



*Fédération Française d'Etudes et de Sports
Sous-Marins*

Comité Régional Est

Stations de gonflage

Présidents de clubs, opérateurs : que faut-il savoir ?

Mémoire d'Instructeur Régional
Thomas ANTH
MF2 N° 1616

REMERCIEMENTS

à Laurent MARCOUX et Fred LEROY

pour avoir accepté d'être mes parrains, et m'avoir guidé dans la conception et la réalisation de ce mémoire

à l'ensemble des Instructeurs du Comité Régional Est

pour leur amical soutien et leurs précieux conseils durant ma période de formation

à toutes les personnes qui m'ont apporté des conseils et en particulier

Bernard SCHITTLY, Yves GAERTNER, Marc WINTERHALTER
Bruno MESSERLIN

à Sylvie

pour sa patience, et son soutien.

à Alizée, Sylvie et Alexis"

pour leurs relectures.

TABLE DES MATIERES

Introduction

1. Ma démarche
 - 1.1. Réflexion sur un besoin en contenus de formation
 - 1.2. Justification réglementaire
 - 1.3. Sécurité d'une station de gonflage / d'un compresseur
 - 1.3.1. Par rapport au matériel
 - 1.3.2. Par rapport aux personnes
 - 1.3.2.1. Les gonfleurs
 - 1.3.2.2. Les plongeurs
 - 1.4. Qualité de l'air
 - 1.4.1. Observation de différentes stations
 - 1.4.2. Résultats
2. Le cadre réglementaire des équipements sous pression
 - 2.1. Les organismes de contrôle
 - 2.2. Les fréquences de contrôle
 - 2.2.1. Les blocs
 - 2.2.2. Les filtres et décanteurs
 - 2.2.3. Les soupapes
 - 2.2.4. Les accessoires
 - 2.3. Le partage des responsabilités
 - 2.3.1. L'exploitant
 - 2.3.2. L'opérateur
3. Différents types de station
 - 3.1.1. Installation simple
 - 3.1.2. Installation complexe
 - 3.1.3. Station nitrox
4. Les principaux organes (risques / sécurité / solutions)
 - 4.1. Où se situent les risques ?
 - 4.2. Les solutions de sécurité
 - 4.2.1. Les limiteurs de pressions
 - 4.2.2. Les limiteurs de débit
 - 4.2.3. Les flexibles sécurisés
 - 4.2.4. Les câbles anti-fouet
 - 4.2.5. Les soupapes de sécurité
 - 4.2.6. Les EPI
 - 4.2.7. Protéger l'opérateur
 - 4.2.8. Les bons comportements
 - 4.2.9. Précautions pour l'utilisation de l'oxygène
 - 4.3. La filtration
 - 4.3.1. La qualité de l'air. Les normes.
 - 4.3.2. La prise d'air
 - 4.3.3. Les décanteurs
 - 4.3.4. Les filtres
 - 4.3.5. Filtration au nitrox
 - 4.4. Le refroidissement
 - 4.5. Les rampes tampon
5. Le choix d'une station
 - 5.1. Cas concret : le cas du CPI
 - 5.2. Les besoins réels / utilisation
 - 5.3. Le budget / sécurité
 - 5.4. Cas d'une station nitrox
6. Contenu de formation
 - 6.1. L'opérateur de chargement des bouteilles (OCB)
 - 6.2. L'opérateur de chargement des bouteilles nitrox (OCBN)
7. Complexité du Trimix

Conclusion

Bibliographie

Annexes

Introduction

Ma profession ne me destinait pas spécialement à porter un intérêt particulier au matériel et à l'étude des compresseurs. Pourtant mon métier de gérant de restaurant de cuisine collective comporte quelques similitudes avec ce domaine.

Elaborer des plats goûteux et garantir la qualité sanitaire des repas tout en préservant la sécurité au travail n'est finalement pas très éloigné d'une démarche de production d'air respirable.

La qualité de l'air et la sécurité de l'opérateur nécessitent une analyse précise et une organisation particulière.

Le fait de ne pas avoir une formation issue de l'industrie, m'a obligé à simplifier les choses. Le but de ma démarche est de les rendre accessibles au plus grand nombre.

La manipulation d'un compresseur ou d'une station de gonflage impose un certain nombre de connaissances qu'il me semble intéressant de préciser.

Mais en cas de problème et/ou d'accident, il n'existe pas de contenus permettant de justifier d'une formation pour l'opérateur d'un matériel de gonflage.

Dans le cadre d'une procédure juridique, il est probable que l'exploitant devra prouver qu'il a bien apporté les compétences nécessaires à utiliser le matériel en toute sécurité.

L'exploitant devra certainement également démontrer sa bonne foi dans ses démarches à sécuriser sa station.

Ma première idée a été de proposer des **contenus de formation** pour manipuler un compresseur ou une station de gonflage.

Le Codep 67 ayant investi dans un kit d'analyse d'air, j'ai proposé à tous les clubs du département de me déplacer pour effectuer une analyse de la qualité de l'air de leur compresseur.

Ces interventions m'ont permis d'observer un grand nombre de configurations différentes et m'ont donné l'occasion de lister les besoins.

L'étude de plusieurs installations m'a permis de découvrir des systèmes plus ou moins simples et sécurisés.

Je propose des **solutions de sécurisation** des stations.

J'ai ensuite pensé reprendre **les points du cadre réglementaire** qui concernent la responsabilité d'un président de club.

Un club du département a changé son compresseur pendant la période de rédaction de ce mémoire, je propose donc d'échanger les réflexions sur cet investissement, et les **pistes pour choisir sa station.**

1. Ma démarche

1.1. Réflexion sur un besoin en contenus de formation

Je suis moi-même président de club et j'ai bien entendu dû déléguer le gonflage à certaines personnes du club. Pour habilitier une personne au gonflage, il a fallu la former. J'avoue que la formation que je dispensais il y a quelques années n'a plus rien à voir avec celle que je fais aujourd'hui, ou même à celle que ferait une autre personne du club.

Ma profession impose également des formations à plusieurs niveaux. Lorsqu'un nouveau salarié intègre l'équipe (même pour quelques jours), il est formé aux premiers gestes de sécurité alimentaire, à la sécurité au travail et aux bonnes pratiques environnementales. Une attestation de formation est établie et signée par les 2 parties. Le contenu de cette formation existe avec une présentation powerpoint. Une personnalisation est proposée avec une visite du site et un repérage des points critiques et remarquables.

Si le salarié est confirmé dans son poste, il est inscrit dans une formation plus complète et recyclé chaque année.

Je fais également partie de l'école des métiers de ma société et je suis régulièrement sollicité pour faire des formations, voire créer des contenus.

L'évolution de mes formations aux gonflages a certainement été influencée par mon expérience professionnelle.

Il est devenu naturel pour moi de réfléchir et proposer des contenus de formation au gonflage.

D'ailleurs d'autres organismes de formation en plongée proposent des supports de formation. PADI, IANTD, TDI organisent des formations Gas Blender.

1.2. Justification réglementaire

L'arrêté du 15 mars 2000 consolidé le 18 octobre 2015 précise : (ref. 8)
(loi du 15/03 consolidée par l'arrêté du 15/03/2000)

MODIFIE PAR L'ARRETE DU 20 NOVEMBRE 2017 (ref.8 bis)

Le personnel chargé de la conduite d'équipements sous pression doit être informé et compétent pour surveiller et prendre toute initiative nécessaire à leur exploitation sans danger.

Pour les équipements sous pression répondant aux critères de l'article 7 du présent arrêté, ce personnel doit être formellement reconnu apte à cette conduite par leur exploitant et périodiquement confirmé dans cette fonction.

Les contenus de formation du manuel de formation technique reprennent ces consignes.

1.3. Sécurité d'une station de gonflage / d'un compresseur

1.3.1. Par rapport au matériel

La production d'air est primordiale pour une structure de plongée.

Un compresseur est un investissement très conséquent pour un club de plongée. La responsabilité du président pour garantir l'entretien et le soin de ce matériel est très importante. Les adhérents du club comptent sur lui pour prendre les mesures nécessaires afin de préserver ce précieux matériel.

Il est nécessaire qu'un président de club, qui n'est pas forcément renseigné sur ce sujet, connaisse les points de vigilance de l'entretien d'un compresseur.

1.3.2.Par rapport aux personnes

L'arrêté du 15 mars 2000 consolidé le 18 octobre 2015 précise : (Ref. 8)

MODIFIE PAR L'ARRETE DU 20 NOVEMBRE 2017 (ref.8 bis)

Art 2 § 20. Exploitant : au sens du présent arrêté on entend par exploitant le propriétaire de l'équipement, son mandataire ou représentant dûment désigné.

Le président de club ou le gérant de la SCA sont donc les responsables de la station de gonflage.

1.3.2.1.Les gonfleurs

L'exploitant doit garantir la sécurité des opérateurs habilités. Outre la réglementation, toutes les mesures de sécurité auront leur importance pour prévenir l'accident. L'exploitant doit connaître toutes les solutions qui permettent de sécuriser sa station.

1.3.2.2.Les plongeurs

L'obligation de faire des contrôles de la qualité de l'air concerne les professionnels, néanmoins, il est plus que probable qu'en cas d'accident un juge sera sensible au fait qu'un club associatif ait procédé à des analyses. Le système d'analyse et l'intervenant n'est pas défini.

La qualité de l'air est un point critique en plongée. La première démarche des autorités dans un accident de plongée est de saisir la bouteille pour en analyser le contenu. Il est évident que si la qualité de l'air se révèle non conforme aux normes, l'exploitant sera incriminé.

Le président de club doit connaître les points qui garantissent la qualité de l'air respiré par les plongeurs.

1.4.Qualité de l'air

1.4.1.Observation de différentes stations

L'accident du 7 juin 2015 à la Gravière du Fort, dont le givrage est à l'origine, a rappelé à tous que la vapeur d'eau en quantité dans l'air était l'une des composantes essentielles du givrage en eau froide. Le Codep 67 qui avait déjà investi dans un kit d'analyse d'air, a racheté l'ensemble des réactifs. J'ai proposé mes services en me déplaçant dans les clubs pour analyser l'air. Outre le fait que j'ai pu éventuellement alerter les clubs sur une qualité d'air non conforme, j'ai pu observer toutes sortes d'installations.

1.4.2.Résultats

J'ai pu effectuer 14 analyses. Ces 14 analyses ont toutes montré des résultats conformes.

Le CO et le CO₂ étaient à chaque fois inexistantes. Certains ont révélé un peu d'huile et un seul, une quantité de vapeur d'eau limite (ce dernier club a d'ailleurs fait installer un sur-filtre immédiatement).



www.shop.vdc-faust.ch

Les tests ont été réalisés avec une valise Dräger Aerotest Simultan HP.

Les analyses ont été réalisées à partir d'air issu d'une bouteille récemment gonflée et préalablement rincée. Les cartouches des filtres étaient récentes. Le débit continu du détendeur était maintenu pendant 5 minutes.

Les valeurs admissibles retenues étaient :

CO₂ : 500 ppm

CO : 5 ppm

H₂O : 300 mg/m³

Huile : 0,5 mg/m³

Ppm = Partie par million

Les analyses sont obligatoires annuellement pour les professionnels mais la technique d'analyse et les compétences du technicien ne sont pas définies.

La Norme EN 12021 : 2014

Teneur en oxygène	21% + ou - 1 en volume
Résidu d'huile	<0,5 mg/m ³
CO	<5ppm
CO ₂	<500ppm
Eau	Point de rosée ≥ - 11°C
Norme EN 12021 : 2014	

Le **point de rosée** ou **température de rosée** est la température la plus basse à laquelle une masse d'air peut être soumise, à pression et humidité en surface, sans qu'il se produise une formation d'eau liquide par saturation.

En plongée, le point de rosée sera bien inférieur pour éviter le givrage. Il est conseillé de respecter un assèchement plus important de l'air.

Certains compresseurs avec certaines filtrations atteignent des points de rosée à -70°C.

La moyenne des points de rosée que garantissent les compresseurs actuels est de -20°C ce qui correspond à 3mg/m³ à 300 bars.

Des normes relatives au Code du Travail existent également, voir Annexe 6.

2. Le cadre règlementaire

Les différentes rencontres que j'ai pu faire avec plusieurs personnes ayant une bonne connaissance de la réglementation m'ont laissé quelque peu perplexe.

Comme trop souvent les textes règlementaires offrent de multiples interprétations.

J'ai donc choisi de ne pas me substituer à un procureur ou à un avocat, mais plutôt d'apporter des éléments de bon sens pour la sécurisation du gonflage.

De plus la réglementation évolue en permanence.

Faisons d'abord le point sur les principaux textes régissant le gonflage et les stations de gonflage

Arrêté du 15 mars 2000 (Ref. 8) MODIFIE PAR L'ARRETE DU 20 NOVEMBRE 2017 (ref. 8 bis)

Version consolidée du 18 octobre 2015

Applicable en plongée pour les récipients destinés à contenir un gaz du groupe 2 autre que la vapeur d'eau ou l'eau surchauffée, dont le produit PS. V est supérieur à 200 bars.

Votre équipement sous pression est-il soumis à requalification ?					
au type d'équipement, vous pouvez le déterminer en insérant de sa pression maximale admissible en bars et son volume en litres dans la case blanche en face du type d'équipement La réponse OUI ou NON apparaîtra dans la case bleue Un lien sur la réponse vous permet de visualiser la position de l'équipement par rapport au seuil de soumission à la requalification					
PS : pression maximale admissible V : volume interne DN : dimension nominale ACAPR : appareil à couvercle amovible à fermeture rapide				Avertissement ce document est sans portée réglementaire et ne peut se substituer à l'arrêté ministériel du 15 mars 2000 modifié relatif à l'exploitation des équipements sous pression	
TYPE REC'PT	Caractéristiques	PS max bar	Volume litres	OUI	NOU
Non déchargé gaz groupe 1 Non déchargé gaz groupe 2 récipient ACAPR gaz groupe 2 récipient vapeur récipient eau surchauffée	PSND ≤ bar et PSV ≤ 50 bar sauf si (V × PS) ≤ 200 bar PSND ≤ bar et PSV ≤ 100 bar sauf si (V × PS) ≤ 100 bar PSND ≤ bar et PSV ≤ 200 bar sauf si (V × PS) ≤ 100 bar PSND ≤ bar et PSV ≤ 200 bar et eau surchauffée ou vapeur PSND ≤ bar et V ≤ 200	300	10		
récipient gaz groupe 2 récipient gaz groupe 2 récipient gaz groupe 2 récipient gaz groupe 2	PSND ≤ bar et PSV ≤ 100 bar et (V × PS) ≤ 100 bar PSND ≤ bar et PSV ≤ 100 bar et (V × PS) ≤ 100 bar PSND ≤ bar et PSV ≤ 100 bar et (V × PS) ≤ 100 bar PSND ≤ bar et PSV ≤ 100 bar et (V × PS) ≤ 100 bar				
Les deux groupes de gaz : - gaz non toxiques et non inflammables - gaz toxiques et non inflammables - gaz non toxiques et inflammables - gaz toxiques et inflammables					
Les deux groupes de gaz : - gaz non toxiques et non inflammables - gaz toxiques et non inflammables - gaz non toxiques et inflammables - gaz toxiques et inflammables					
Les gaz du groupe 2 comprennent tous les autres que mentionnés ci-dessus exemple : air, ozone, gaz rare					

2.1. Les organismes de contrôle

Les textes parlent d'ESP : Equipements Sous Pression

Par organisme habilité pour les requalifications, on comprend :

Les opérations de requalification sont effectuées sous le contrôle d'un agent de la DREAL ou d'un expert ayant délégation de la DREAL.

DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement)

Cet organisme est une fusion de l'ex DRIRE avec la DIREN (Direction Régionale de l'Environnement) et de la DRE (Direction Régionale de l'Équipement)

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement est un service qui dépend du Ministère de l'industrie. Il est notamment chargé, sous l'autorité du préfet, de la surveillance des appareils à pression. (ESP)

Il existe une DREAL par région administrative. Avec la nouvelle réglementation, la DREAL n'intervient plus directement dans l'évaluation de la sécurité des équipements mais vérifie après coup que chacune des parties concernées, fabricants, exploitants, organismes notifiés, centres de requalification, SIR, OIU, etc. respecte bien les obligations qui lui incombent

SIR : Service Inspection Reconnu (reconnu par le Préfet en interne)

OIU : Organisme d'Inspection des Utilisateurs (exploitant habilité par le Ministre de l'industrie)

Par **EXPLOITANT**, on entend le propriétaire d'un équipement sous pression.

Dans les clubs, l'exploitant est le président. Dans les SCA, c'est le gérant de la structure.

