



Montage d'une ligne d'air comprimée

Localisation

Titre

Référence **SBF.MET.R&R. XXX**

Version **A**

Date	Indice	Suivi des modifications	Rédac.	Vérif.	Valid.
06/01/2022	A	Création du document	BLE/ATO	SBI	NSE



1. Objet

Ce document précise les règles et recommandations relatives à l'exécution des travaux sous air comprimé (forage, jet-grouting, ...).

2. Champ d'application

Ces règles et recommandations sont applicables à l'ensemble des chantiers de SOLETANCHE BACHY.

Elles s'adressent à l'encadrement de chantier : Ingénieurs travaux, Conducteurs de Travaux et chefs de chantier.

Les recommandations sont écrites en gras

Les règles sont en gras et encadrées en rouge

Les recommandations ne sont pas obligatoires mais fortement conseillées.

Les règles sont obligatoires et ne peuvent être contournées sans validation préalable des services QSE et Méthodes.

3. Objectif du document

Ce document précise les points techniques et les dispositions de sécurité à respecter pour la réalisation de travaux sous air comprimé.

Il s'attache notamment à décrire les spécificités techniques du consommable à utiliser (vannes, flexibles, raccords, dispositifs de sécurité, ...).

4. Documents associés et de références

SB.MET.JG. R&R.022 - Jet double - exécution

SB.MET.SD.R&R.004 - Forage petit diamètre – Guide outil et fluide

Réglementation Française :

- Vérification des équipements de travail

Articles R4534-16 et suivants du Code du travail

Articles R4323-22 et suivants du Code du travail

- Maintien en état de conformité des équipements de travail

Articles R4322-1 et R4322-2 du Code du travail

- Vérification des équipements sous pression

Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simple



Articles R557-9-1 et suivants du Code de l'environnement

5. Règles et recommandations

1. Rappels

L'air est un fluide fortement compressible. De fait, le recours à l'air comprimé représente un risque qu'il est nécessaire de prendre en compte.

Les pressions usuelles de travail sont comprises entre 3 à 25 bars selon le besoin d'utilisation. Ces pressions peuvent sembler faibles en comparaison des pressions de coulis rencontrées en injections et en jet-grouting. Néanmoins, lors de son expulsion à pression atmosphérique, l'air comprimé se détend et occupe donc un volume bien plus important. Cette détente est responsable notamment des coups de fouets constatés lors de la rupture d'un flexible d'air.

Dès lors, des précautions particulières doivent être adoptées pour éviter tout accident. Ces précautions concernent :

- Le choix des flexibles d'air ;
- Le choix de la quincaillerie (vannes, raccords) ;
- Le choix des dispositifs de sécurité au niveau des raccords (estropes, chaussettes...) ;
- Le principe de montage des assemblages (débitmètres, vannes, manomètres, raccords) sur les foreuses ;

2. Point sur les filetages

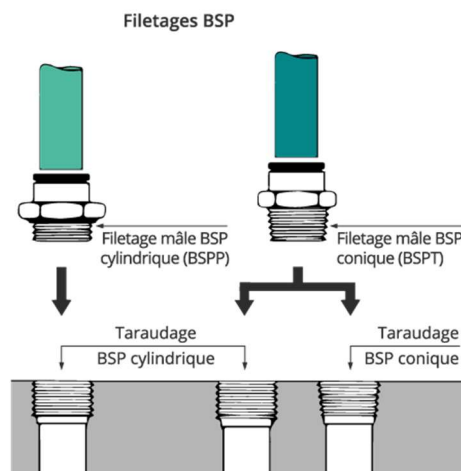
Le filetage gaz (de type BSP – British Standard Pipe) est généralement utilisé sur nos chantiers.

Le filetage BSP existe sous 2 formes :

- **BSPP** : Filetage gaz P pour « Parallel ». Comprendre que le filetage est cylindrique et donc de section constante.
- **BSPT** : Filetage gaz T pour « Taper ». Comprendre que le filetage est conique (conicité de 3,57°) et donc de section variable.

Le filetage mâle BSPP peut s'adapter sur un filetage femelle (taraudage ou autre) équivalent et donc BSPP.

