

Commission des Communautés
européennes

DIRECTION GENERALE
AFFAIRES SOCIALES

Commission générale de la sécurité et de la
salubrité dans la sidérurgie

OXYGENE

- La conception, la construction, l'implantation et l'exploitation des organes des installations

En 1969 et 1970, la Commission des Communautés européennes a publié, dans le cadre des travaux de la Commission générale de la sécurité du travail dans la sidérurgie, deux brochures sur :

- les organes de sectionnement et de réglage
- les organes d'assemblage.

Depuis lors, le groupe de travail "Sécurité - Conduites à oxygène" a poursuivi ses travaux et a étudié

- les filtres
- la lubrification
- le dégraissage des conduites
- les appareils de mesurage.

Les documents relatifs à ces problèmes seront publiés d'ici peu.

Mais, il est apparu indispensable d'établir une synthèse des travaux relatifs aux organes d'exploitation (organes de sectionnement et de réglage, filtres) et aux organes d'assemblage pour plusieurs raisons.

D'une part, parce que, exposés à un même risque, celui de l'inflammation spontanée, les principes qui régissent la prévention de ce risque, sont analogues pour tous ces organes.

D'autre part, parce qu'il convenait d'actualiser les informations fournies, particulièrement en ce qui concerne les organes de sectionnement dont l'examen par le groupe de travail "Sécurité - Conduites à oxygène" avait débuté en 1966. Dans l'introduction du document sur les organes de sectionnement et de réglage, il était fait observer que ce document était provisoire et que les techniques relatives aux appareillages à oxygène avaient évoluées. Il convenait donc de mettre à jour les résultats de ces travaux.

Enfin, il convenait également d'informer les milieux intéressés de telle façon que les éléments essentiels apparaissent clairement et ne soient pas enfouis parmi des considérations non pas secondaires mais moins importantes.

Telles sont les raisons pour lesquelles la Commission générale de la sécurité et de la salubrité dans la sidérurgie a adopté et publié le présent document.

Il convient de rappeler ici que dans le cadre de la mission d'échanges d'expériences pratiques de la Commission générale de la sécurité et de la salubrité dans la sidérurgie, les travaux de celle-ci n'ont pas pour base les diverses réglementations des pays de la Communauté, mais bien les pratiques les meilleures quant à la sécurité.

1. - Avant-propos

L'industrie sidérurgique, depuis la dernière guerre mondiale, a mis en oeuvre de nouvelles techniques, afin d'améliorer la qualité de ses produits et de diminuer ses frais d'exploitation et, parmi celles-ci, il est incontestable que les multiples applications de l'oxygène en sidérurgie ont pris un développement spectaculaire; en ne retenant uniquement que la diversité actuelle des débits instantanés, celle-ci s'étend entre le débit du chalumeau oxy-coupeur qui est de l'ordre de quelques Nm^3/h , et les débits de soufflage des récents convertisseurs du type LD, qui peuvent dépasser $80.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Pour faire face à des consommations d'oxygène sans cesse grandissantes, les usines de production se sont donc développées, tant en nombre qu'en importance, et, comme les fournitures à l'aide de récipients mobiles de ce gaz sur les lieux de consommation ne devenaient ni

possibles ni rationnelles, les usines de production furent raccordées aux lieux de consommation par des réseaux de canalisations. L'usine sidérurgique, qui a suivi cette évolution technique, distribue dans ces conditions l'oxygène à chacun des postes d'utilisation par un réseau de tuyauteries, plus ou moins complexe, car très souvent il doit s'adapter à la diversité des débits entrevue plus haut; autrement dit, c'est la fonction, c'est-à-dire la nature et le lieu de l'utilisation, qui conditionne le tracé et la section de la conduite ainsi que les caractéristiques des organes d'exploitation.