LES ORGANISMES NOTIFIÉS dans leurs spécialités pour les ESP sont : l'ASAP (Association pour la Sécurité des Appareils sous Pression), APAVE (Association des Propriétaires d'Appareil à Vapeur), Veritas (certification), COFREND (COnfédération FRançaise pour les Essais Non Destructifs, pour les assemblages permanents), CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques, pour les matériaux)

LES EXPERTS

Il peut s'agir d'un agent de la **DREAL** ou d'un **organisme habilité** ou d'un **SIR** ou encore d'un centre de requalification périodique.

2.2.Les fréquences de contrôle

2.2.1.Les blocs

Les récipients sont classés en 2 catégories :

Equipements fixes :

- Inspection visuelle au bout de 3 ans à l'installation puis tous les 4 ans
- Requalification tous les 10 ans

Equipements mobiles :

- Inspection visuelle tous les 12 mois
- Blocs sous le régime des TIV (voir annexe 1)
 - o Requalification tous les 6 ans
- Blocs hors régime des TIV
 - o Requalification tous les 2 ans

Conditions du TIV : voir annexe

2.2.2.Les filtres et décanteurs

Ces derniers sont soumis à deux types de pressions :

- les charges statiques : lorsque la pression est maintenue à charge constante
C'est le cas, par exemple, de réservoirs qui restent sous pression lorsque le compresseur est éteint.
Ces réservoirs sont à considérer au même titre que les bouteilles tampon, (lorsqu'ils répondent au volume requis), soit une inspection visuelle tous les 40 mois et une requalification tous les 10 ans.
- les charges ondulantes : lorsque la pression fluctue
C'est le cas des réservoirs qui sont soumis à des différences de pression pendant le fonctionnement du compresseur.
Dans ce cas, il faut se référer aux consignes du fabricant.

On peut lire dans les notices d'utilisation des compresseurs Bauer les consignes suivantes : (Ref. 4)

Il convient de faire une distinction entre :

- les réservoirs pour les charges statiques
- les réservoirs pour les charges ondulées (dynamiques).

Réservoir pour les charges statiques :

Ces réservoirs sous pression sont pratiquement sous pression constante, les fluctuations de pression sont très faibles. Les réservoirs pour ce type de charge ne portent pas de marquage particulier et peuvent être exploités tant que les contrôles répétés régulièrement effectués sur les réservoirs ne révèlent pas de défauts ayant une

incidence sur la sécurité.

Nous recommandons généralement de remplacer au plus tard les réservoirs en aluminium au bout de 15 ans.

Réservoir pour les charges ondulantes :

Ces réservoirs peuvent fonctionner également avec des fluctuations de la pression de service. La pression peut fluctuer entre la pression de service atmosphérique et la pression de service maximum autorisée.

Les réservoirs pour ce type de charge sont désignés spécialement pour les charges ondulantes dans la documentation des réservoirs sous pression.

Dans la documentation technique de ces réservoirs, vous trouverez les indications sur la durée de fonctionnement autorisée.

En raison des fluctuations de la pression de service, ces réservoirs sont soumis à une « charge ondulante » qui représente une sollicitation particulièrement élevée pour ces réservoirs. Lorsque la moitié des cycles autorisés est atteinte, le réservoir doit être soumis à un contrôle intérieur, au cours duquel sont examinées les zones du réservoir exposées à des sollicitations critiques à l'aide de procédés de contrôle adaptés.

2.2.3. Les soupapes

Les soupapes de sécurité sont obligatoires pour toutes les installations qui stockent l'air et sans notion de volume.

La pression de tarage doit être égale à la pression de service (pour un bloc tampon à 300 bar : tarage 300 bar) avec un débit de décharge égal au débit généré.

La fréquence du contrôle obligatoire est associée à la fréquence de requalification des blocs tampons (soit 10 ans). Ce contrôle impose également un contrôle des organes de sécurité.

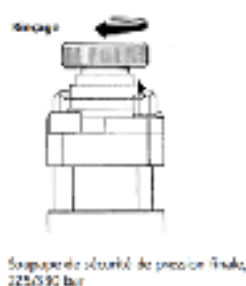
Pour répondre à ces obligations, le contrôleur demandera un certificat de tarage de moins de 6 mois ou le remplacement par une soupape neuve avec la présentation des données du constructeur.

Un contrôle de manœuvrabilité est également demandé entre 2 inspections, dont le résultat sera consigné dans le *registre de suivi et de maintenance*.

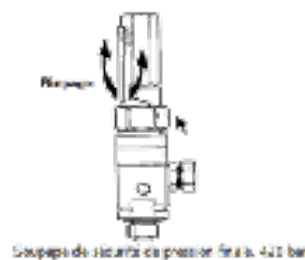
Dans la notice d'utilisation d'un compresseur Bauer, on peut lire : (Ref. 4)

Le fonctionnement de la soupape de sécurité du dernier étage, c'est-à-dire la soupape de sécurité de pression finale doit être régulièrement contrôlé.

A cet effet, il est possible de rincer les soupapes de sécurité. Toutefois, le rinçage permet seulement de savoir si la soupape est opérationnelle.



Notice Bauer



La manœuvre de rinçage permet de contrôler le fonctionnement de la soupape en provoquant son ouverture avec un volant (schéma de gauche) ou avec un levier (schéma de droite). Les soupapes sont plombées et ne permettent pas de réglage. Une soupape qui ne fonctionne plus correctement ne peut être réparée par son utilisateur, le tarage ne peut être effectué que par un organisme agréé ou par le remplacement de cette dernière. (En référence à la réglementation des tampons : tous les dix ans).

Il est également vivement conseillé de se référer aux consignes du fournisseur de la soupape ou de la notice du compresseur.

2.2.4. Les accessoires

Les tuyauteries

L'arrêté du 15 mars 2000 mentionne : (Ref. 8) (ref.8 bis) Art 15 § 3

Les tuyauteries font l'objet d'inspections dont la nature et la périodicité sont précisées dans un programme défini par l'exploitant dans l'année qui suit la mise en service.

Sont soumises à requalifications périodiques : (Ref. 8) (ref.8 bis) Art 7 § 2

- Les tuyauteries dont la pression maximale admissible PS est supérieure à 4 bars appartenant à une des catégories suivantes :

a) Tuyauteries de gaz du groupe 1 dont la dimension nominale est supérieure à DN 350 ou dont le produit PS.DN est supérieur à 3 500 bars, à l'exception de celles dont la dimension nominale est au plus égale à DN 100

b) Tuyauteries de gaz de groupe 2 dont la dimension nominale est supérieure à DN 250, à l'exception de celles dont le produit PS.DN est au plus égal à 5 000 bars.

L'air est un gaz de groupe 2, l'oxygène pur est un gaz de groupe 1. (Ref.6)

Correspondances des dimensions des tuyauteries :			
Pouces :	Ø Intérieur / Ø extérieur (en mm)	Ø Nominal	Ø Extérieur
1/8"	510	DN 8	Ø 55,2
1/4"	571,5	DN 10	Ø 58,5
3/8"	1217	DN 20	Ø 117,2
1/2"	1521	DN 25	Ø 131,8
5/8"	2027	DN 32	Ø 166,8
1"	2654	DN 40	Ø 183,7
1 1/8"	3312	DN 50	Ø 217,4
1 1/2"	4029	DN 60	Ø 248,3
2"	5050	DN 80	Ø 305,8
2 1/2"	5876	DN 100	Ø 370
3"	6850	DN 125	Ø 455,8
3 1/2"	8110	DN 150	Ø 511,6
4"	10212	DN 175	Ø 583,7 ou 180
5"	125130	DN 200	Ø 639,7 ou 190
6"	150166	DN 250	Ø 761,8 ou 190
7"	-	DN 275	Ø 793,7
8"	250519	DN 300	Ø 819,1
9"	-	DN 325	Ø 844,5
10"	0	DN 350	Ø 870
12"	-	DN 400	Ø 951,9
14"	0	DN 450	Ø 1033,6

Source : www.pgprocess.fr

Le tableau ci-dessus donne une correspondance avec la norme (en surligné jaune) et les dimensions classiques.

Les tuyauteries que nous utilisons sont de diamètres moins importants :

Inférieures à DN350 ET DN100 pour l'oxygène et inférieures à DN250 pour l'air.

Ceci n'empêche que les flexibles sont marqués d'une date limite d'utilisation qu'il convient bien entendu de respecter.

Une inspection visuelle avant chaque gonflage est requise et chaque défaut sur une tuyauterie (hernie, craquelure...) impose un changement du flexible.

Les accessoires sous pression (vannes, manomètres,..)



Inspire de : www.ineris.fr

Les fabricants donnent très souvent des conditions d'utilisation de leur matériel, il est nécessaire de les connaître et de les respecter.

On peut considérer que l'ensemble des accessoires sous pression nécessite une vérification extérieure consignée dans le *registre de suivi et de maintenance*.

MATÉRIEL		FREQUENCE		EXPERT
BLOCS	MOBILES	SANS TIV	Inspection visuelle 1 an	Non défini
			Requalification 2 ans	Agréé DREAL
		AVEC TIV	Inspection visuelle 1 an	TIV
			Requalification 6 ans	Agréé DREAL
	FIXES	Inspection visuelle : au bout de 3 ans à l'installation puis tous les 4 ans		Non défini
		Requalification 10 ans		Agréé DREAL
FILTRES DECANTEURS ET TOUS CONTENANTS QUI STOCKENT DE L'AIR ET SOUJETS PAR LEUR VOLUME		Inspection visuelle 40 mois		Non défini
		Requalification 120 mois		Agréé DREAL

FILTRES DECANTEURS ET TOUS CONTENANTS QUI NE STOCKENT PAS D'AIR	Remplacer les réservoirs en aluminium tous les 15 ans Se référer aux consignes du fabricant : Exemple de Bauer pour les réservoirs à charges ondulées (ref 4)		
LES SOUPAPES (Ref.5) Voir page 10	Sur installation non soumise à déclaration	La soupape de sécurité du dernier étage doit être « régulièrement » contrôlée. Fréquence définie par l'exploitant et consignée dans le registre	Personne nommée par l'exploitant
	Sur installation soumise à déclaration	Tous les 10 ans et un test de manœuvrabilité consigné dans le registre	Certificat agréé DREAL
LES ACCESSOIRES TUYAUTERIES (Ref.6) Diamètres soumis à réglementation, voir tableau	Diamètre inférieur	Consignes fabricants et contrôle visuel avant chaque gonflage	Opérateur
	Diamètre supérieur	Contrôle visuel avant chaque gonflage	Opérateur
		Requalification tous les 10 ans	Agréé DREAL

2.3.Le partage des responsabilités

2.3.1.L'exploitant

(le gérant de la SCA ou le président de club)

Les responsabilités qui incombent à l'exploitant sont nombreuses tant au niveau de son obligation réglementaire que de son obligation de moyen.
Voir annexe 2.

Le manuel de formation technique précise (Ref. 2)

OBLIGATIONS LEGALES

Article 5 § 1 de l'arrêté du 20 novembre 2017 (ref.8 bis)
L'exploitant doit disposer du personnel nécessaire à l'exploitation, à la surveillance et à la maintenance des équipements sous pression. Il doit fournir à ce personnel tous les

documents utiles à l'accomplissement de ces tâches.

Concrètement :

- les consignes d'entretien
- le manuel du compresseur
- le cahier de suivi des gonflages

Article 5

Le personnel chargé de l'exploitation et celui chargé de la maintenance d'équipements sont informés et compétents pour surveiller et prendre toute initiative nécessaire à leur exploitation sans danger.

Pour les équipements répondant aux critères de l'article 7, le personnel chargé de l'exploitation est formellement reconnu apte à cette conduite par l'exploitant et périodiquement confirmé dans cette fonction.

Concrètement :

- les consignes de gonflage
- les consignes d'utilisation
- les conduites à tenir en cas de dysfonctionnement
- la liste des personnes habilitées à gonfler

Article 7

Sont soumis à la déclaration et au contrôle de mise en service :

1. Les récipients sous pression de gaz dont la pression maximale admissible PS est supérieure à 4 bar et dont le produit pression maximale admissible par le volume est supérieur à 10 000 bar.l ;

Concrètement : Mise en place de :

- le cahier d'entretien
- le registre de suivi de maintenance
-

Les obligations en termes de mise en service et d'entretien

La mise en service d'un E.S.P

- L'exploitant doit impérativement être en possession de la documentation relative à l' E.S.P et à ses accessoires de sécurité (notice d'instructions, déclaration de conformité, dossier technique).
- L'exploitant doit faire en sorte que les équipements soient installés et exploités de façon à respecter en permanence les dispositions applicables au décret du 13 décembre 1999, (lien N° 10 en bibliographie). Cet article énumère une liste de bonnes pratiques.
- Quand on fait l'acquisition d'un E.S.P il est de la responsabilité de l'exploitant de s'assurer que le produit est estampillé du marquage CE, gage de conformité avec la directive correspondante.
- La déclaration de mise en service de l'E.S.P doit être adressée à la DREAL avant la mise en service effective de l'équipement. En cas de modification notable de l'E.S.P il sera de la responsabilité de l'exploitant de tenir un registre consignait les opérations réalisées sur l'E.S.P.

La description des stations concernées est mentionnée au point 3.

L'entretien d'un E.S.P

- L'inspection périodique : elle consiste en un contrôle extérieur de l'équipement, une vérification de la documentation, un examen des accessoires de sécurité effectué à une périodicité donnée :
 - 12 mois pour les bouteilles des appareils respiratoires de plongée
 - 40 mois pour les autres récipients sous pression.
 - Pour les tuyauteries un programme de contrôle est établi par l'exploitant qui y précise la périodicité.
- La requalification périodique : elle comprend une inspection de l'équipement, une vérification documentaire, une épreuve hydraulique et une vérification des accessoires de sécurité effectuées par un organisme habilité à une périodicité donnée :
 - 2 ans pour les bouteilles de plongées et les récipients mobiles en matériaux autres que métalliques (portée à 6 ans dans le régime des TIV)
 - 10 ans pour les autres récipients

Les moyens que l'exploitant mettra en œuvre pour sécuriser les personnes seront autant de risques écartés que je développerai dans le point 4.

2.3.2.L'opérateur, le gonfleur

La personne chargée du gonflage est responsable, pour sa part :

- d'appliquer les différentes consignes, concernant :
 - le soin du matériel
 - la vérification de la conformité des bouteilles à gonfler
 - l'utilisation des protections :
 - EPI (Equipement de Protection Individuel)
 - solutions de protection (cable anti fouet, soupapes...)
 - sa position aux endroits sécurisés au moment du gonflage
 - l'éloignement des intrus
 - le maintien du local rangé et propre
 - le signalement des défauts
 - les documents de traçabilité

Suivant les cas :

- surveiller le niveau d'huile
- surveiller le fonctionnement des purges

3. Différents types de stations

Texte :

Arrêté du 15 mars 2000 / consolidé 18 octobre 2015 (Ref. 8)

Modifié le 20/11/2017 (ref.8 bis)

L'article 7

Le paragraphe 1 de cet article précise les obligations de déclarations de mise en service :

Les équipements concernés :

Il s'agit des équipements sous pression dont la pression admissible PS (Pression de Service) est supérieure à 4 bars et dont le produit pression maximale admissible par le volume est supérieur à 10000 bars * litres.

Ce type de station est décrit dans le cas n°2 ci-dessous (installation complexe).

Cette description sert de référence à plusieurs articles qui s'y rapportent.

3.3.1.Installation simple

Cas n°1 :

Voir annexe 3

J'appellerai cas n° 1, les stations qui ne comportent qu'un compresseur sans système de stockage :

- gonflage directement sur le compresseur



www.exportpages.fr

- gonflage à partir d'une rampe directement reliée à un ou plusieurs compresseurs



www.sisl.ch

Ces installations ne sont pas soumises à déclaration.

3.3.2.Installation complexe

Cas n°2 :

J'appellerai cas n°2, tous les systèmes qui disposent d'une ou plusieurs bouteilles tampons de plus de 200 bars.

Il y a une obligation de déclaration de mise en service à la DREAL.

Une déclaration de modification est également à signaler.

Cette obligation est en vigueur depuis 2000 donc les installations antérieures ne sont pas concernées excepté en cas de changement de propriétaire ou achat d'occasion.

Une obligation de tenir à jour un *dossier de suivi* de toutes les maintenances est à respecter pour ce cas de figure.

Exemple de cas N°1 : un bloc tampon (ou une rampe) de 50 litres x 200 bars dont le produit est égal à 10000 litres * bars n'est pas soumis à déclaration.

Par contre un seul bloc mais de plus de 200 bars sera soumis au cas N°2, à déclaration.



www.esm10.fr

3.3.3.Stations nitrox

Il existe trois systèmes de fabrication du nitrox :
La technique des pressions partielles, la membrane perméable et le stick.