Le filetage mâle BSPT peut s'adapter sur un filetage femelle BSPP ou BSPT (moins fréquent).





Le filetage BSPP n'est pas étanche. Ainsi lorsque l'on assemble un filetage mâle et un filetage femelle BSPP l'étanchéité est généralement réalisée via :

- Un joint (plat, torique ou bague BS)
- Une portée à face plate ou à face conique en bout de filetage

On utilise aussi parfois de la filasse pour étancher les filetages.

Le Loctite est généralement à éviter car il nécessite un milieu anaérobie pour faire prise. Le filetage BSPP n'étant pas étanche, il est difficile de chasser l'air et donc le Loctite peut ne pas faire prise. A noter également que le Loctite n'est valable que pour des filetages jusqu'à 2".

Le filetage BSPT étant conique, l'étanchéité se fait via le filetage lors du serrage. Avec un filetage mâle BSPT, l'étanchéité est obtenue que le filetage femelle soit BSPT ou BSPP.

C'est pour ces raisons que nous recommandons par la suite des filetages BSPT mâles sur les flexibles d'air. Visser sur un raccord de type union ou équivalent (filetage BSPP le plus souvent sans joint ni portée), l'étanchéité est ainsi garantie.





3. Consommable

Lors de la commande du consommable de chantier, il convient de respecter les règles et recommandations suivantes :

1. Les flexibles d'air

➤ Les flexibles semi-rigides

Des flexibles spécifiques dédiés à l'air comprimé et dont la pression* de service est supérieure à la pression de travail, doivent être utilisés. Les autres types de flexibles (injection, hydraulique, eau..) sont à proscrire.

Le filetage de type BSPT mâle est recommandé pour les flexibles (Cf. 5.2) afin d'éviter les fuites au niveau des raccords.

À défaut d'un marquage du fabricant et afin d'éviter toute mauvaise utilisation des flexibles, il est recommandé de marquer les flexibles avec un code couleur en fonction de leur utilisation (étiquettes ou chaussettes) :

- jaune pour les flexibles d'air,
- noire pour les flexibles d'injection
- bleue pour les flexibles d'eau.

Nota : certains flexibles sont multiservice, c'est-à-dire qu'ils peuvent servir pour l'air, l'eau et éventuellement d'autres fluides (à confirmer selon la spécification du flexible).

Deux types de flexibles (standard et renforcé) proposés par le fournisseur Tecalemit et répondant à nos exigences sont détaillés en annexes. D'autres fournisseurs proposent des flexibles spécifiques pour l'air (Flexeurop, Battud industrie, Manuli...)

*Nota : *La pression de service est fonction du diamètre. Les flexibles d'air font partie des flexibles industriels. Selon le type de flexible, il existe un coefficient de sécurité de 3 ou 4 entre la pression de service (indiquée sur le flexible) et la pression d'éclatement (voir la notice du fournisseur).*

Attention :

Les raccords sertis ne sont en revanche pas couverts par une norme d'un point de vue pression de service. Le fabricant (celui qui assemble les tuyaux et les raccords sertis) engage sa responsabilité sur la pression de service de l'ensemble. Par convention, le fabricant teste les flexibles à une pression égale à environ 1,5 fois la pression de service du flexible (ex : 60 bar pour un flexible de 40 bar). Dès lors, la mise en place de raccord sertis sur un tuyau fait chuter le facteur de sécurité global de 3-4 à environ 1,5.

Le fournisseur doit numéroter les flexibles afin d'assurer leur traçabilité.

Le fournisseur doit fournir un certificat d'épreuve en pression des flexibles à 1,5 fois la pression de service pour chaque flexible livré et en lien avec le numéro attribué.

Nota : La réparation d'un flexible d'air par une autre entreprise lève de fait la responsabilité du fabricant et engage celle du réparateur. Le réparateur devrait alors attribuer un nouveau numéro d'identification et fournir un nouveau certificat d'épreuve en pression de celui-ci.



Règles & Recommandations

Montage d'une ligne de forage à l'air



Flexibles pour l'air répondant à la Norme ISO 2398



Armature textile :

Le + → poids : 1.195 kg/m + légers
Pression de service 27 bar coef de sécurité 3 soit un éclatement à 81 bar.