Il est certain que dès que ces réseaux ont vu le jour, des précautions toutes particulières ont été prises par les spécialistes chargés de leur construction, et ceci dans tous les pays; ces précautions ont tenu compte notamment de la propriété fondamentale de l'oxygène d'être un comburant très énergique, des pressions de distribution très supérieures à celles normalement utilisées dans une usine sidérurgique pour les autres gaz (vents froid et chaud, gaz de four à coke et de haut fourneau par exemple) et des conditions particulières d'utilisation. Sans vouloir mettre en doute, ni la bonne volonté de ces spécialistes, ni leur compétence et leur expérience, on peut se demander si la conception et la réalisation de ces réseaux de distribution n'ont pas été faites en suivant des idées toutes faites et couramment admises, s'appuyant sur des hypothèses sans que des essais méthodiques aient prouvé leur bien-fondé. Il en résulte qu'on peut constater en pratique que les principaux constructeurs à l'échelle mondiale, qui ont réalisé et continuent de réaliser des installations à oxygène de grande importance, ne sont pas toujours d'accord sur certains concepts à retenir pour l'établissement de projets, parmi lesquels il faut noter en particulier les concepts concernant la sécurité des personnes et des installations elles-mêmes; souvent même, il arrive que ces concepts s'opposent résolument entre eux.

Le développement de l'oxygène en sidérurgie pose des problèmes comme tout procédé industriel en évolution et a eu des répercussions, aussi bien pour les hommes que pour les équipements, répercussions résultant, soit de négligences et d'erreurs, soit de causes extérieures, soit enfin peut-être de ce que "les concepts s'opposent résolument entre eux". Une telle situation est troublante et ne devrait plus exister. Afin d'y remédier, une initiative s'imposait dans l'espoir qu'un examen méticuleux montrerait que les divergences actuelles dans le domaine de la conception, de la réalisation de l'exploitation et de l'entretien des circuits de distribution et d'utilisation d'oxygène, sont plus réelles dans leurs apparences que dans leurs fondements (+).

C'est dans ce but que dans le cadre des travaux de la Commission générale de la sécurité et de la salubrité dans la sidérurgie, un groupe de travail "Sécurité - Conduites à oxygène" a été constitué.

2. - Les organes dans les canalisations d'oxygène

Les équipements des installations de distribution et d'utilisation d'oxygène gazeux sous pression peuvent être répartis en deux catégories :

- les canalisations proprement dites, c.-à-d. l'ensemble que constituent les tubes assemblés et par lesquels l'oxygène est conduit à ses points d'utilisation;
- les organes, c.-à-d. les appareillages solidaires des canalisations.

(+) Voir à ce propos, le document particulier sur les causes d'inflammation des organes.

Ces organes peuvent à leur tour être répartis en trois sous-catégories :

- les organes d'exploitation : ce sont les robinets appelés organes de sectionnement et de réglage et les filtres;
- les organes d'assemblage : ce sont les raccords et les brides d'assemblage;
- les organes de contrôle et de sécurité : les organes de mesurage, les soupapes, etc.

Le présent document concerne les organes d'exploitation et d'assemblage.

Des informations plus détaillées sur ces organes sont fournies dans les brochures ci-après, publiées par la Commission des Communautés européennes, dans le cadre des travaux de la Commission générale de la sécurité et de la salubrité dans la sidérurgie :

- oxygène - organes d'assemblage
- oxygène - organes de sectionnement et de réglage
- oxygène - filtres.

3. - Les risques des canalisations d'oxygène

Les installations d'oxygène sous pression sont soumises à quatre risques principaux :

- le risque d'inflammation spontanée sans apport de chaleur venant de l'extérieur, lequel est particulièrement grave car, en raison de sa soudaineté et de ses effets, le personnel ne dispose que de courts instants pour se mettre à l'abri;

- le risque d'inflammation par causes extérieures (rayonnement calorifique, projection ou déversement de matières incandescentes ou en fusion, arc électrique, etc.);
- le risque de suroxygénation de l'atmosphère par des fuites à l'atmosphère car les réactions de combustions sont notamment déjà fortement accélérées même pour un très faible taux de suroxygénation;
- le risque de rupture mécanique dû à des contraintes locales accidentelles (engins de manutention ou de génie civil) ou naturelles (travail des sols); dans ce cas, le dégagement d'oxygène à l'ambiance se fait alors en quantités souvent très importantes, et dans des directions incontrôlables.

Les études du groupe de travail ont été centrées avant tout sur le risque d'inflammation spontanée, la prévention des trois autres risques relevant des techniques classiques de sécurité de travail et non pas des installations elles-mêmes.

4. - L'inflammation spontanée

Les canalisations (*) d'oxygène présentent une particularité qui leur est propre et qui constitue un grave risque : celle de mettre le comburant idéal (à l'état pur) en contact direct avec des matériaux qui, dans certaines conditions, peuvent réagir avec lui.