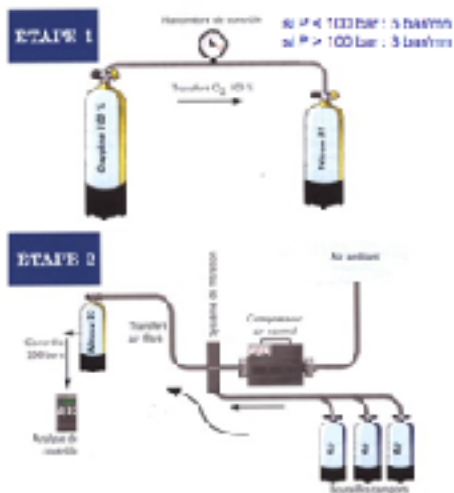
La technique des pressions partielles



www.a-scorpina.perso.neuf.fr



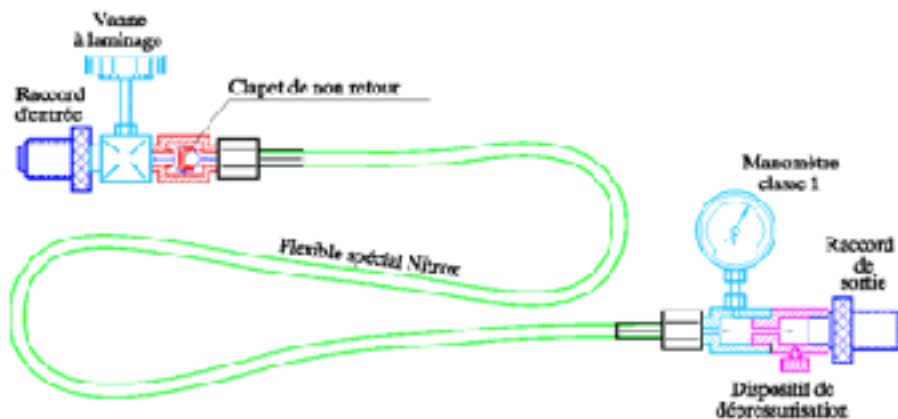
Fabrication par transvasement



François Gaillard Mars 2007 Ref 11

Ce moyen est celui qui nécessite le moins de matériel et c'est aussi la seule technique qui permet de faire du nitrox de plus de 40 % d' O₂.

Le principe est de transvaser l' O₂ à partir d'une grande bouteille d' O₂ médical ou O₂ plongée (B50) vers la bouteille nitrox à l'aide d'une lyre de transfert.



La lyre doit être de grande qualité et exempte de toute poussière et graisse. La vanne de laminage doit être la plus progressive possible pour maîtriser le débit. La vitesse de transfert doit être inférieure à 10 bars/mn. Le risque de départ de feu est plus important au départ du transvasement lorsque le gaz risque de rencontrer des particules dans un bloc vide ou peu rempli.

Le flexible doit être à la fois très résistant et relativement souple. Le manomètre sera le plus précis possible. (numérique ou à aiguille très précise)

Pour le protocole du gonflage avec du nitrox par la technique des pressions partielles à la lyre le lecteur se reportera à l'annexe 4.

Cette méthode permet de fabriquer des nitrox de toute proportion, mais tout l'O₂ disponible n'est pas utilisable avec ce système car lorsque la pression de la B50 aura trop baissé il ne sera plus possible de transférer l'O₂.

Il est possible de palier ce défaut à l'aide d'un surpresseur qui exploitera la pression restante dans la B50 jusqu'à la pression recherchée. Le surpresseur fonctionne grâce à la pression fournie par de l'air comprimé.



Exemple de surpresseur ou booster

www.a-scorpina.perso.neuf.fr

Il existe des tableaux qui donnent par simple lecture la pression à injecter dans le bloc nitrox à partir de la pression et du pourcentage du mélange restants pour obtenir le mélange recherché en ajoutant ensuite de l'air.

(Cf Annexe 4)

Attention le nitrox obtenu par la technique des pressions partielles demande un temps d'homogénéisation de 24 heures.

La membrane perméable

Le principe consiste à envoyer de l'air comprimé à travers une membrane qui a la particularité d'être perméable à l'azote. Le rejet est un air appauvri en azote qui, une fois recomprimé sera injecté vers les bouteilles nitrox.



www.coltrisubmaldives.com



Photo Henri Le Bris (Ref.3)

On distingue sur la photo :

- à gauche, un compresseur basse pression
- au milieu, en jaune, le séparateur de gaz avec sur le dessus l'échappement du surplus d'azote
- à droite le compresseur haute pression pour gonfler les blocs nitrox

Fabrication par membrane semi-perméable



François Gaillard Mars 2007 Ref 11

Ce système permet de gonfler des blocs nitrox en sécurité jusqu'à 40% d'O₂ et sans manipulation d'oxygène pur.

Il est possible de gonfler des blocs tampons de nitrox.

Le mélange est homogène.

Les productions de nitrox à plus de 40% passeront par un pré-remplissage des blocs avec le système de la lyre.

Pour éviter tout accident hypoxique chez le personnel effectuant le gonflage, le local doit être parfaitement ventilé pour éliminer le surplus d'azote, inodore, produit par la membrane.

Le stick mélangeur



www.flersplongee.free.fr

Cette solution est choisie par de nombreux clubs. Elle nécessite cependant une bonne connaissance des risques et un choix de matériel judicieux. Le compresseur doit garantir un air exempt de toute huile.

Le principe est d'introduire de l'O₂ pur en débit continu à la prise d'air d'un compresseur d'air classique. Le réglage du mélange se fait au moyen d'une molette qui commande une vanne micrométrique. La prudence la plus élémentaire recommande de ne pas chercher à comprimer ce nitrox au delà de 40% d' O₂. Certains sticks mélangeurs assurent une sécurité pour limiter le risque d'injecter vers le compresseur un mélange supérieur à 40%. Malgré ce système, l'opérateur doit assurer une surveillance constante.

Il est possible de gonfler des tampons.

Le mélange est directement utilisable car il est homogène.

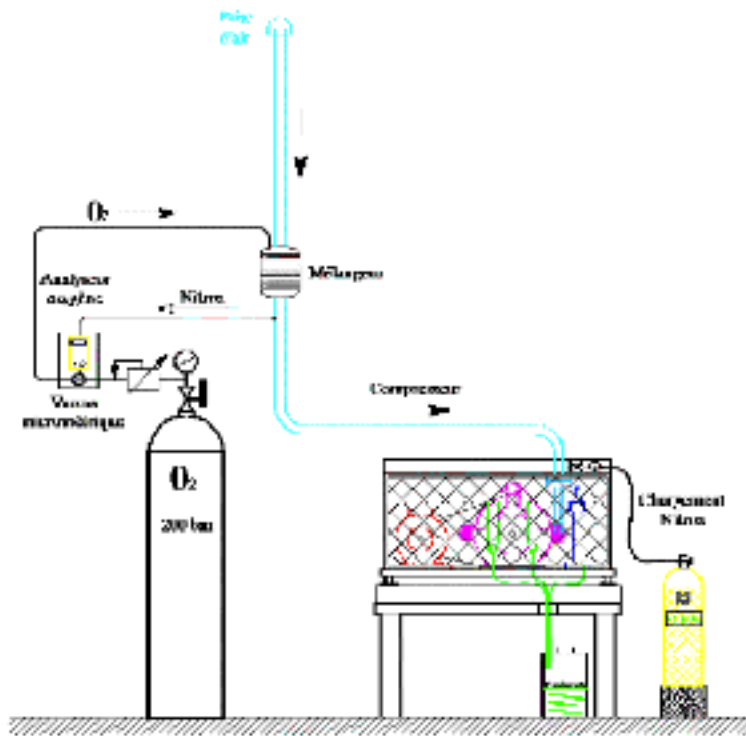


Schéma d'Henri Le Bris (Ref.3)

Afin de garantir une stabilité du mélange à l'entrée du compresseur, il est conseillé d'utiliser un mano-détendeur d'O₂ médical sur la bouteille B50 plutôt qu'un détendeur industriel.



OUI

Photo personnelles



NON

Pour amener l'oxygène détendu à la sortie de la B50 à une température ambiante, il faut choisir un flexible suffisamment long.



Photo personnelle

Réglementation et sécurité

4. Les principaux organes (risques / sécurité / solutions)

Les moyens financiers sont souvent un frein à la mise en sécurité d'une station. Par exemple, dans le Bas-Rhin, il existe 36 clubs et chaque club possède au moins un compresseur voire plusieurs. Ce qui représente autant de frais de mise en sécurité. Une première piste serait de mutualiser une station conséquente pour plusieurs clubs, automatisée et totalement prise en charge par des professionnels pour l'entretien. Cette solution se heurte au problème de transport des blocs.

Il existe néanmoins des solutions intermédiaires.

4.1. Où se situent les risques ?

Une piste est d'analyser où se situent les points critiques et de réfléchir aux moyens de prévention correspondants :

Situations	Risques	Conséquences	Solutions
Mise sous pression des flexibles	Arrachement d'un flexible	Détonation avec lésions auditives à l'oreille	Port d'un casque anti bruit
	Fouettement du flexible	. Blessures par coup . Objets propulsés par le souffle	. Local correctement rangé . Détendeur/réducteur de débit . Câble anti fouettement . Déporter une vanne qui permet de mettre la rampe sous pression à distance . Isoler la rampe de l'opérateur
La proximité du gonfleur lorsqu'il va purger les décanteurs	Accrochage d'un vêtement	. « Aspiration » sur une pièce en mouvement (ventilateur, poulie)	. Porter des vêtements près du corps . Porter une blouse
Manipulation de vannes de purges	. Mains qui ripent . Parties saillantes à proximité	. Blessures aux mains	. Porter des gants de manutention . Purges automatiques . Vannes de préhension aisée . Vannes non grippées . Vannes déportées et dégagées

L'utilisation du nitrox comporte un risque supplémentaire d'explosion qui se situe au moment de la manipulation de l'oxygène.

Le seul fait d'enrichir l'atmosphère en oxygène comporte des risques. L'oxygène en lui-même n'est pas inflammable, par contre il entretient et favorise la combustion. Il faudra donc stocker l'O₂ dans une pièce ventilée pour éviter la concentration du gaz en cas de fuite. L'oxygène se comporte différemment de l'air, de l'air comprimé, de l'azote et des autres gaz inertes. Il est très réactif et s'avère un agent oxydant très puissant.

Risques d'incendies dus à l'enrichissement en oxygène (Ref.9)

L'oxygène réagit avec la plupart des éléments. Le départ, la vitesse, la vigueur et l'étendue de ces réactions dépendent d'un nombre de facteurs, comprenant :

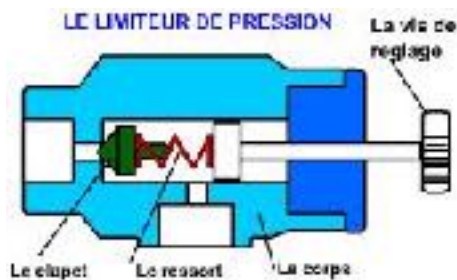
- La concentration, la température et la pression de ces réactifs
- L'énergie de combustion et le mode d'allumage.
- L'inflammabilité des matériaux
 - La concentration en oxygène : le risque d'incendie augmente considérablement lorsque la concentration en oxygène dans l'atmosphère augmente, même si ce n'est que de quelques points de pourcentage. Les étincelles, qui en temps normal seraient sans danger, peuvent être à l'origine d'incendies dans des atmosphères enrichies en oxygène, et les matériaux, qui en temps normal ne brûleraient pas dans l'air - matériaux ignifugés compris - peuvent brûler vigoureusement voire spontanément.
 - La présence d'hydrocarbures et graisses. Ils sont particulièrement dangereux en présence d'oxygène pur car ils peuvent se consumer spontanément et brûler avec une violence explosive. Ils ne doivent jamais être utilisés pour lubrifier les équipements d'oxygène ou d'air enrichi (des lubrifiants spéciaux compatibles avec l'oxygène peuvent être utilisés sous certaines conditions).
 - Le fait de fumer : beaucoup d'accidents de combustion sont dus à l'allumage de cigarette dans les atmosphères enrichies en oxygène. Fumer dans de telles atmosphères ou dans des endroits où l'enrichissement en oxygène est possible, représente un risque extrêmement élevé et absolument personne ne doit fumer dans ces locaux.
 - Les rétrécissements des tuyaux : lors d'un transfert d'oxygène, la moindre restriction de diamètre va provoquer un réchauffement du gaz comme dans n'importe quelle compression de gaz. Cette température peut atteindre les 600 °C et provoquer une explosion. Ce phénomène est connu sous le nom de compression adiabatique. On utilisera en priorité des matériaux à base d'inox et polyuréthane.

Un grand nombre de matériaux, notamment les textiles, le caoutchouc et même les métaux, brûleront avec intensité en présence d'oxygène.

4.2. Les solutions de sécurité

4.2.1. Les limiteurs de pression

Ils permettent le contrôle précis de la pression à mettre dans les bouteilles sans faire déclencher les soupapes de sécurité. Ils limitent la pression à une valeur déterminée pour éviter le sur-gonflage. Ce matériel s'installe en amont de la rampe de gonflage.



www.fr.wikipedia.org



www.bigata.fr

4.2.2. Les limiteurs de débit

Ce limiteur s'installe en amont de la rampe. L'utilisation de ce matériel permet de réduire le débit à l'ouverture des vannes sur la rampe. Cela évite un coup de bélier et la surchauffe en cas d'équilibre avec les bouteilles tampons.



www.underwater.fr

4.2.3. Les flexibles sécurisés

Il est vivement conseillé d'utiliser des flexibles haut de gamme pour des hautes pressions (donnés pour 450 bars en utilisation).

La gaine anti explosion absorbe l'énergie du fluide en cas d'éclatement du flexible protégeant ainsi l'utilisateur contre l'effet d'un jet concentré.

Il faut respecter la durée d'utilisation prescrite par le fabricant.



www.tecalemit.fr

4.2.4. Les cables anti-fouet

Les cables sont fixés de part et d'autre du flexible pour éviter qu'il fouette en cas de rupture au niveau du sertissage aux extrémités. Ils se montent sur des flexibles neufs, à l'aide de collier. Ils sont en inox et d'un diamètre de 3 mm. Ils ont une résistance de 500 kg.

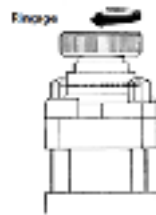


Photos personnelles

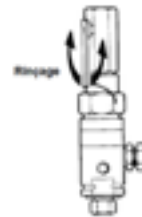
4.2.5. Les soupapes de sécurité



Photo Bauer



Souape de sécurité de pression finale, 25000 bar



Souape de sécurité de pression finale, 400 bar

Les soupapes de sécurité sont présentes à plusieurs endroits sur une station. On doit les trouver à la sortie des bouteilles tampons, entre les étages du compresseur, à la sortie du compresseur et sur la rampe. Elles protègent l'installation et les personnes contre une éventuelle surpression. Elles ont un rôle primordial pour la sécurité et doivent être tout particulièrement surveillées.

Dans le cas de bouteilles tampons, chaque série de rampe devra comporter sa soupape afin de libérer une surpression des gaz et leur explosion en cas de réchauffement ou d'incendie dans le local.

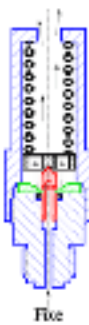
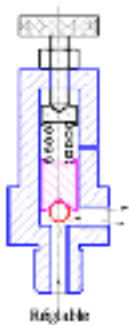


Schéma d'Henri Le Bris (Ref.3)

Dans un fonctionnement normal, la soupape est fermée.
Si la pression dépasse la valeur de tarage du ressort, la soupape s'ouvre et laisse s'échapper les gaz jusqu'à ce que la pression retrouve sa valeur normale. C'est le tarage du ressort et son bon fonctionnement qui garantit la sécurité de la soupape. Le débit de décharge a aussi son influence sur l'efficacité de la soupape. La soupape doit être calibrée à la pression et au débit nécessaires.

4.2.6. Les Equipements de Protection Individuels EPI

Le casque antibruit



Il protège les oreilles en utilisation normale et prévient des lésions auditives en cas d'éclatement d'un flexible.

www.protecnord.fr

Les gants de manutention



Les mains sont souvent mises à rude épreuve avec la manipulation des vannes et des volants des robinets. Les gants protègent des brûlures et des risques de blessures.

<http://www.maintenanceandco.com>

Lunettes de protection



Elles protégeront les yeux en cas de projection d'un solide ou d'un fluide.

<http://www.materielmedical.fr>

La bombe de détection des fuites



Elle permet de détecter la présence de fuites éventuelles sans porter l'oreille.
Le liquide projeté forme des bulles à l'endroit de la fuite.

www.cddiscount.com

4.2.7. Protéger l'opérateur

- Le **mur d'isolement** permet de protéger le gonfleur de tout éclatement au niveau du compresseur, car il travaille dans une pièce annexe.