Armature métallique :

Le – → Poids : 2.27 Kg /m
Pression de service 45 bar coef de sécurité 4 soit un éclatement à 180 bar.

Voir en annexe n° 1

Gravure au laser et certificat d'épreuve



Ex Tecalemit : gravure laser sur la jupe sertie.

Un exemple de certificat est disponible en annexe n°2

➤ Les flexibles aplatissables

Les flexibles aplatissables sont une alternative aux flexibles semi-rigides d'utilisation standard.

Exemple des sertissage de Tecalemit avec collier 3 pièces et embout sans arrête pour éviter d'endommager le tuyau.

A détailler un peu ici pour le flexible et dans la partie suivante pour les raccords.

Concernant les raccords, indiquer qu'ils peuvent être soudés ou vissés



2. Les vannes

**Les vannes utilisées doivent être adaptées à l'usage de l'air comprimé.
Elles sont en acier ou en inox.**

Attention, certains fournisseurs n'incluent pas l'air comprimé comme fluide acceptable.

Les vannes estampillées « 1000 WOG » (Water, Oil and Gas – pression service 63 bar) sont recommandées car adaptées à nos usages.

Le SME monte ce type de vannes sur les foreuses destinées au forage à l'air.

La pression de service des vannes est conforme à l'usage qui en est fait.

Un type de vanne adapté à l'usage de l'air comprimé est proposé ci-dessous :

**Vannes à boisseau
sphérique W.O.G (Water,
Oil and Gas)**



Vannes d'air de type ¼ de tour sphérique estampillée « 1000 WOG » (soit 63 bar, Water, Oil and Gas) adaptée à nos types de travaux.

Gros filetage côté arrivée d'air.

Le SME se fournit chez Tecalemit. Il existe d'autres fournisseurs.

Voir en annexe n°3

En aucun cas une vanne ne doit être sollicitée mécaniquement (traction, torsion...).

La vanne pourra être fixée sur un élément rigide capable de reprendre les sollicitations. Si un assemblage est prévu sur une foreuse ou un compresseur éviter de mettre la vanne à l'extrémité.

De la même manière la vanne doit être vissée avec une clef à griffe et non avec une clef plate et un marteau.



3. Les raccords

Les raccords doivent avoir une pression de service adaptée à l'usage qui en est fait. Ils sont en acier ou en inox.

Il est strictement interdit d'utiliser des raccords à came.

Les raccords de type « ROBUR » (Lecq industrie), même si adaptés de base à nos usages, sont interdits car la pression d'utilisation pour la tuyauterie souple est limitée à 10 bars.

Les raccords de type « UNION » (3 pièces) répondent aux exigences de pression et sont donc recommandés. D'autres raccords sont également disponibles. En cas de doute, veuillez-vous rapprocher du service méthodes ou du service QSE.

Attention :

Les raccords « union » ne sont pas tous compatibles les uns avec les autres.

Il est donc recommandé de ne pas mélanger les pièces et de commander chez un fournisseur unique.

Raccord union (*utilisation de raccord à came interdite*)



Voir en annexe n°4



4. Les assemblages sur foreuses

Des assemblages répondant à nos exigences de sécurité équipent toutes les foreuses configurées pour l'air comprimé et sortant du dépôt de Montereau.

Le chantier doit vérifier la conformité du montage à réception du matériel.

Un exemple de check-list est disponible en annexe.

Ajouter en annexe une page sur le contrôle. => vannes ne travaillant pas mécaniquement, disposition des estropes si nécessaire, montage des vannes (sens), conformité des flexibles montés sur la foreuse, conformité des vannes (pression de services, adaptée à l'air, matière), fixation de l'ensemble sur la foreuse, possibilité de connecter le flexible d'air sur la foreuse sans risquer de tout arracher => point d'accroche ...

Un système de vanne hydraulique + graisseur de ligne peut être mis en place sur les foreuses lorsqu'on réalise du forage à l'air. Se renseigner auprès du service matériel.

Système de graisseur de ligne
(recommandation)



Il permet d'éviter l'oxydation prématurée de la ligne de forage à l'air rendant ainsi plus simple le desserrage des vannes et des raccords.

