et voir figure 26) pendant le forage.	
								Le foreur a autorité sur l'accès à la zone dangereuse.	
Oui	Ajout/retrait des tiges de forage nécessitant une intervention manuelle à proximité du train de tiges	Mouvement des éléments mobiles de travail (rotation et avance du train de tiges)	Happement, choc, écrasement					Utilisation du mode de fonctionnement réduit pour commander les éléments mobiles de travail	Rappel : Mode de fonctionnement réduit, voir chapitre 3.2
		Manipulation de charges (tiges, tubes) dans un environnement contraint	TMS (lombalgies...)					Adaptation du train de tiges (longueur et masse des éléments) aux conditions spécifiques Stockage des tiges sur support adapté, à proximité de la zone	Apprécier la charge de travail avec la norme NF X35 109 et le document INRS ED 6161 : <i>Méthode d'analyse de la charge physique de travail.</i>
			Chutes					Maintien des accès dégagés à la zone de travail	
Oui	Opérations connexes : – gestion des cuttings (évacuation...) – graissage des éléments mobiles de la machine (touret d'injection, tête de rotation, glissières, galets...) – changement de vitesse manuel sur la tête de rotation – rinçage du train de tiges – débouchage de l'outil – ...	Mouvement des éléments mobiles de travail (rotation et avance du train de tiges)	Happement, choc, écrasement					Aucune intervention n'est autorisée dans la zone dangereuse (zone rouge, voir chapitre 4.4. et figure 26) pendant le forage. La gestion des opérations connexes doit respecter les principes de prévention suivant la hiérarchie suivante : – automatiser les opérations qui ne peuvent être supprimées (ex. : graissage machine, pompage des cuttings liquides...); – effectuer les opérations machine à l'arrêt (ex. : graissage machine, débouchage outils, évacuation des cuttings solides, mise en place pompe, débouchage crépine...); – effectuer les opérations en mode de fonctionnement réduit (ex. : changement de vitesse si nécessité de rotation, rinçage du train de tiges avec l'opérateur en dehors de la zone dangereuse...).	

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur 
www.inrs.fr

Pour commander les publications de l'INRS au format papier 

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS.

Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

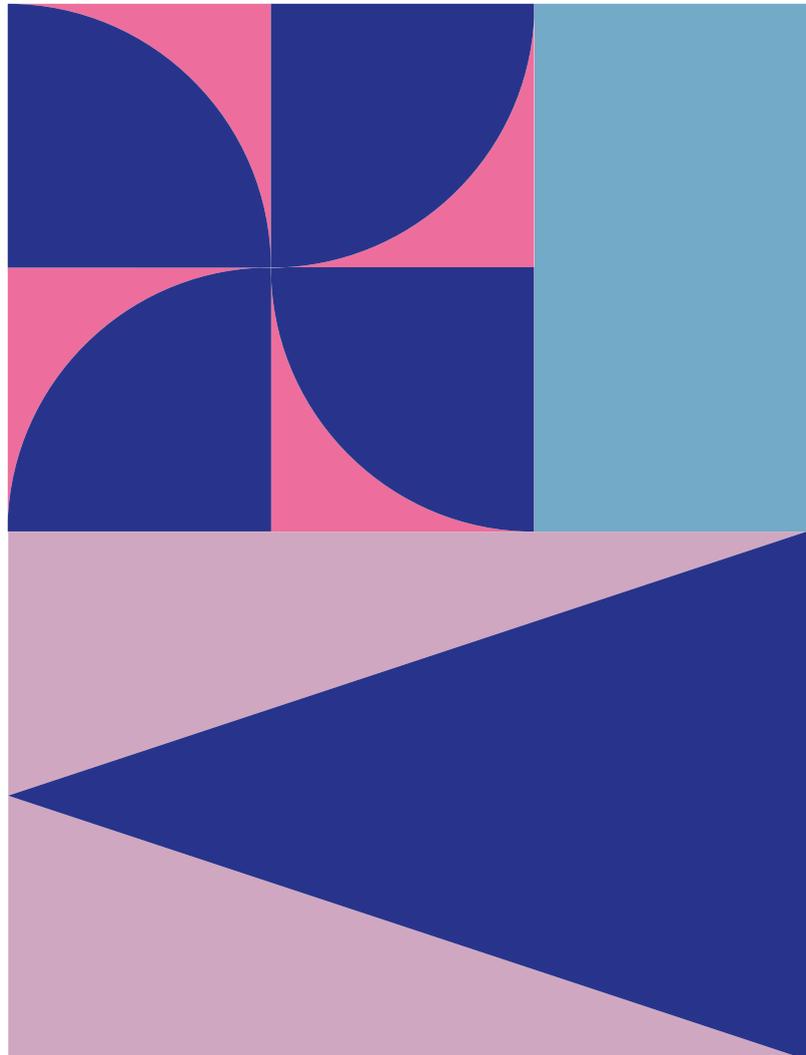
L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr

La prévention des accidents du travail sur les machines de forage passe certes par des mesures techniques, mais également par des mesures organisationnelles mises en œuvre à différentes étapes des projets, depuis leur conception jusqu'à leur réalisation.

Ce document destiné aux utilisateurs, préventeurs et donneurs d'ordres traite de l'utilisation des machines de forage de faible diamètre rencontrées dans différents domaines d'activité.

Il propose, entre autres, une méthodologie d'aide à la décision d'utilisation du mode de protection spéciale pour des circonstances particulières ainsi que des mesures organisationnelles compensatoires à mettre en œuvre.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6428

1^{re} édition | mai 2021 | 1 000 ex. | ISBN 978-2-7389-2661-6

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie - Risques professionnels