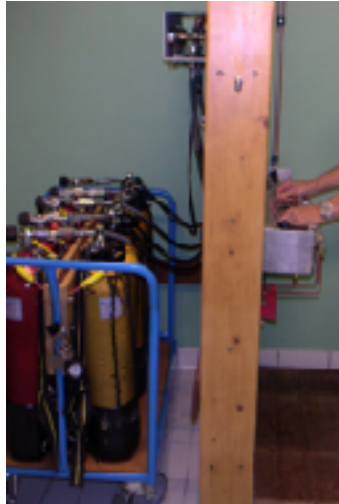


Photo Henri Le Bris

- Il existe de nombreux exemples d'implantations destinées à éloigner ou protéger l'opérateur de la rampe au moment du remplissage. Il est possible d'installer une vanne déportée pour mettre la rampe sous pression à distance.
- L'installation ci-dessous protège le gonfleur par le fait que la rampe ne se met sous pression qu'une fois la cage de protection descendue.



Photo personnelle

Le local idéal :

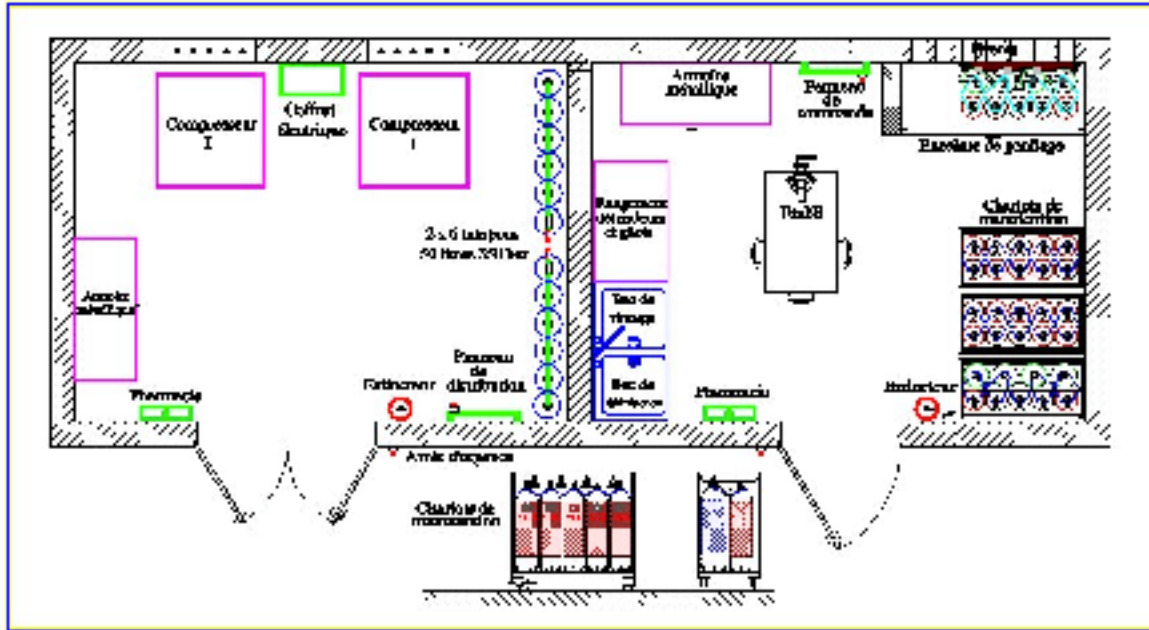


Schéma d'Henri Le Bris (Ref.3)

- L'opérateur est totalement isolé des compresseurs, des rampes tampons et des blocs en remplissage.
- L'opérateur ne porte pas les blocs (chariots de transport)
- Les locaux sont vastes et aérés
- Les locaux sont isolés des intrus

4.2.8. Les bons comportements

Toutes ces installations ne valent que si elles sont correctement utilisées. L'opérateur doit respecter un comportement adéquat :

- éloigner les intrus de la pièce
- porter des vêtements près du corps
- travailler en ordre et dans une pièce correctement rangée
- respecter les consignes
- porter les EPI adaptés

La formation prend ici toute son importance.

4.2.9. Précautions pour l'utilisation de l'oxygène (Ref.9)

Voici des exemples de précautions et de mesures de contrôle qui peuvent être prises pour se protéger contre les dangers d'incendie ou d'explosion découlant de l'utilisation de bouteilles d'oxygène comprimé ou de systèmes d'alimentation.

- Suivre les recommandations du fabricant afin de veiller à ce que seuls les matériaux appropriés et les éléments sûrs soient utilisés comme composants d'un système d'alimentation en oxygène comprimé.
- Utiliser uniquement les types de métaux convenant au système d'alimentation en oxygène comprimé (par exemple les flexibles), approuvés par le concepteur ou le fabricant du système.

- Nettoyer et garder propre tout le matériel utilisé avec le système d'alimentation en oxygène comprimé ou introduit dans le système afin de prévenir la contamination par des substances inflammables ou non compatibles avec l'oxygène.
- Utiliser uniquement les lubrifiants approuvés et en quantité infime.
- Le système devrait être conçu pour éviter les mauvaises manipulations en marquant les flexibles et les vannes : (oxygène, air, arrivée compresseur, arrivée tampons, purge...)

Une bonne conception de la station réduit notablement le danger d'incendie. Les systèmes d'alimentation en oxygène doivent être conçus selon les normes.

Au delà d'un mélange comportant plus de 40% d'oxygène, on utilise le même matériel et on respecte les mêmes précautions qu'avec de l'O₂ pur.

Le matériel est spécifique et totalement dégraissé, on le nomme « oxy-clean ». Les bouteilles sont équipées d'un volant de conservation vert et la bouteille est marquée « nitrox » ou « oxygène » ou « air oxygène ». Les détendeurs sont aussi spécifiques à une utilisation oxygène. Le matériel doit respecter la norme EN 144-3 qui impose une robinetterie munie d'une connexion M 26 X 200.

Jusqu'à 40% d'O₂, il est possible d'utiliser un matériel air. Cependant, mélanger des bouteilles qui ne sont pas marquées « nitrox » dans un parc de bouteilles mixtes risque de créer des confusions et d'équiper un plongeur air qui n'aura pas fait l'analyse du nitrox contenu à son insu dans sa bouteille.

Il sera très important dans ce cas, de trouver une solution pour éviter toute confusion. Certains mettent les blocs spécifiques sous clefs, ou tout au moins en équipant ces blocs de volants de conservation verts.

Très important : dans le cas d'une injection d' O₂ pur pour créer un mélange, le bloc doit être oxy-clean, même si le mélange à l'issue du gonflage comportera moins de 40% d'O₂.

Toute manipulation d'oxygène demande de la concentration. Les intrus seront écartés.

4.3.La filtration

La qualité de l'air dépend bien entendu de la filtration mais surtout de la qualité de l'air aspiré par la machine.

4.3.1.Les normes

Nous avons rencontré plus haut les normes EN-12021/ 2014.

Le dioxyde de Carbone (le CO₂)

Nous connaissons tous les effets du CO₂ et son rôle dans l'essoufflement et les mauvaises désaturations.

Ce gaz est présent dans l'air ambiant dans des proportions d'environ 0.04 % (400 ppm).

Le monoxyde de Carbone (le CO).

La quantité de CO présent dans l'air ambiant est très faible (0.2 ppm).

L'origine du CO présent dans l'air ambiant provient d'une combustion incomplète. Si le pourcentage de gaz présent dans l'air atteint un seuil plus important, il devient extrêmement toxique. Outre le fait qu'il intoxique le sang en empêchant la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine, il pénètre également directement les cellules.

Les effets de ces gaz en plongée :

Pour le **CO₂** :

A partir de 4 % dans l'air sur une durée de plus de 15 minutes, les premiers effets d'une intoxication apparaissent :

- La fréquence respiratoire augmente
- On ressent des maux de tête

Si l'on considère le seuil admissible des normes (0,05 %), la profondeur aura peu d'effet sur le peu de CO₂ que peut contenir l'air respirable.

Pour le **CO** :

A partir de 0.01 % dans l'air sur une durée de 15 minutes, les premiers effets apparaissent :

- maux de tête
- vertiges, nausées-

Si l'on considère le seuil admissible des normes (0.0005 %), la profondeur a également peu d'effet sur le peu de CO que peut contenir l'air respirable.

La gravité d'une intoxication est fonction de la concentration de CO dans l'air et de la durée de l'exposition:

CO (ppm)	% CO dans l'air	Symptômes
100	0,01	
200	0,02	Maux de tête, vertiges, nausées, fatigue.
400	0,04	Maux de tête intenses, danger de mort après 3 heures.
800	0,08	Maux de tête, vertiges, nausées. Perte de connaissance en 45 min, décès après 2-3 heures.
1600	0,16	Symptômes sévères après 20 min, décès en l'heure.
3200	0,32	Maux de tête, vertiges, nausées après 5 min, perte de connaissance après 30 min.
6400	0,64	Céphalées et vertiges après 1 à 2 min, perte de connaissance après 10-15 min.
12800	1,28	Perte de connaissance immédiate, décès en 1 à 3 minutes.

Source : centre anti poison

Il faudra être extrêmement vigilant sur la qualité de l'air aspiré par le compresseur. Si la quantité de CO₂ ou de CO devenait plus importante à l'origine de la prise d'air, l'effet de la pression en plongée aurait un effet multiplicateur exponentiel. Le charbon actif des filtres n'a aucun effet sur le CO₂ et le CO.

4.3.2. La prise d'air

L'utilisation d'un compresseur à entraînement par un moteur thermique obligera l'utilisateur à éloigner le plus possible la prise d'air de l'échappement du moteur.

Dans tous les cas, la prise d'air sera éloignée de toute pollution comme par exemple une route fréquentée ou une fumée industrielle. (Attention aux barbecues)

On évitera également l'entrée d'eau de pluie, de brindilles, poussières, insectes...

La prise d'air pourra prendre la forme d'un col de cygne ou placée sous une cloche.

Une simple grille fine bloquera les grosses particules.



Exemple d'embout sur une prise d'air

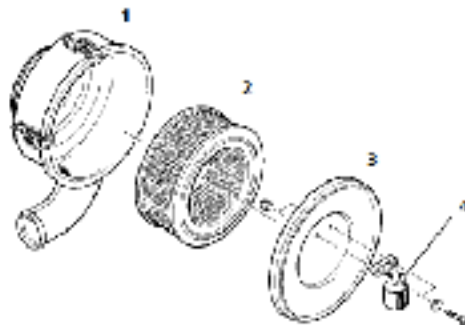
www.webmarchand.com

Il existe des systèmes par centrifugation qui font tourner l'air. Les particules sont projetées et récupérées dans un récipient qui doit être vidé régulièrement.

A l'entrée du compresseur, le filtre à air élimine les poussières. Ce filtre est spécifique au compresseur car il est conçu pour retenir un maximum d'impuretés tout en maintenant un flux d'air suffisant au fonctionnement du compresseur.



www.underwater.fr

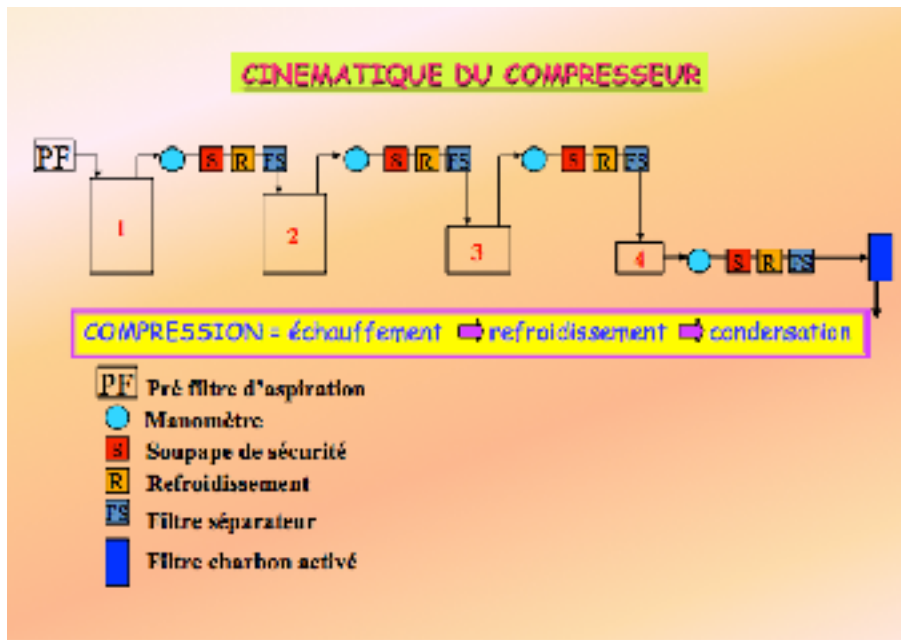


- 1 Carter de filtre
- 2 Flément du filtre
- 3 Couvercle
- 4 Affichage de maintenance

Fig. 12 Filtre d'aspiration, IK150, IK18.1, IK180

Notice Bauer

4.3.3. Les décanteurs



Yves Gaertner

Le rôle des décanteurs est de prélever une partie de l'humidité présente dans l'air ainsi que la présence d'huile produite par le compresseur lui-même.

C'est la propriété physique de la coalescence (*) et des différences de température par condensation qui sont utilisés dans ces séparateurs.

L'air chauffé par la compression est projeté sur les parois froides du décanteur, cette action aura pour effet de réunir l'humidité en gouttelettes qui s'accumuleront avec les particules d'huile mousseuses au bas du séparateur.

Ces condensats seront évacués très régulièrement par une purge manuelle ou automatique.

La fréquence de purge est d'au moins toutes les 15 minutes voire plus suivant les consignes du constructeur et la température ambiante.

L'ordre des purges se fait dans l'ordre des pressions décroissantes.

Les condensats doivent être collectés et évacués dans une déchetterie.

(*)La **coalescence** est un phénomène par lequel deux substances identiques, mais dispersées, ont tendance à se réunir.

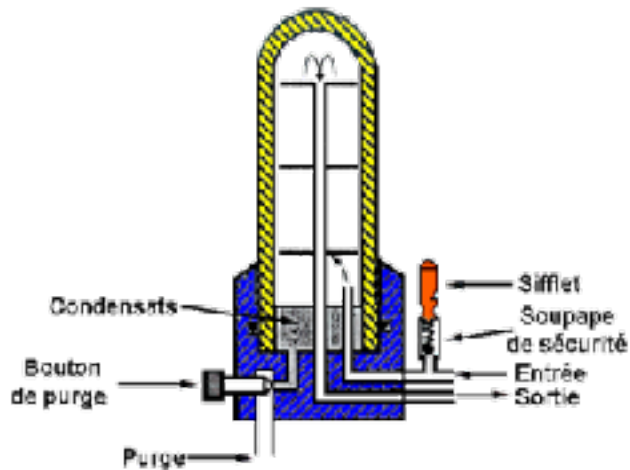


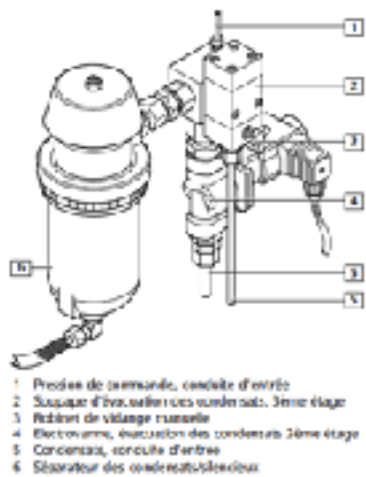
Schéma d'Henri Le Bris (Ref.3)

Exemple de décanteurs

Les **purges automatiques** facilitent l'utilisation du compresseur.

L'évacuation des condensats sera plus efficace et l'opérateur n'aura pas besoin d'approcher le compresseur en marche.

L'automatisation passe par un système d'électrovanne sur un minuteur et/ou un détecteur de niveau des condensats.



- 1 Prodes de jermanné, cavité d'entrée
- 2 Soupape d'évacuation des condensats 3ème étage
- 3 Récepteur de réglage manuel
- 4 Electrovanne, évacuation des condensats 3ème étage
- 5 Condensats, conduite d'entrée
- 6 Séparateur des condensats-liquides

Système Bauer d'évacuation automatique des condensats (Ref.4)

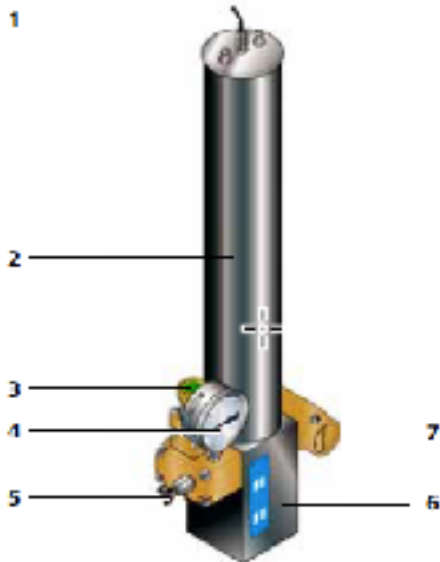
4.3.4. Les filtres

Le rôle des filtres est de retenir un maximum d'humidité, de solvants et de CO₂. La majorité des compresseurs actuels sont équipés de filtre fait de cartouches interchangeables.