Il permet de lubrifier les pièces en mouvement (marteau fond de trou par exemple).



5. Dispositifs de sécurité

Ces dispositifs permettent de sécuriser les raccords entre flexibles (conduite souple) ou entre flexible et conduite rigide (ex : assemblage sur foreuse).

On distingue, entre autres les dispositifs suivants :

- Câblette intérieure disposée dans le flexible
- Les estropes
- Les chaussettes de sécurité (type tresse métallique tire-câble avec câblette(s))
- Les systèmes de retenue

Les câblettes intérieures sont proscrites car elles ont tendance à user les flexibles de l'intérieur.

La mise en place de ces dispositifs de sécurité est obligatoire au niveau de chaque raccord. Les estropes sont obligatoires sur toute la ligne de forage au niveau de chaque raccord.

Utiliser des estropes de sécurité adaptées au diamètre nominal du flexible pour éviter les fouettements en cas de déconnexion de tuyaux sous pression.

Le positionnement des dispositifs de sécurité doit être conforme et couvrir la totalité du raccord.

Les estropes constituent le dispositif minimum à mettre en œuvre entre flexibles. Mal installées elles ne seront pas efficaces en cas de dessertissage du flexible, le flexible glissera dans l'estrope. Il est par conséquent très important de bien les tendre voire de les scotcher aux deux extrémités pour les maintenir en bonne position.

La chaussette de sécurité est obligatoire entre flexibles et structures rigides (compresseur ou foreuse) car elle permet de reprendre les efforts de traction lors du déplacement de la foreuse par exemple.

Dans ce cas les chaussettes sont disposées sur le flexible et reliées par câblettes ou élingue à un point fixe résistant sur la foreuse. La chaussette doit être disposée de manière à laisser du « mou » dans le flexible afin que celui-ci ne reprenne pas de charge.

Chaussette de sécurité

(en remplacement des estropes)



L'avantage est de ne pas tirer sur le sertissage. La tension se fait sur la longueur du flexible. Ainsi même si le sertissage cède le flexible restera maintenu.

Voir en annexe n° 5



L'estrope

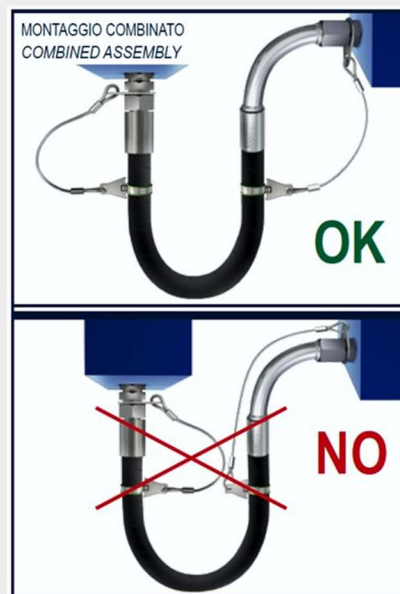


Le **câble anti-coup de fouet** (estrope) est très efficace pour retenir des flexibles hydrauliques ou des tuyaux d'air comprimé en cas de désaccouplement ou de rupture accidentelle. Le système est simple : les boucles du câble étant passées à l'extrémité de chaque flexible, il retient les deux parties en cas de désaccouplement ou de rupture accidentelle. Les ressorts maintiennent les boucles du câble sur le flexible. Pour cela **il est important de bien tendre l'estrope lors de sa mise en place.**

Différents modèles existent selon les fabricants avec des variations de longueur, de diamètre, de capacité de rupture, etc.

Voir en annexe n° 6

Système de retenue : retaining system



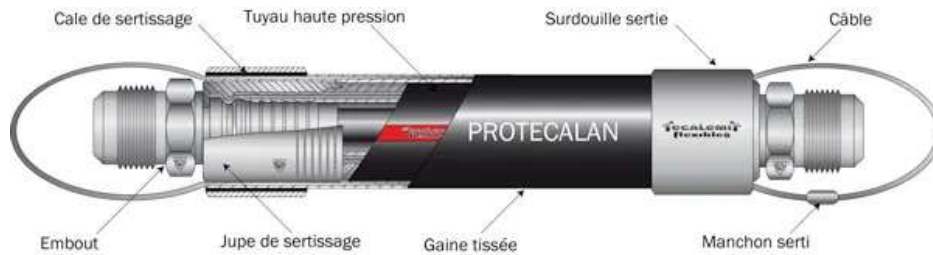
La tension se fait sur la longueur du flexible. Ainsi même si le sertissage cède le flexible restera maintenu.

La fixation sur le flexible est faite via à collier tandis que la fixation au niveau du point fixe peut se faire soit via une vis soit via un anneau inséré dans le raccord. Le diamètre de cet anneau doit être adapté au diamètre des filetages.

Voir en annexe n° 7

Il n'existe pas de système de retenu de flexible à flexible. Néanmoins, nous étudions la possibilité de dimensionner un tel système (1 collier sur chaque flexible + câblette entre les deux).

À noter que Tecalement propose un dispositif de sécurité nommé **PROTECALAN** (chaussette textile montée sur toute la longueur du flexible et câblettes serties aux deux extrémités du flexible). Ce dispositif est recommandé dans les endroits très exigus car il permet également de protéger contre un éclatement en milieu de flexible.



Il est fortement recommandé d'intégrer l'emplacement des flexibles dans le PIC.

Cela permet :

- d'éviter le passage des engins sur les flexibles et causer ainsi leur détérioration prématurée
- d'anticiper la mise en place de passe tuyau ou d'autres protections.

6. Autres dispositifs de sécurité

Divers organes de sécurité pouvant être installés sur les circuits d'air comprimé existent sur le marché.

Il est fortement recommandé d'installer une électrovanne en sortie de compresseur. Celle-ci permet l'arrêt du compresseur à distance par le foreur.

Cette vanne est d'autant plus recommandée, dans certaines configurations sensibles de chantiers (compresseur à grande distance de la foreuse, accès au compresseur difficile...)

Électrovanne

En sortie de compresseur permet l'arrêt du compresseur à distance



Voir en annexe n° 8

On note également les vannes de fermeture automatique (type OSHA ou autre) permettant de fermer le circuit d'air en cas d'augmentation anormale du débit d'air consécutif par exemple à une rupture de flexible. Un exemple de vanne automatique est reporté ci-dessous.



Soupapes de sécurité



Soupapes de sécurité air comprimé type OSHA apportent un plus en matière de sécurité de la ligne de montage à l'air.

<https://www.youtube.com/watch?v=mGHLFL1yOL0>

Voir en annexe n° 9

Nota : Il existe plusieurs types de vannes de sécurité en fonction du débit de fonctionnement et du diamètre des flexibles. Le fournisseur peut conseiller sur le bon choix de vanne

7. Formation du personnel

- Communiquer les instructions spécifiques au chantier lors des amphis/causeries/prestart /pretask
- Formation renforcée au poste de travail
- Le risque fluide sous pression est abordé dans nos programmes de formations métiers interne,
- Le personnel doit être formé à l'utilisation des EPI et équipements de protection collective spécifiques selon le risque (fluide air ou hydraulique sous pression).

À retenir



Les Obligations et recommandations reprises ci-dessous.

Obligations

- Des flexibles spécifiques dédiés à l'air comprimé et dont la pression de service est supérieure à la pression de travail, doivent être utilisés. Les autres types de flexibles (injection, hydraulique, eau...) sont à proscrire. Le fournisseur doit numérotter les flexibles afin d'assurer leur traçabilité. Le fournisseur doit fournir un certificat d'épreuve en pression des flexibles à 1.5 fois la pression de service pour chaque flexible livré et en lien avec le numéro attribué.
 - Les vannes utilisées doivent être adaptées à l'usage de l'air comprimé.
 - Elles sont en acier ou en inox.
-
- La pression de service des vannes est conforme à l'usage qui en est fait. En aucun cas une vanne ne doit être sollicitée mécaniquement (traction, torsion...).
 - Les raccords doivent avoir une pression de service adaptée à l'usage qui en est fait. Ils sont en acier ou en inox.
Il est strictement interdit d'utiliser des raccords à came ni des raccords de type « ROBUR » (Lecq industrie - pression d'utilisation pour la tuyauterie souple limitée à 10 bar).
 - Le chantier doit vérifier la conformité du montage sur les foreuses à réception du matériel.
 - La mise en place de ces dispositifs de sécurité est obligatoire au niveau de chaque raccord. Les estropes sont obligatoires sur toute la ligne de forage au niveau de chaque raccord.
 - Utiliser des estropes de sécurité adaptées au diamètre nominal du flexible pour éviter les foudroissements en cas de déconnexion de tuyaux sous pression.
 - Les câbles intérieurs sont proscrites car elles ont tendance à user les flexibles de l'intérieur.