Ces filtres contiennent du charbon actif et un tamis moléculaire avec des disques de feutre.

Il existe des filtres sécurisés du type Sécurus chez Bauer.



- 1 Raccordement SECURUS[®]
- 2 Appareil de nettoyage de finition
- 3 Soupape de sécurité de pression finale
- 4 Manomètre
- 5 Soupape de purge
- 6 Fond de filtre avec séparateur intégré
- 7 Soupape de maintien de pression

Ces types de filtres sont équipés d'un système de détection du niveau de saturation du filtre qui bloque l'utilisation du compresseur.

Résumé des différents éléments filtrants

Objectif du filtrage	Principe	Moyen	Localisation
Particules, eau de pluie	Rétention mécanique	Grillage Gravitation	Prise d'air
Particules lourdes	Rétention mécanique	Centrifugation Gravitation	Entrée du compresseur
Poussières	Rétention mécanique	Filtre papier	Entrée du compresseur
Huile et eau	Coalescence	Décanteur	Après compression
Vapeur d'eau	Absorption	Alumine activée Gel de silice	Après décanteur
Odeurs d'huile, solvants, hydrocarbures	Absorption	Charbon actif	Après décanteur
CO ₂ et vapeur d'eau	Absorption	Tamis moléculaire	Après décanteur et déshuilage
Poussières	Rétention mécanique	Feutre Céramique Filtre bronze	Après chaque filtre En sortie finale
Absent sur la plupart de nos compresseurs			
CO	Catalyse	Chimique	

Inspiré d'Henri Le Bris

La filtration peut être améliorée par l'utilisation d'un **clapet de maintien de pression** également nommé **déverseur**.

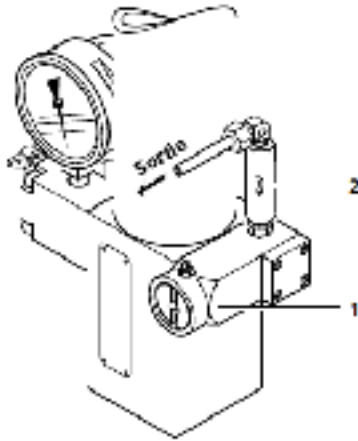
Ce clapet de retenue est placé à la sortie du filtrage pour maintenir une pression supérieure à environ 100 bars.

Les avantages de ce matériel sont multiples :

- Les compresseurs équipés d'un piston libre sont préservés du claquement au démarrage.
- Le maintien de pression repousse l'huile sous le piston et de ce fait l'huile est moins présente dans l'air au dessus du piston, dans la chambre de compression.

- L'air s'échauffe plus rapidement, il y aura donc moins de condensation dans les cylindres. La plus grande partie de l'eau se condensera dans les décanteurs.
- Si la pression est plus importante et constante, les polluants seront plus concentrés et les filtres seront plus efficaces.

Ce matériel est vendu environ 200 €, il serait dommage de s'en priver.

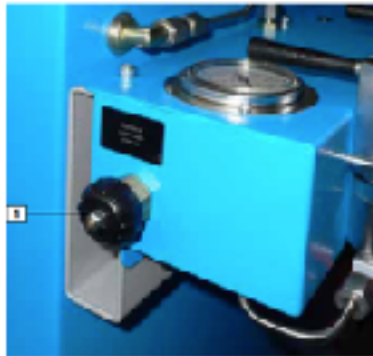


Notice Bauer (Ref.4)

Soupape de maintien de pression

Cette soupape ne remplace pas le clapet anti retour placé après le déverseur qui évite les retours de pression des bouteilles en charge lors des purges.

Une soupape de rinçage de CO₂ est présente sur certains compresseurs, elle permet d'évacuer une partie du gaz absorbé par la cartouche à l'arrêt.



Soupape de rinçage sur un compresseur Bauer (Ref.4)

Certains compresseurs proposent en option un système de surveillance continue de la qualité de l'air.



Notice Nardi
 Panneau de contrôle d'un compresseur Nardi

Récapitulatif de la filtration

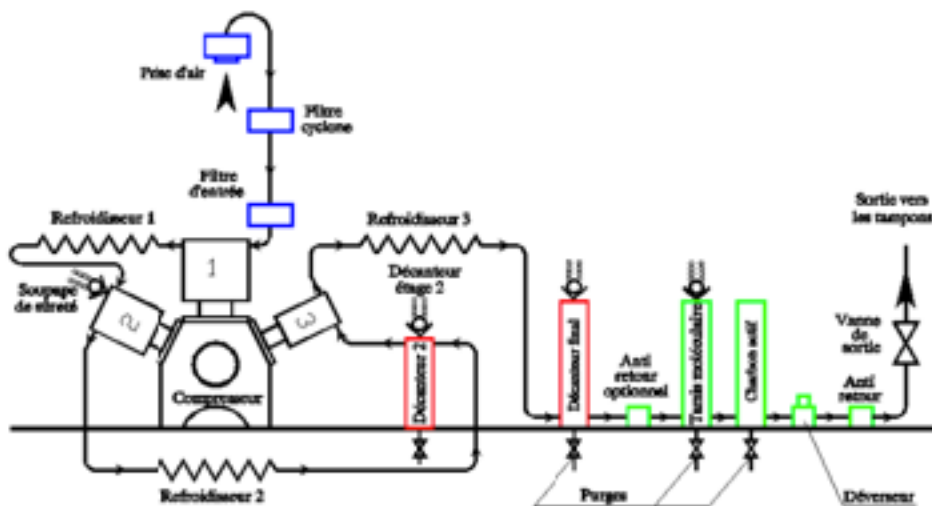


Schéma d'Henri Le Bris (Ref.3)

Note importante

Tout rajout d'huile pour protéger l'intérieur d'une bouteille est à proscrire car il n'est pas possible d'anticiper la mutation du produit.

La graisse pourrait cacher un impact ou un défaut dans le métal.

Il ne faut pas utiliser le moindre produit séchant après le rinçage de l'intérieur d'un bloc, tel que l'acétone ou l'alcool. Ces produits pourraient se révéler toxiques à l'inhalation lors de la plongée.

4.3.5.Filtration dans le cas du nitrox

Dans le cas du nitrox, la filtration à tous les niveaux doit être parfaite pour éliminer totalement toutes traces de poussières et d'huile. La prise d'air doit comporter un filtre céramique et une sur-filtration s'avère nécessaire.



Photo personnelle
www.plongeedreux.canalblog.

Stick mélangeur sur la prise d'air équipé d'un filtre en céramique. Ce filtre est à changer au moins une fois par an.

Le propriétaire d'un bloc nitrox peut se doter d'un sur-filtre personnel, notamment s'il doit gonfler sa bouteille épisodiquement à l'air pour la maintenir oxy-clean.



www.divingequipement.com

4.4. Le refroidissement

Un compresseur entraîné par un moteur électrique additionne l'émission de chaleur du moteur électrique, la chaleur due au frottement et la chaleur due à la compression de l'air.

Les constructeurs apportent dans la notice d'installation de nombreux conseils de refroidissement qu'il est indispensable de respecter.

Certaines conditions difficiles avec des températures ambiantes élevées nécessitent un refroidissement par eau. Ces installations sont essentiellement prévues dans le domaine industriel, ainsi que sur certains bateaux de plongée.



A la sortie du compresseur, la filtration doit être optimisée pour éviter de souiller la robinetterie et les blocs nitrox.



www.bauer-kompressoren.de

Système à refroidissement par eau.

Les compresseurs utilisés dans nos clubs sont refroidis par air.

Ces compresseurs sont alors refroidis par l'air ambiant de la pièce, il est donc indispensable de renouveler au maximum cet air pendant le gonflage. Plus l'air de la pièce sera froid et meilleur sera le refroidissement du compresseur.

Dans la mesure du possible, placer la machine de sorte que le ventilateur du compresseur puisse aspirer l'air froid de l'extérieur, aussi près que possible de l'ouverture d'aspiration d'air, par exemple par une ouverture dans un mur qui doit être placée aussi bas que possible. (l'air chaud se déplace vers le haut)

Il faut s'assurer de la présence d'une ouverture assez grande pour évacuer l'air réchauffé, placée aussi haut que possible.

On évitera d'aspirer l'air de refroidissement dans le souffle d'air de refroidissement réchauffé.

Il est également possible de climatiser le local.

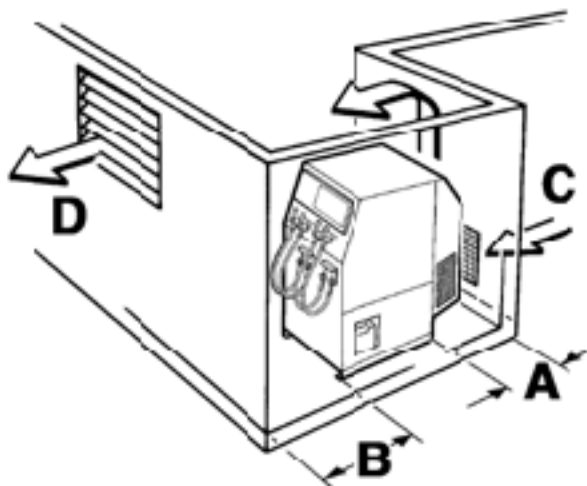
En général, la plage de la température d'utilisation est de +5° C à +45° C.

Il est préférable de choisir une pièce exposée au nord et sans rayonnement solaire.

Il serait indiqué que le local ne soit pas traversé par des conduites de chauffage ou d'eau chaude.

Les **ouvertures d'air d'aspiration et d'air vicié** sont fonction de :

- La puissance d'entraînement du moteur électrique,
- La différence de hauteur entre l'ouverture d'aspiration et l'ouverture d'évacuation de l'air vicié,
- Le volume d'air de la pièce du compresseur.



A Ecart minimal vers la paroi, côté aspiration :
 Poste standard : 0,5 m,
 Poste grand silence : 0 m
B Ecart minimal vers la paroi, côté air vicié. : 0,75 m
 (peut être supprimé en cas de mise en place devant une ouverture)
C Ouverture d'aspiration (voir tableau)
D Ouverture d'air vicié (voir tableau)

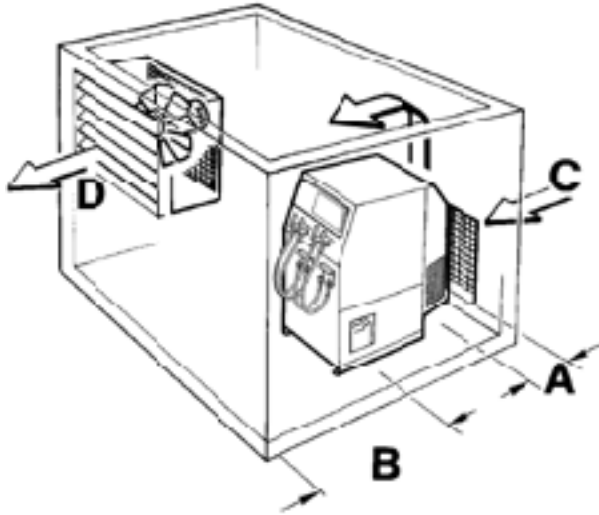
Ouvertures d'entrée et de sortie d'air						
Puissance du moteur (kW)	Volume de la pièce d'installation/différence de hauteur					
	V = 50 m ³ Δh = 2 m		V = 100 m ³ Δh = 3 m		V = 200 m ³ Δh = 4 m	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
7,5	0,90 m ²	0,75 m ²	0,60 m ²	0,50 m ²	0,24 m ²	0,20 m ²
11	1,38 m ²	1,15 m ²	0,90 m ²	0,75 m ²	0,54 m ²	0,45 m ²
15	1,92 m ²	1,60 m ²	1,45 m ²	1,20 m ²	0,90 m ²	0,75 m ²
18,5	2,30 m ²	1,92 m ²	1,47 m ²	1,44 m ²	1,08 m ²	0,90 m ²

Notice Bauer (Ref.4)

Lorsque ces conditions ne peuvent pas être réunies, il est possible d'optimiser l'aération par un système mécanique.

Notamment :

- Lorsque le compresseur doit être placé dans un espace très petit,
- Lorsque les ouvertures d'air de refroidissement ne peuvent pas être assez grandes,
- Lorsque d'autres appareils avec un fort dégagement de chaleur fonctionnent dans la même pièce,
- Si deux compresseurs ou plus fonctionnent dans la même pièce.



- A** Ecart minimal vers la paroi, côté aspiration : 0,5 m
- B** Ecart minimal vers la paroi, côté air vicié : 0,75 m
(Peut être supprimé en cas de mise en place devant une ouverture)
- C** Ouverture d'aspiration
- D** Ouverture d'air vicié

Notice Bauer (Ref.4)

Il est nécessaire de respecter :
Le **courant d'air** suivant, à l'aide de cette formule :

$\text{Courant d'air de refroidissement (en m}^3\text{/h)} = 360 \times \text{puissance d'entraînement (en KW)}$
--

La **section du canal d'air** de refroidissement, à l'aide de la formule suivante :

$\text{Section de canalisation (en m}^2\text{)} = \frac{\text{Courant d'air de refroidissement (m}^3\text{/h)}}{\text{Vitesse d'écoulement (m/s)} \times 3600}$

La vitesse d'écoulement recommandée est comprise entre 3 et 5 m/s, et ne doit pas dépasser 10 m/s max.

Exemple : puissance d'entraînement 11 kW :
 Ecoulement d'air de refroidissement = 360 x 11 = 3.960 m³ /h
 Section de canalisation = 3.960 : (5 x 3.600) = 0,22 m²
 (Sources BAUER)

Filtration et température

La capacité des filtres est fonction de la température, plus la température ambiante est élevée et plus les filtres seront saturés rapidement.

Le tableau issu d'une notice Bauer donne les rapports suivants :

Système de filtre P42 ; Cartouche de filtre 062565 : Durée d'utilisation des cartouches [heures]				
Pression de remplissage p = 200 bar		Quantité de livraison Q [l/min]		
Température ambiante t _a [°C]	Température dans le séparateur final t _{Ab} [°C]	300	400	550
10	20-24	110 - 87	82 - 65	60 - 48
15	25-29	82 - 66	62 - 49	45 - 36
20	30-34	63 - 50	47 - 38	34 - 28
25	35-39	48 - 39	36 - 29	26 - 21
30	40-44	37 - 30	28 - 23	20 - 17
35	45-49	29 - 24	22 - 18	16 - 13
40	50-54	23 - 19	17 - 14	12 - 10
Pression de remplissage p = 300 bar		Quantité de livraison Q [l/min]		
Température ambiante t _a [°C]	Température dans le séparateur final t _{Ab} [°C]	300	400	550
10	20-24	165 - 131	123 - 98	90 - 71
15	25-29	124 - 99	93 - 74	67 - 54
20	30-34	94 - 76	70 - 57	51 - 41
25	35-39	72 - 59	54 - 44	39 - 32
30	40-44	56 - 46	42 - 34	30 - 25
35	45-49	43 - 36	33 - 27	24 - 20
40	50-54	34 - 29	26 - 21	19 - 16

Par exemple :

Pour un compresseur de 300 l/mn (18 m³/h), une utilisation à 35°C divise presque par 2 la durée du filtre par rapport à une utilisation à 25°C.

4.5. Les rampes tampons

Je disais plus en avant de l'exposé que l'utilisation des bouteilles tampons imposait une réglementation plus stricte que le gonflage direct. Néanmoins, le stockage de l'air par tampons apporte une souplesse et un confort d'utilisation important.

Une station peut être équipée de plusieurs bouteilles, en général d'une capacité de 50 litres et gonflées de 250 à 300 bars.

Pour gagner en efficacité, les blocs tampons ne sont pas installés tous en série. On choisit souvent deux séries de rampes composées d'un ou plusieurs blocs.

Ce type d'installation comporte obligatoirement plus de conduites, de vannes et de soupapes.

Le système peut être simplifié pour l'opérateur au gonflage. Certaines stations automatisées existent :

- si des pressostats équipent l'installation, le compresseur démarre et compense automatiquement l'air manquant au fur et à mesure que la pression diminue dans les tampons.
- L'opérateur prélève l'air sur la rampe sans s'occuper du fonctionnement du compresseur
- Le ou les compresseurs ainsi que le choix des tampons sont automatiquement gérés par des systèmes mécaniques et/ou électroniques pour amener l'air à la rampe de gonflage. Cela évite à l'opérateur de devoir manipuler la vanne de la rampe tampon lorsque la pression maximale des blocs est atteinte, et permet

d'éviter les arrêts intempestifs de compresseur lorsque le gonfleur a oublié de faire cette manœuvre.