- La chaussette de sécurité ou le système de retenue sont obligatoires entre flexibles et structures rigides (compresseur ou foreuse) car elles permettent de reprendre les efforts de traction lors du déplacement de la foreuse par exemple. Dans ce cas les chaussettes sont disposées sur le flexibles et reliées par câbles à un collier disposé sur la structure rigide.
- Les estropes sont obligatoires sur toute la ligne de forage au niveau de chaque raccord.

Recommandation Hygiène et sécurité





Au moment de l'analyse des risques du chantier répertorier toutes les parties de l'activité qui font appel aux fluides sous pression :

- Compresseurs
- Centrales
- Foreuses
- Pompes
- Bouteilles de gaz (souvent au poste de soudure / découpe)

Il faut tenir compte de :

- la conception ou de l'environnement de l'ouvrage
- des matières, substances ou fluides que les flexibles peuvent contenir ou la technique d'utilisation
- des équipements utilisés
- de la nature des travaux exécutés.

Avant de démarrer : contrôler visuellement les installations

Les tuyauteries rigides sous pression, compresseurs d'air et pompes sont protégés par des barrières afin de rendre les zones d'évolution interdites au passage des opérateurs non autorisés.



La défaillance des d'équipements peut générer des accidents graves.

Il est strictement interdit de transformer, modifier ces équipements.

Seul le personnel formé est autorisé à intervenir sur les installations sous pression.

- **Intégrer dans le PIC du chantier les zones de passage des flexibles, ceci afin d'éviter le passage des engins dessus (mettre à disposition des aimants complémentaires à cet effet).**

Pour prévenir ces risques, faites une vérification visuelle quotidienne au moment de votre prise de poste. Assurez-vous de leur état au moment des vérifications périodiques des engins.

Le matériel sous pression tel que les tuyauteries flexibles comme rigides sont des équipements soumis au risque d'éclatement. Des vérifications générales périodiques et contrôles réguliers de l'état du matériel sous pression permettent de prévenir ces risques.

Mise en place d'un contrôle journalier visuel de la ligne de flexible :

- **Absence d'hernie**
- **L'armature ne doit pas être apparente**
- **Le flexible ne doit pas être déformé**
- **L'utilisation des bons outils/matériels pour le serrage / desserrage progressif des raccords/bouchons/couvercles par du personnel qualifié**



Bonnes pratiques de chantier



Il est recommandé de mettre en place des chaussettes :

- Jaune pour les flexibles d'air,
- Noire pour les flexibles d'injection
- Bleue pour les flexibles d'eau.

Entreposer les compresseurs d'air loin des riverains, fermeture des capots de compresseurs, couper le compresseur dès la fin de l'utilisation.

Bonnes pratiques environnementales

Poussières :

Les travaux de forage à l'air provoquent souvent une grande quantité de poussières. Il est fortement recommandé de mettre en place des dispositifs de réduction de l'empoussièrement autour de la foreuse.

Pour limiter les nuisances dues aux émissions de poussières, il est recommandé :

- Arrosage par temps sec
- Ajout de pompe à mousse

Protéger le milieu naturel et la biodiversité (la poussière sur les végétaux peut nuire au bon déroulement de la photosynthèse).



- Installation de « jupes » pour limiter l'envol de poussières (sur un chantier SBFS un pneu a été installé autour de la tarière pour éviter l'expulsion de terre et de poussière lors du forage).

Émissions sonores :

Limiter les nuisances sonores en fonction du voisinage du chantier.

Exemple : installation de bâches acoustiques sur les barrières de protection autour des compresseurs.

Gestion des déchets :

S'assurer de la bonne destination de nos déchets (Plan de gestion des déchets)