Lorsque le gonfleur gère lui même l'utilisation des tampons, il doit bien entendu être formé et apte à la manipulation des différentes purges.

5. Le choix d'une station de gonflage

Choisir un compresseur et son installation pour un club est difficile. Car de nombreux critères entrent en ligne de compte.

Le choix d'un compresseur à moteur thermique n'a un intérêt que dans le cas où ce dernier doit rester mobile ou s'il n'y a pas de source d'alimentation électrique disponible. Certains bateaux de plongée utilisent le moteur du navire pour faire tourner le vilebrequin du compresseur.

L'alimentation électrique demande généralement un courant triphasé.

Les autres critères sont multiples :

- le budget (peut aussi être optimisé par le choix d'un compresseur d'occasion)
- le local :
 - o son volume
 - o son accès
 - o sa position par rapport à une pollution éventuelle
- le dérangement que peut causer le bruit de l'utilisation de la machine
 - o les horaires de gonflage (l'exemple d'un compresseur installé dans un bâtiment ou résident des personnes : les bénévoles voudront utiliser le compresseur aux heures où les résidents sont chez eux)
- le nombre de blocs à gonfler
- l'organisation du club :
 - o gonflage après chaque plongée
 - o un ou plusieurs gonflages par semaine
- le temps dont on dispose :
 - o le gonflage doit être très rapide ou non
 - par rapport au parc de blocs
 - entre 2 navettes de bateaux
 - à la demande
 - o besoin de tampons ou non
- utilisation nitrox ou non

Il est souhaitable de déterminer un cahier des charges précis pour déterminer son choix et optimiser le rapport entre la dépense pour ses besoins réels tout en privilégiant la sécurité.

5.1.Cas concret : le choix du CPI

Le club de plongée d'Illkirch a été contraint de changer son compresseur pendant la période où je préparais mon mémoire. Ses dirigeants m'ont gentiment fait partager leurs réflexions.

Cette expérience permet de donner certains repères transposables à d'autres situations.

Constat :

- le bâtiment contenait déjà un compresseur
- l'aération et la ventilation sont efficaces pour l'utilisation d'un compresseur jusqu'à 36 m³/h. (moteur de 15kw)
- le lieu est isolé et ne présente pas de risque de désagrément sonore pour les riverains
- l'alimentation électrique est présente et aux normes
- la prise d'air est bien placée et loin de toute source de pollution.

Il existe 2 rampes tampons composées de :

- 4 bouteilles de 50 l à 250 bars
- 4 bouteilles de 50 l à 300 bars

Le club est riche de bénévoles compétents pour prendre en charge une partie du montage :

- le raccord à la prise d'air
- le raccordement à l'électricité
- les raccordements à d'éventuelles bouteilles tampons

Cahier des charges :

- utiliser les tampons existants
- une manipulation simple sans vannes multiples
- gonflage après chaque plongée par le DP du jour
- durée d'1 heure trente de gonflage maximum
- durée de regonflage des tampons de 2 heures maximum
- un parc de 50 blocs
- un maximum de 20 à 25 blocs de 15 l par plongée (en considérant 50 bars de reste d'air)
- une rampe de 5 flexibles
- pas de production de nitrox
- l'ancien compresseur ne permet pas sa revente d'occasion et doit être évacué
- le vendeur doit livrer et poser la machine à l'endroit prévu
- le nouveau compresseur doit respecter au plus les dimensions de l'actuelle machine
- budget, environ 25000 € (l'argent est disponible avec le soutien d'une subvention de la ville et de l'association à laquelle appartient le club).

Le calcul qui a déterminé le choix est en annexe 5.

La solution :

La série des tampons à 250 bars a été cédée à un autre club.

Le montage avec 2 séries de tampons déplaisait aux utilisateurs pour sa complexité.

L'automatisation de l'utilisation des 2 rampes en parallèle est coûteuse.

Le choix final a été le suivant :

- achat d'un cinquième tampon à 300 bars
- montage en série des 5 tampons à 300 bars
- achat d'un compresseur de 25 m³/heure
- montage d'une automatisation qui fait basculer la rampe automatiquement des tampons vers le compresseur lorsque les blocs atteignent 150 bars.

Capacité des tampons :

$$5 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 300 \text{ bars} = 75000 \text{ l}$$

Chaque série de gonflage de 5 blocs prélève :

$$5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (150 - 50 \text{ bars}) = 7500 \text{ l}$$

Le système fait basculer automatiquement la rampe vers le compresseur lorsque les 150 bars sont atteints.

1^{er} gonflage :

Air prélevé dans les tampons :

$$(5 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 300 \text{ bars}) - (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (150 - 50 \text{ bars})) = 67500 \text{ l}$$

La pression des tampons est de : $\frac{67500 \text{ l}}{250 \text{ l}} = 270 \text{ bars}$

$$250 \text{ l}$$

5 blocs sont gonflés à 150 bars.

2^{ème} gonflage :

Air prélevé dans les tampons :

$$(5 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 270 \text{ bars}) - (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (150 - 50 \text{ bars})) = 60000 \text{ l}$$

La pression des tampons est de : $\frac{60000 \text{ l}}{250 \text{ l}} = 240 \text{ bars}$

$$250 \text{ l}$$

5 blocs de plus sont gonflés à 150 bars.

3^{ème} gonflage :

Air prélevé dans les tampons :

$$(5 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 240 \text{ bars}) - (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (150 - 50 \text{ bars})) = 52500 \text{ l}$$

La pression des tampons est de : $\frac{52500 \text{ l}}{250 \text{ l}} = 210 \text{ bars}$

$$250 \text{ l}$$

5 blocs de plus gonflés à 150 bars.

4^{ème} gonflage :

Air prélevé dans les tampons :

$$(5 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 210 \text{ bars}) - (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (150 - 50 \text{ bars})) = 45000 \text{ l}$$

La pression des tampons est de : $\frac{45000 \text{ l}}{250 \text{ l}} = 180 \text{ bars}$

$$250 \text{ l}$$

5 blocs de plus gonflés à 150 bars.

Soit 20 blocs à 150 bars.

Il est même possible de gonfler en plus :

$$(5 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 180 \text{ bars}) - (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (150 - 50 \text{ bars})) = 37500 \text{ l}$$

La pression des tampons est de : $\frac{37500 \text{ l}}{250 \text{ l}} = 150 \text{ bars}$

$$250 \text{ l}$$

Nous avons gonflé 25 blocs de 15 l de 50 à 150 bars.

Le complément au compresseur :

$$25 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (200 - 150 \text{ bars}) = 18750 \text{ l}$$

Soit environ 20 m³ pour un compresseur de 25 m³/heure, le gonflage en 1 heure est possible.

Il reste 37500 l dans les tampons.

Il faudra, pour regonfler les tampons :

(5 tampons x 50 l x 300 bars) – 37500 l = 37500 l soit 37,5 M³

Puissance du compresseur : 25 M³/heure

37,5 / 25 = 1,5 , il faudra 1 heure 30 pour regonfler les tampons.

5.2.Les besoins réels / utilisation

En faisant une analyse précise des besoins, il est possible d'optimiser l'investissement.

Il n'est pas forcément nécessaire de prévoir une station digne d'une structure commerciale qui effectue 200 sorties par jour avec 4 tours de bateau et des gonflages entre chaque plongée.

La puissance du compresseur peut être limitée avec une utilisation intelligente des tampons en l'automatisant pour des coûts modérés.

La gamme du choix du compresseur peut également être augmentée ainsi que la qualité de la filtration.

Un contrat d'entretien peut être envisagé.

Il faut également tenir compte de la disponibilité des pièces et de la réactivité du SAV.

SOLUTIONS	OPTIONS	UTILISATION	COUT MOYEN
COMPRESSEUR SIMPLE PETIT DEBIT CLUB JUSQU'A 25 PERSONNES	SANS RAMPE	10 blocs de 15 l 1H30 de gonflage	Compresseur de 14 m ³ /h A partir de 10000€
	AVEC RAMPE	Possibilité d'isoler l'opérateur du compresseur	Tuyau inox : 18€ le m Raccords inox : 16€ p Rampe 3 sorties avec mano et soupape : 800€
COMPRESSEUR SIMPLE GROS DEBIT CLUB JUSQU'A 40 PERSONNES		15 à 20 blocs	Compresseur de 25 m ³ /h Environ 15000 €

COMPRESSEUR AVEC TAMPONS CLUB JUSQU'A 80 PERSONNES	4 tampons de 50 l à 300bars Déverseur automatique qui gère le passage des tampons au compresseur Purges automatiques Filtre sécurisé Compresseur de 25 m ³ /h Rampe de gonflage équipée	25 à 30 blocs de 15 l pour 1h15 de gonflage Regonflage des tampons en 1h30	Tarif de 22000 € à 35000 € suivant les marques.
---	--	--	---

5.3.Le budget / la sécurité

Le budget pour la sécurité doit être inclus dans la somme allouée dès le commencement du projet.

C'est plutôt le choix des performances du compresseur et sa marque qui vont compléter le budget.

Quelques repères :

- mur d'isolement en parpaing : environ 40€ le m²
- câble anti fouet : 18 € HT
- flexible haute sécurité kevlar 1450 bars : 22 € HT
- soupape de sécurité : 160 € HT
- casque anti bruit : 20 €
- gants : 10 €
- lunettes : 5 €
- bombe détecteur de fuite : 10 €.

5.4.Choix d'une station nitrox

Lorsqu'un club choisit de fournir du nitrox à ses membres, la première question qui se pose est : « quelle est le système le plus adapté ? ».

Il possible de faire gonfler ses blocs nitrox dans une station extérieure, mais lorsque le besoin augmente, il devient assez rapidement rentable d'avoir sa propre production de nitrox.

Si un club dispose de quelques blocs nitrox destinés essentiellement aux formations nitrox, il sera plus avantageux de faire gonfler ces blocs à l'extérieur. Le coût d'un gonflage est d'environ 8 €.

Si le club plonge régulièrement au nitrox, notamment avec des recycleurs, l'investissement dans une fabrication de nitrox trouvera rapidement son intérêt.

Etudions les avantages et inconvénients des 3 possibilités qui sont l'utilisation :

- d'une lyre
- d'une membrane perméable
- d'un stick nitrox.

CRITERES	LYRE	MEMBRANE PERMEABLE	STICK
Sécurité	Manipulation d'O ₂ pur	Meilleure sécurité des 3 systèmes	Garantir moins de 40% dans le compresseur (système intégré)
Coût	Uniquement blocs « oxyclean » Usage des B50 limité ou équipement d'un surpresseur	- Coût très élevé Un club qui gonfle 1500 blocs à l'année avec un stick amortirait cet investissement en 10 ans - Equipement d'un compresseur basse pression et d'un compresseur haute pression de grande qualité - Surfiltration	- Relativement maîtrisé Pour le repère : un club qui gonfle environ 1500 blocs nitrox par an, consomme 55 B50 - Prévoir une surfiltration
Manipulation	Demande une bonne connaissance et un respect strict de la procédure	Avec une bonne connaissance du système, le gonflage en lui-même est assez abordable	Relativement facile
Avantages	- Le moins couteux à l'achat. - Permet la fabrication de tous les mélanges.	- Le plus sécurisé Ne nécessite aucune B50 - Très avantageux dans les zones éloignées des fournisseurs d'O ₂ - Mélange très précis - Homogénéisation du mélange instantané	- Facile d'installation - Si la station dispose d'une lyre, possibilité de faire des mélanges supérieurs à 40% et de finir les B50 au stick. - Homogénéisation du mélange instantané

Inconvénients	- Besoin de B50 - Couteux en oxygène - Homogénéisation du mélange retardé (jusqu'à 24 heures)	Production jusqu'à 40 %.	- Besoin de B50 - Danger si les 40 % à l'entrée du compresseur non respectés - Besoin d'un compresseur de qualité
----------------------	---	--------------------------	---

Il n'existe pas à l'heure actuelle de contenu de formation établi par la FFESSM ni par le Ministère de la Jeunesse & des Sports.

L'auteur du présent mémoire soumet à votre appréciation un projet de contenu de formation.

Ce contenu variera bien entendu avec l'équipement et l'installation concerné.

6. Contenu de formation

6.1.L'Opérateur de Chargement des Bouteilles Air L'OCBA

Pré requis nécessaires :

- être licencié
- être majeur
- pas de niveau de plongeur minimum
- être une personne à l'aise avec le matériel
- être TIV est un plus

Compétence N°1 Connaissance de la réglementation et du matériel

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Assurances fédérales	Savoir qu'il est nécessaire d'être licencié pour utiliser le compresseur	Le TIV est informé

Connaître le marquage des blocs	Sait trouver les renseignements nécessaires sur les inscriptions des blocs	Identifie la pression de service. Identifie la date de la dernière requalification. Identifie la date de la dernière visite Le TIV est informé
Connaître les périodes de validité et les fréquences de requalification	Sait où trouver l'information (MFT, textes réglementaires)	Refuse de gonfler un bloc non conforme. Le TIV est informé
Principe de fonctionnement d'un compresseur	Comprend le fonctionnement et le principe de compression à plusieurs étages Plusieurs méthodes d'entraînement Refroidissement et aération de la pièce Prise d'air	Pas de connaissances nécessaires aux réparations ni à l'entretien Comprend l'importance de la sécurité des manœuvres Comprend l'importance de la prise d'air et du refroidissement
Filtration	Comprend l'utilité d'une bonne filtration	Comprend l'incidence d'une mauvaise filtration sur les problèmes possibles sur le matériel et en plongée : <ul style="list-style-type: none"> - obstruction du filtre conique du détendeur - altération de la surface intérieure du bloc - grippage de la robinetterie - essoufflement - givrage - ...

La compétence 1 peut être évaluée et validée sous forme orale ou écrite.

Compétence N°2 Procéder à l'allumage du compresseur et au gonflage des bouteilles

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Connaissance des consignes de gonflage	Connait l'emplacement de l'affichage des consignes	
Connaissance de l'inspection des blocs avant le gonflage	Sait reconnaître les marques d'un bloc non conforme au gonflage par le contrôle visuel obligatoire	Refuse le gonflage d'un bloc qui semble non conforme
Organiser sa zone de travail	Sait optimiser sa zone de travail	Place ses bouteilles dans un ordre logique (avec ou sans insert) Maintient une zone sécurisée
Contrôler le niveau d'huile selon cahier des charges	Connaît le niveau à respecter	
Raccorder les blocs aux flexibles de la rampe	Prépare les premiers blocs et purge les robinetteries Ferme les vannes de la rampe et ouvre les blocs dans l'ordre prévu par les consignes	Respecte l'enchaînement des manipulations en rapport avec les consignes affichées Particularités des vannes Bauer
Démarrer le compresseur purges fermées	Pense à fermer les purges	

Observer la pression des différents étages	Attend la stabilisation des pressions aux différents étages Contrôle la manœuvrabilité de la soupape si cette manipulation est prévue	Sait lire les manomètres et analyser les erreurs Détece les pannes Stoppe le gonflage si la soupape est défectueuse
Maintenir la pression à 100 bars.	Utiliser un bloc qui sert de tampon	Maintenir le compresseur à 100 bars tout le long du gonflage

Compétence N°3 Procéder au gonflage des bouteilles avec l'aide des tampons

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Connaît le principe d'équilibrage de l'air et d'échauffement	Dans le cas d'un gonflage mixte (tampon puis complément), sait enchaîner les manipulations	Par exemple : équilibrer jusqu'à 150 bars puis compléter au compresseur
Utilisation des blocs tampons avec le compresseur	Sait manipuler les différentes purges pour isoler l'une ou l'autre des sources. Rampe tampon vs compresseur	
Utilisation des blocs tampons dans un système automatique	Sait manipuler les différentes purges	Comprend qu'à partir d'un seuil, il n'est plus possible de gonfler au delà de la pression des tampons

Compétence N°4 Procéder à l'extinction du compresseur

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Eteindre le compresseur	Stoppe le compresseur en utilisant le moyen prévu	
Vérifier le bon état de la station	Connaît les éléments à signaler à l'exploitant si nécessaire	Ne laisse rien au hasard et signale tout problème
Traçabilité	Remplit le cahier de gonflage Consigne les aléas	

Compétence N°5 Se mettre en sécurité et sécuriser les opérations

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Connaître les risques inhérents au gonflage	Connaître les points critiques de sécurité Connaître les EPI et leurs rôles Savoir utiliser les dispositifs de sécurité	Connaître les risques spécifiques de sa station Utiliser les gants, les lunettes et le casque anti bruit Connaître la position des arrêts coup de poing Connaître et savoir utiliser les câbles anti fouettement Connaître et savoir utiliser les extincteurs
Sécuriser la zone	Limiter au maximum le nombre de personnes présentes	

Compétence N°6 Préserver le matériel

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Connaître les risques de pannes	Savoir détecter un bruit suspect	Cette compétence se limite à la partie de la station accessible à l'opérateur
	Savoir détecter une fuite suspecte Savoir détecter une purge inefficace	Ces compétences seront prises en charge par un technicien plus compétent dans le cas où l'opérateur n'a pas accès au compresseur
	Savoir repérer un échauffement anormal	Connaître les températures limites

Les compétences 2 à 6 doivent être enseignées, évaluées et validées en pratique.

Un livret de l'opérateur peut être remis au récipiendaire.

Un apprentissage accompagné par le formateur du type :

- je montre
- je fais faire
- il fait seul
- je valide

Un certificat d'opérateur de gonflage air signé par les 2 parties est remis au récipiendaire et consigné par l'exploitant.

L'OCBA peut être ajouté à la liste des personnes habilitées.

6.2.L'Opérateur de Chargement des Bouteilles Nitrox L'OCBN

Pré requis nécessaires :

- être licencié
- être majeur
- être une personne à l'aise avec le matériel
- niveau OCBA
- plongeur nitrox confirmé
- être TIV est un plus

Compétence N°1 Spécificités de la sécurité liée à l'oxygène

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Les dangers de l'oxygène	<p>Lié au confinement</p> <p>Lié aux sources de pollution du matériel</p> <p>Lié au réchauffement</p>	<p>Maintenir l'aération de la pièce de stockage des B50</p> <p>Connaître toutes les sources de pollution et préserver le gonflage (poussière, huile, graisse)</p> <p>Maintenir le local aéré pendant les manipulations</p> <p>Limiter les débits lors des transferts</p>
Connaître les repères de marquage oxygène	Savoir identifier le matériel « oxy-clean »	Connaît parfaitement les risques inhérents à la pollution des contenants

Compétence N°2 Utilisation de la lyre

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
L'opérateur sera conscient des précautions à mettre en œuvre dans la manipulation de l' O ₂ pur	L'opérateur est particulièrement sensibilisé aux risques liés à l'O ₂	L'opérateur a acquis la totale confiance de l'exploitant
Être capable de faire un calcul pour obtenir le mélange recherché	<p>Comprendre le calcul</p> <p>Utiliser un tableur</p>	

Procéder au transfert d'O ₂ avec la lyre	Connaître parfaitement la procédure et l'enchaînement des manipulations	L'OCBN montre un sérieux exemplaire dans le respect de la procédure d'utilisation de la lyre
Respecter le débit du transfert	Utilise la vanne de laminage avec douceur	Ne dépasse pas 10 bars / mn
Analyser le gaz	Utilise l'analyseur Sait calculer la profondeur maximale d'utilisation	Procède à une analyse précise et sérieuse
Marquer les blocs	Connaît les indications à apposer sur le bloc	Porte distinctement la date, le pourcentage d'O ₂ , ses initiales et la PMU Le tout doit être lisible
Remplir le registre	Renseigne distinctement et sérieusement le registre de gonflage au nitrox	Porte distinctement la date, le pourcentage d'O ₂ , ses initiales et la PMU Le tout doit être lisible

Compétence N°3 Gonflage à l'aide d'un compresseur à membrane perméable

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Connaître les consignes du fabricant	Mémorise les règles d'utilisation imposées par le fabricant	

Connaître le fonctionnement des compresseurs	Comprend le principe de fabrication du gaz	L'OCBN comprend l'enchaînement des 3 étapes qui fabriquent le gaz
Procéder au réglage du mélange	Utilise le procédé de réglage avec efficacité	
Analyser le gaz	Utilise l'analyseur Sait calculer la profondeur maximale d'utilisation	Procède à une analyse précise et sérieuse
Marquer les blocs	Connaît les indications à apposer sur le bloc	Porte distinctement la date, le pourcentage d'O ₂ , ses initiales et la PMU Le tout doit être lisible
Remplir le registre	Renseigne distinctement et sérieusement le registre de gonflage au nitrox	Porte distinctement la date, le pourcentage d'O ₂ , ses initiales et la PMU Le tout doit être lisible

Compétence N°4 Gonflage à l'aide d'un compresseur équipé d'un stick mélangeur

Savoirs/Savoirs faire/Savoirs être	Critères de réalisation	Technique / Commentaires / Limites
Démarre la station	Met en marche le compresseur	Démarre le compresseur à l'air pour chauffer la machine
Lancer l'analyseur		Vérifie son fonctionnement et le calibre à l'air

Ouverture de la B50	Règle la pression du mano détenteur Règle de débit d'O ₂ à la vis micrométrique	Choisit une valeur d'au moins 15 bars de moyenne pression Manipule la vis avec soin
Gonflage des blocs	Procède au remplissage des blocs nitrox	L'OCBN est concentré et serein
Surveiller le débit d'O ₂	Surveille très régulièrement la valeur de l'O ₂ injecté dans le compresseur	Lorsque la B50 se vide (< 20 bars), jouer avec la vis
Analyser le gaz	Utilise l'analyseur Sait calculer la profondeur maximale d'utilisation	Procède à une analyse précise et sérieuse
Marquer les blocs	Connaît les indications à apposer sur le bloc	Porte distinctement la date, le pourcentage d'O ₂ , ses initiales et la PMU Le tout doit être lisible
Remplir le registre	Renseigne distinctement et sérieusement le registre de gonflage au nitrox	Porte distinctement la date, le pourcentage d'O ₂ , ses initiales et la PMU Le tout doit être lisible

Conditions de réalisation :

L'apprentissage au gonflage doit se faire dans le calme. Une démonstration associée à plusieurs mises en situation complèteront la formation.

La remise d'un livret de consignes au gonflage personnalisé est indispensable.

La délivrance d'une attestation de gonfleur l'OCBN (signée des deux parties) confirmera la validation de la formation.

L'OCBN peut être ajouté à la liste des personnes habilitées au gonflage nitrox.

7. Complexité du trimix

La fabrication des mélanges trimix qui utilisent l'hélium sort du cadre de mon mémoire.

Ces mélanges demandent une connaissance très approfondie de la plongée tek.

Le trimix est destiné à des plongeurs qui ont des aptitudes toutes particulières à la complexité de cette pratique.

Les B50 d'hélium sont très onéreuses.

Les mélanges se font à la lyre et au surpresseur.

Il est possible d'acheter les mélanges déjà préparés en B50.



www.vercors-plongee.com

Conclusion

L'objectif de ce mémoire était de clarifier la réglementation, de donner des solutions de sécurisation, d'apporter des indicateurs de choix d'une station de gonflage et de proposer des contenus de formation pour apprendre à gonfler en sécurité.

Sa lecture s'adresse autant aux présidents de club qu'aux personnes susceptibles de s'occuper du gonflage des blocs.

Les recherches m'ont personnellement apporté de nombreuses informations et mon souhait est que ce mémoire serve essentiellement à la sécurité des manipulateurs de compresseurs.

Il servira aussi de base de réflexion pour le choix d'une installation.

Il donne également un profil d'une personne habilitée au gonflage.

BIBLIOGRAPHIE ET SITOGRAPHIE

1. **François BRUN - Pascal BERNABE – Patrice STRAZZERA.**
Le guide la plongée TEK. 2^{ème} édition. Editions GAP.
2. **Commission Technique Nationale de la FFESSM.**
Manuel de Formation Technique :
Plongeurs Nitrox - Moniteurs Nitrox – TIV – Stations de gonflage
Sur internet : http://www.ffessm.fr/pages_manuel.asp
3. **Henri LEBRIS. Instructeur national N°87.**
Conception des stations de gonflage
<http://hlbmatos.free.fr>
4. **Compresseurs BAUER**
Notice d'utilisation et liste des pièces de rechange.
Modèles : PE 300-VE à PE 850-VE
5. **Règlementation des soupapes**
http://www.cidip.com/?fid=6_1&fid2=6_1_SEC-survSoupape
6. **Définition d'un équipement sous pression**
 - a. http://www.sante-securite-paca.org/risques_prevention/machines_equipements_de_travail/pdf/equipements_sous_pression.pdf
 - b. <http://docplayer.fr/2298904-Sante-securite-environnement-equipements-sous-pression.html>
7. **Cahier des charges TIV**
<http://www.ffessm.fr/pages.asp?p=376>
8. **Arrêté du 15 mars 2000 TEXTE Remplacé PAR ARRETE DU 20/11/2017**
Relatif à l'exploitation des équipements sous pression
ref.8 bis : ARRETE DU 20/11/2017
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/11/20/TREP1723392A/jo/texte>
9. **Sécurité avec l'utilisation d'Oxygène**
http://www.linde-gas.fr/fr/safety_and_quality/gas_risks/oxygen/index.html
10. **Décret du 13 décembre 1999**
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000580255>
11. **Théorie Nitrox François Gaillard Mars 2007**
<http://slideplayer.fr/slide/3538365/>
12. **Décret n°90-277 du 28 mars 1990 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare**

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006075627&dateTexte=20161107>

Annexes

Les conditions du TIV :

- Les techniciens en inspection visuelle sont formés et certifiés au cours d'un stage organisé par une CTR
- Les recyclages sont obligatoires
- Le TIV est licencié et il exerce dans son club sous la responsabilité de son président
- Seules les bouteilles déclarées et inscrites au registre du club bénéficient du régime des TIV
 - o Les bouteilles non inscrites au registre du club sont exclues du système
 - o Seules des bouteilles appartenant au club en propre ou à des personnes licenciées sont admissibles à l'inscription dans le registre
- Le club dispose de tout le matériel nécessaire au contrôle des blocs : (tampons de contrôle des filetages, lumière, ...)
- Les blocs des clubs appartenant au club ou aux membres qui ont décidé de les inscrire au registre du club sont déclarés dans la liste de l'application TIV de la FFESSM : <https://tiv.ffessm.fr>
- L'application offre un accès à plusieurs niveaux :
 - o Le licencié peut accéder à la fiche de son ou ses blocs avec son numéro de licence
 - o Le président du club peut accéder à toutes les fiches des blocs de son club avec le numéro de son club
 - o Les TIV peuvent accéder aux fiches des blocs du club dans lequel ils officient avec leur numéro de licence (le logiciel reconnaît par leur numéro de licence leur qualification TIV). Ils peuvent modifier les fiches.

NB :

Le technicien en inspection visuelle qui a suivi les formations de la FFESSM connaît déjà un certain nombre de points nécessaires au gonflage.

CAHIER DES CHARGES DE L'INSPECTION PÉRIODIQUE (TIV) (Ref.7)

Au 04/12/2015

<http://www.ffessm.fr/pages.asp?p=376>

Annexe 2

http://www.ffessm.fr/gestionenligne/manuel/32_Station_de_gonflage.pdf

Le responsable met à disposition de l'opérateur

CONSIGNES D'ENTRETIEN

Lubrification.

Nettoyage.

Evacuation des condensats.

CONSIGNES DE GONFLAGE

Chronologie des opérations depuis la mise en marche.

Chronologie des opérations jusqu'à l'arrêt complet.

CONDUITE A TENIR EN CAS DE :

Fausse manœuvre.

Surchauffe.

Manque de débit.

Bruit anormal.

Fuite légère : air, huile.

Fuite importante : Rupture de joint ; fouettement de flexible, rupture de conduite, explosion.

Remplacement de joint de bouteille.

AFFICHAGE

Liste des personnes habilitées. (Régulièrement mis à jour, datée et signée).

Consignes d'utilisation du compresseur (fabricant).

Consignes de chargement (installateur).

Consignes d'entretien (installateur + exploitant).

Consignes particulières (exploitant).

DOCUMENTS A DISPOSITION

Manuel du compresseur (fabricant).

Consignes d'utilisation du compresseur (fabricant).

Cahier d'entretien prévu (installateur et exploitant).

Registre de suivi et de maintenance (exploitant).

Cahier de gonflage (exploitant + gonfleurs).

Liste des fausses manœuvres :

Démarrage en charge.

Démarrage purges ouvertes.

Oubli de purger les décanteurs et les filtres.

Oubli de purger la robinetterie avant le gonflage.

Purge sans avoir fermé la bouteille et/ou l'arrivée de l'air.

Déconnecter une bouteille sans avoir purgé.

Gonflage réserve haute.

Dépassement de la pression de service.
Trop plein d'huile

Exemple ci-dessous :

Consigne pour le chargement des bouteilles

Allumage :

- toutes les purges doivent être fermées avant le démarrage (4)
- vérifier systématiquement le niveau d'huile des compresseurs
- vérifier d'éventuelles traces d'huile sous les compresseurs
- tout état suspect doit être signalé au responsable avant démarrage
- évacuer tous les intrus
- porter EPI (lunettes, gants, casque)
- raccorder 3 bouteilles aux flexibles
 - o vérifier réserve basse
 - o purger la robinetterie
 - o si bloc extérieur au club vérifier validité requalification (réglementation en annexe)
 - o utiliser les câbles anti-fouettement
- fermer les 2 vannes d'arrivée sur la rampe (manettes croisées)
- ouvrir les 3 bouteilles entièrement moins ¼ tour
- vérifier l'arrêt coup de poing non enfoncé
- vérifier la vanne soupape ouverte (attention position ouverte = croisée)
- en position ouverte toutes les vannes sont alignées
- noter l'heure de début de gonflage pour le compresseur Coltri. Si le Coltri n'est pas utilisé, noter quand même l'heure de début de gonflage
- allumer l'un ou l'autre compresseur ou les 2 au tableau électrique
- laisser monter la pression des 2 compresseurs pour équilibrer la pression au niveau de la rampe (environ 100 bars)
- ouvrir les 2 vannes d'isolement ensemble
- procéder au gonflage des bouteilles
- gonfler une bouteille après l'autre en gardant le même sens de rotation des bouteilles
- purger très régulièrement (toutes les 15 mn)
- ne purger que lorsque la pression n'excède pas 100 bars et ne rentrer dans la pièce des compresseurs que pour purger
- la personne qui commence le gonflage le finit ou procède à l'arrêt des compresseurs
- au moindre bruit suspect enfoncer l'arrêt coup de poing qui coupe les 2 compresseurs et ouvrir doucement les purges au niveau des flexibles, fermer les bouteilles et n'entrer dans la pièce des compresseurs que lorsque la pression a totalement chuté

- l'éventuelle intervention ne pourra être envisagée que par le responsable du compresseur ou de sa maintenance
- attention la vanne isolant la soupape doit rester ouverte (cette dernière ne sert qu'au test des soupapes des compresseurs, cette manœuvre est effectuée une fois par an par le responsable de la maintenance)

Extinction :

- garder 3 blocs raccordés aux flexibles
- fermer le dernier bloc et ouvrir en même temps la purge d'un des 2 autres
- ouvrir la 2^{ème} purge puis la 3^{ème}
- laisser chuter la pression à 100 bars
- éteindre les compresseurs au bouton du tableau électrique
- ouvrir toutes les purges
- noter l'heure de fin de gonflage pour le Coltri ou si le Coltri n'a pas été utilisé noter l'heure de fin de gonflage

Consignes d'entretien

Lubrification :

Les vidanges d'huile doivent être effectuées une fois par an.

L'huile est spécifique et ne peut en aucun cas être remplacée par une autre. (Danger d'empoisonnement).

La quantité d'huile ne doit jamais dépasser le niveau maxi.

Le niveau d'huile ne peut être effectué que par le responsable de maintenance.

Nettoyage :

Les compresseurs ne nécessitent pas de nettoyage particulier mais dans tous les cas ne pas utiliser de produits corrosifs sur les flexibles. (Les destructeurs de graisses sont souvent très corrosifs)

Le sol du local compresseur doit être maintenu libre de toutes traces de graisses afin d'éviter les glissades (utiliser de la sciure ou du sable)

Evacuation des condensats :

Les condensats sont récupérés dans un bidon, ce bidon est renversé dans un autre bidon prévu à cet effet, fermé et évacué une fois par an à la déchetterie.

Ne pas verser dans l'égout.

Changement des filtres :

Consulter la notice technique du fabricant.

Conduite à tenir

Liste des fausses manœuvres :

- démarrage en charge (toujours faire chuter la pression avant de redémarrer)
- démarrage purges ouvertes (fermer les purges avant démarrage)
- oubli de purger les décanteurs et les filtres (purger toutes les 15mn) → air mauvais
- oubli de purger la robinetterie avant le gonflage (purger les 2 sorties) → formation prématurée de rouille à l'intérieur des blocs
- purge sans avoir fermé la bouteille et/ou l'arrivée d'air (suivre les consignes de chargement et fermer le robinet du bloc et la vanne sur la rampe avant de purger le flexible et démonter l'étrier ou le filetage DIN)
- déconnecter un bloc sans avoir purgé, manœuvre quasi impossible, ne pas forcer, respecter l'ouverture avec refermeture d'un $\frac{1}{4}$ tour. Si le bloc reste ouvert, il est possible que le robinet soit endommagé → laisser le bloc se vider doucement par la purge, le déconnecter et l'isoler.
- Gonflage réserve haute → le bloc ne gonfle pas
- Dépassement de la pression de service → la vanne soupape est fermée ou elle est dérégulée, ouvrir la vanne ou cesser le gonflage pour entretien
- Trop plein d'huile → risque de surchauffe du compresseur, vidanger le trop plein, ne pas utiliser

Surchauffe :

- cesser immédiatement le gonflage et sortir de la pièce

Manque de débit :

- vérifier la fermeture des purges sans forcer
- écouter les fuites, ne pas approcher l'oreille → utiliser la bombe
- soupape dérégulée
- dans tous les cas, cesser le gonflage et entretien par le responsable

Bruit anormal :

- cesser le gonflage et ne pas chercher la cause → entretien par le responsable

Fuite : air, huile :

- cesser le gonflage et ne pas chercher la cause → entretien par le responsable

Remplacement du joint de la bouteille :

- retirer le bloc de la rampe, brancher une autre bouteille et attendre d'avoir un bloc à gonfler pour commencer l'opération de changement du joint.

Exemple de liste des personnes habilitées :

PERSONNES HABILITEES À UTILISER LES COMPRESSEURS

Référent matériel et gonfleur :

Valentin Le Premier
11 rue du Cap Horn 67114 Eschau
06 01 01 01 01

Gonfleurs :

Guy Le Deuxième TIV
6 rue des Trois gaz 67380 Lingolsheim
06 02 02 02 02

Eric Le Troisième
1 sentier sous marin 67200 Strasbourg
06 03 03 03 03

Gaëlle La Quatrième
9 rue du Brochet Bleu 67150 Erstein
06 04 04 04 04

Franck Le Cinquième
19 rue Des Blocs 67120 Ergersheim
06 05 05 05 05

Emmanuel Le Sixième TIV
12 Impasse du Sans CO 67810 HOLTZHEIM
06 06 06 06 06

Arnaud Le Septième
3, Rue des Fuites 67380 LINGOLSHEIM
06 07 07 07 07

Exploitant :

Thomas Le Chef
19 rue des Rampes Tampons 67460 Souffelweyersheim
06 08 08 08 08

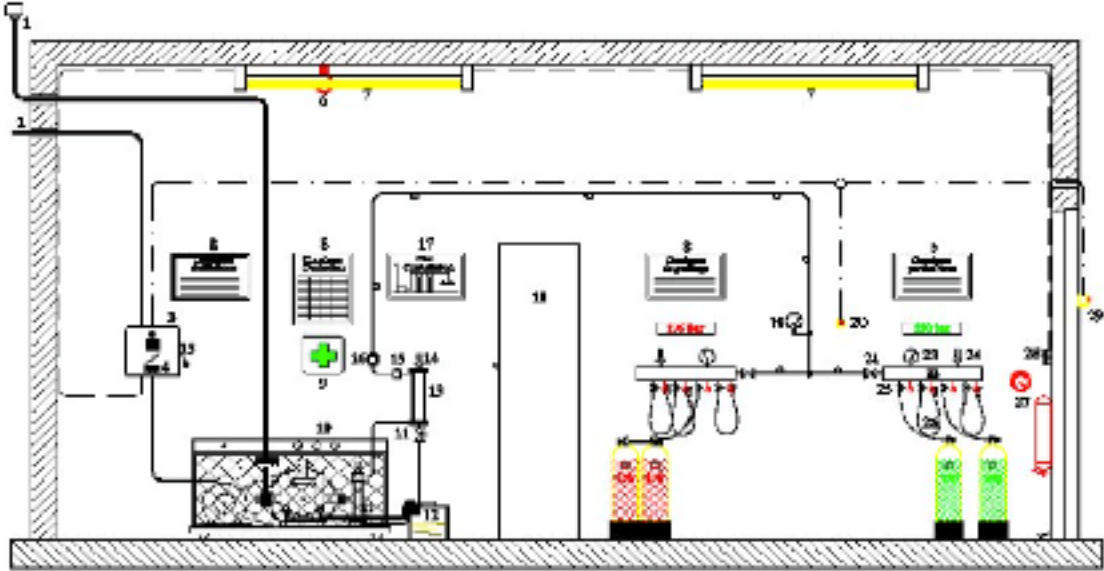


MISE A JOUR
04 JANVIER 2016

Annexe 3

Exemple d'une installation d'un compresseur directement sur la rampe et sans tampons.

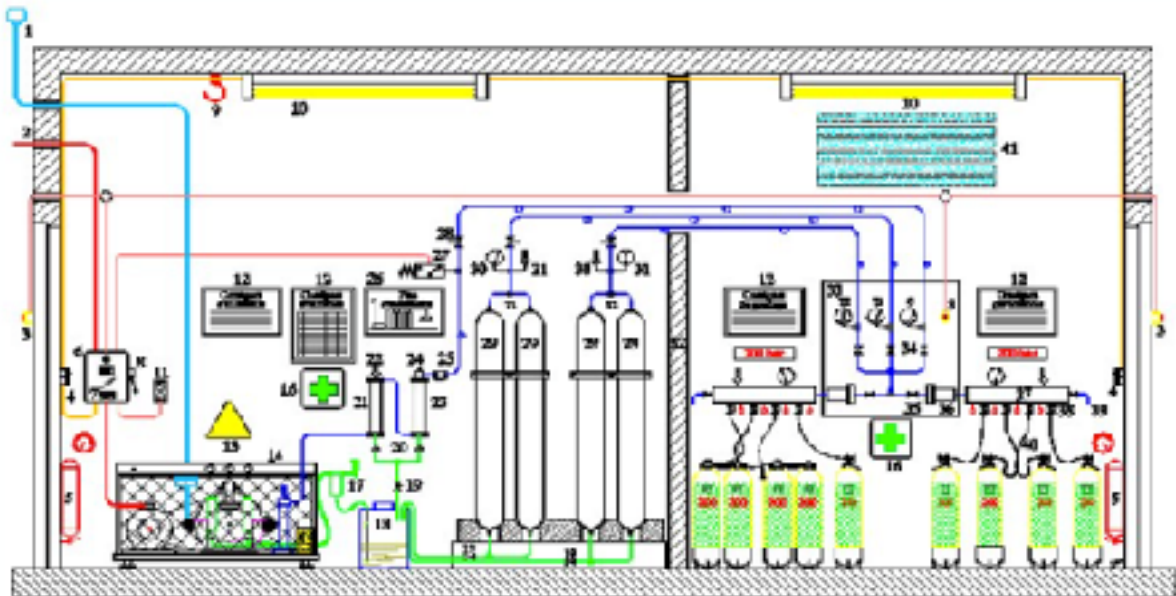
Schéma de Henri Le Bris



- | | |
|---|---|
| 1) Prise d'air. | 18) Armoire métallique |
| 2) Arrivée électrique | 19) Manomètre de pression du compresseur. |
| 3) Boîtier électrique. | 20) Arrêt d'urgence depuis les rampes. |
| 4) Compteur Horaire. | 21) Vannes de mise sous pression. |
| 5) Arrêt / Marche. | 22) Rampes de gonflage et de raccordement. |
| 6) Anneau de levage. | 23) Manomètres de rampe. |
| 7) Éclairage. | 24) Soupapes de sûreté de rampe |
| 8) Panneaux des consignes. | 25) Vannes d'isolement avec purge. |
| 9) Pharmacie de premiers secours. | 26) Flexibles et raccords. |
| 10) Compresseur. | 27) Extincteur et son panneau de signalisation. |
| 11) Purges manuelles | 28) Prise de courant et interrupteur lumière. |
| 12) Réservoir collecteur de condensats. | 30) Arrêts d'urgence à l'entrée |
| 13) Filtre composite. | |
| 14) Soupape de sûreté du filtre. | |
| 15) Déverseur. | |
| 16) Clapet anti retour. | |
| 17) Plan de l'installation | |

Exemple d'une installation avec blocs tampons

Schéma de Henri Le Bris



- | | |
|---|------------------------------------|
| 1) Prise d'air | 21) Filtre à charbon actif |
| 2) Arrivée électricité | 22) Soupape de sûreté des filtres |
| 3) Arrêts d'urgence | 23) Filtres à tamis moléculaire |
| 4) Interrupteurs et prises de courants | 24) Déverseur |
| 5) Extincteurs et panneaux de signalisation | 25) Clapet anti retour |
| 6) Boîtiers électriques | 26) Plan d'installation |
| 7) Compteur horaire | 27) Pressostat |
| 8) Arrêt / Marche | 28) Vannes d'isolement |
| 9) Anneau de levage | 29) Bouteilles tampons |
| 10) Éclairage | 30) Manomètres des tampons |
| 11) Programmeur "Arrêt / Marche" | 31) Soupapes de sûreté des tampons |
| 12) Panneaux de consignes | 32) Mur de séparation |
| 13) Panneau de démarrage automatique | 33) Panneau de distribution |
| 14) Compresseur | 34) Vannes de distribution |
| 15) Boîtier de purge automatique | 35) Vannes de mise sous pression |
| 16) Pharmacies de premier secours | 36) Détendeurs "Haute Pression" |
| 17) Séparateur de condensats | 37) Rampes de chargement |
| 18) Réservoir collecteur de condensats | 38) Vannes d'isolement et de purge |
| 19) Vannes de purges manuelles | 39) Purges de rampe |
| 20) Clapets anti retour de purge de filtres | 40) Flexibles |
| | 41) Aération |

Annexe 4

Gonflage au nitrox

Utilisation de la lyre

1. Inspiré de : François BRUN - Pascal BERNABE – Patrice STRAZZERA.
Le guide la plongée TEK. 2^{ème} édition. Editions GAP.

La technique est la suivante :

- ouvrir la B50 d'O₂ (bloc nitrox fermé)
- ouvrir le robinet de la lyre (bloc nitrox fermé)
 - o > mise sous pression de la lyre
- fermer le robinet de la lyre (bloc nitrox fermé)
 - o > isoler la pression de la B50
- ouvrir le robinet du bloc nitrox
 - o > lire la pression restante dans le bloc pour faire le calcul
- ouvrir délicatement la vanne de laminage jusqu'à l'obtention de la pression recherchée dans le bloc nitrox
- compléter la pression à l'aide d'air (tampon ou compresseur) pour obtenir le mélange désiré.

Exemple de calcul de gonflage au nitrox :

Pour le calcul, prenons l'exemple suivant :

Nous voulons gonfler un bloc nitrox à 200 bars de Nitrox 32.

Dans un bloc dans lequel il reste 50 bars de Nitrox 34.

On complètera avec de l'air d'un tampon.

Combien de pression d'O₂ pur devons-nous ajouter au mélange restant ?

On a :

$$O_2 : 34\% \times 50b = 17b \text{ Pp}O_2$$

$$N_2 : 66\% \times 50b = 33b \text{ Pp}N_2$$

On veut :

$$O_2 : 32\% \times 200b = 64b \text{ Pp}O_2$$

$$N_2 : 68\% \times 200b = 136b \text{ Pp}N_2$$

On rajoute en azote au tampon :

$$\text{En pression partielle : } 136b - 33b = 103b$$

$$\text{En pression d'air : } 103b / 0.79 = 130.38b$$

Rajout d'O₂ à la lyre :

Pression finale voulue : 200b

Pression obtenue avec le supplément du tampon après l'injection d'O₂ : 130.38b

Pression restante de départ dans le bloc à gonfler : 50b

$$(200b - 130,38b) - 50b = 19.62b$$

Il faudra injecter 19.62b d'O₂ pur à la lyre.

Il existe également des tableaux très simples qui évitent les erreurs :
 Il suffit de renseigner les cases rouges et les résultats apparaissent.

On dispose de :			
<input type="text"/>	Un Bloc d'un volume de	15	litres
<input type="text"/>	Pression initiale du bloc	50	bar
<input type="text"/>	% O ₂	34	PpO ₂ 17,0 bar
	% N ₂	66	PpN ₂ 33,0 bar
On veut :			
<input type="text"/>	Pression finale du bloc	200	bar
<input type="text"/>	% O ₂	32	PpO ₂ 64,0 bar
	% N ₂	68	PpN ₂ 136,0 bar
Il faut :			
	Injecter O ₂ pur	19,6	bar
	Compléter en Air	130,4	bar
Volumes transférés (en litres)		Chute pression Bloc O ₂	
Volume O ₂	1955,7	95	391,1 bar
Volume Air	294,3	520	97,8 bar
		650	39,1 bar

Renséigner les cases en rouge. Le reste s'affiche. - Gérard DUMINÉ © 2006

Annexe 5 :

Voici les calculs qui permettent de déterminer le rendement d'une rampe tampon, en fonction du cahier des charges choisi par le CPI pour le choix de son nouveau compresseur.

Calcul du besoin :

La capacité de gonflage doit être de 20 blocs de 50 à 200 bars.

Soit : $20 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (200-50 \text{ bars}) = 45000 \text{ l}$ soit 45 m^3 .

Il est facile de comprendre, que même avec un compresseur de grand rendement, il serait très difficile de respecter l'heure et demie de gonflage.

Une rampe tampon est donc nécessaire.

1^{ère} solution :

Utiliser les tampons existants :

Isolés en $4 \times 50 \times 300$ bars et

Leur capacité est de :

$4 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 300 \text{ bars} = 60000 \text{ l}$

1^{er} gonflage :

Air prélevée = $60000 \text{ l} - (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (200 \text{ bars} - 50 \text{ bars})) = 48750 \text{ l}$

$\frac{48750 \text{ l}}{200 \text{ l}} = 243.75$ bars restant dans les tampons. Arrondi à 243 b

5 blocs sont gonflés.

2^{ème} gonflage :

$\frac{(4 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 243 \text{ bars}) + (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times 50 \text{ bars})}{(200 \text{ l} + 75 \text{ l})} = 190,36$ bar arrondi à 190 b

Il reste 190 bars dans la rampe.

5 blocs gonflés à 190 bars.

Il manque : $5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (200-190) \text{ bars} = 750 \text{ l}$

3^{ème} gonflage :

$\frac{(4 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 190 \text{ bars}) + (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times 50 \text{ bars})}{(200 \text{ l} + 75 \text{ l})} = 151,82$ bars arrondi à 151 b

Il reste 151 bars dans la rampe.

5 blocs sont gonflés à 151 bars.

Il manque : $5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (200-151) \text{ bars} = 3675 \text{ l}$

4ème gonflage :

$$\frac{(4 \text{ tampons} \times 50 \text{ l} \times 151 \text{ bars}) + (5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times 50 \text{ bars})}{275 \text{ l}} = 125,27 \text{ bars arrondi à } 125 \text{ b}$$

Il reste 125 bars dans la rampe.

5 blocs sont gonflés à 125 bars.

$$\text{Il manque : } 5 \text{ blocs} \times 15 \text{ l} \times (200-125) \text{ bars} = 5625 \text{ l}$$

A l'issue de l'équilibrage aux tampons seuls 5 blocs sont gonflés à 200 bars.

Il faudrait compléter au compresseur :

$$750 \text{ l} + 3675 \text{ l} + 5625 \text{ l} = 10050 \text{ l}$$

Dans ce cas, et si l'on veut limiter le gonflage à 1 heure il faut un compresseur d'au moins 15 m³/heure car il faut compter les temps de manipulation.

Dans le cas d'un gonflage de 25 blocs, cette puissance de compresseur serait limitée.

Pour regonfler les tampons :

Il reste :

$$(4 \text{ tampons} \times 125 \text{ bars} \times 50 \text{ l}) = 25000 \text{ l}$$

$$60000 \text{ l} - 25000 \text{ l} = 35000 \text{ l soit } 35 \text{ m}^3$$

Avec un compresseur de 15 m³, il faudrait plus de 2 heures pour regonfler les tampons.

Annexe 6 :

Extrait du :

décret n°90-277 du 28 mars 1990 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006075627&dateTexte=20161107>

L'air ou les mélanges respirés au cours de l'intervention doivent présenter :

- a) S'agissant du gaz carbonique, une pression partielle inférieure à 10 hectopascals (10 millibars) ;
- b) S'agissant de l'oxyde de carbone, une pression partielle inférieure à 5 pascals (0,05 millibar) ;
- c) S'agissant de la vapeur d'eau, pour les expositions d'une durée supérieure à 24 heures, un degré hygrométrique compris entre 60 p. 100 et 80 p. 100 ;
- d) S'agissant des vapeurs d'huile, une pression partielle exprimée en équivalent méthane inférieure à 0,5 hectopascal (0,5 millibar) et une concentration inférieure à 0,5 mg/m³ ;
- e) S'agissant des poussières, une concentration maximale inférieure aux limites fixées à l'article R. 232-5-5 du code du travail ;
- f) S'agissant des vapeurs et des gaz dangereux, notamment des solvants et produits de nettoyage, des pressions partielles inférieures à celles correspondant à la pression atmosphérique, aux valeurs limites d'expositions.

La masse volumique d'un mélange respiratoire ne doit pas excéder 9 grammes par litre à la pression d'utilisation sauf dérogation accordée, notamment pour des motifs de recherche scientifique, par arrêté du ministre intéressé.