(*) Afin qu'il n'y ait pas d'équivoque, le terme "canalisation" s'applique aux tuyauteries proprement dites, dans ce qui suit, et aux organes qui les équipent.

Selon les propriétés des combustibles (les matériaux), les réactions d'oxydation (donc la combustion) sont plus ou moins vives et les énergies libérées plus ou moins importantes. La condition fondamentale pour amorcer l'inflammation est que les matériaux soient portés à leur "température d'inflammation dans l'oxygène". Si au sein d'une canalisation, le dégagement calorifique engendré par l'inflammation initiale d'un certain matériau est suffisant pour porter (phénomène de conductibilité, entre autres) à leur température d'inflammation d'autres matériaux, ceux-ci peuvent s'enflammer à leur tour et leur combustion pourra également se faire sentir sur de nouvelles masses de produits combustibles. On a une "réaction en chaîne" dont les effets peuvent, et c'est presque toujours le cas, occasionner la perforation, par combustion ou par fusion, de l'enveloppe séparant l'oxygène de la paroi extérieure. On désigne par "inflammation spontanée", l'amorçage et le développement de cette combustion sans cause apparente et sans apport d'énergie venant de l'extérieur.

Les tubes utilisés dans la confection des canalisations d'oxygène sont généralement en acier non allié à faible teneur en carbone, matériau qui s'enflamme lorsque les conditions requises de température et de pression sont réalisées. Ceci étant, il a été reconnu indispensable de mieux connaître les causes susceptibles d'amorcer la combustion dans l'oxygène de ces tubes. Il fut généralement admis que des poussières déplacées par le gaz peuvent être portées à des températures élevées et dangereuses par leur percussion ou leur frottement sur la paroi interne des tubes et être par la même capables d'amorcer l'inflammation de celle-ci. Afin de remédier à ce risque, la vitesse maximale de la veine gazeuse fut limitée dans certains pays, le nettoyage des tubes fut effectué avec soin et tout fut mis en oeuvre pour diminuer le nombre et l'importance des obstacles en contact avec le fluide. L'expérience acquise au cours du

développement intensif de ces distributions semble avoir montré l'intérêt de ces dispositions, car dans différents pays, l'analyse d'inflammations spontanées survenues en exploitation ne paraît pas avoir montré que celles-ci avaient pour origine les canalisations proprement dites. Par contre, la même analyse a montré que les inflammations spontanées prenaient toujours naissance dans les organes montés sur les conduites. Par ailleurs, les incidents rencontrés en exploitation ont mis en évidence deux phénomènes significatifs :

- lorsque des conduites se sont rompues pour des causes extérieures, les vitesses engendrées par l'échappement de l'oxygène à l'air libre, bien que très élevée, n'ont pas été capables de provoquer des inflammations à l'endroit de la rupture;
- lorsqu'un organe a été le siège d'une inflammation spontanée, il renfermait toujours des matières organiques (*).

Cette dernière constatation est logique, car les nombreux travaux sur le comportement d'un nombre important de ces matières organiques en présence d'oxygène sous pression ont effectivement montré, d'une façon irréfutable, que :

- leurs températures d'inflammation sont nettement plus faibles que celles des métaux et de leur alliage;
- leurs chaleurs de réaction sont plus élevées que celles des matériaux métalliques.

(*) Par "matières organiques" il faut entendre les matières plastiques thermodurcissables, les élastomères, les résines et les lubrifiants spéciaux.

A partir de ceci, on conçoit aisément que pour un organe utilisant des matières organiques, ce sont avant tout celles-ci qui diminueront la capacité de résistance de l'organe vis-à-vis des causes susceptibles d'amorcer son inflammation spontanée, et qui aggraveront les effets de cette dernière une fois amorcée. Autrement dit, la présence de matières organiques favorise l'amorçage et le développement d'une inflammation spontanée.

Sans vouloir entrer dans tous les détails de l'étude théorique et pratique du phénomène d'inflammation spontanée, détails qui sortiraient du cadre de ce document, il faut retenir :

- Une inflammation ne peut se produire que si un matériau combustible est porté à sa température d'inflammation.
- Une inflammation est d'autant plus facile à amorcer, que la température d'inflammation et la conductibilité thermique des matériaux combustibles (organiques et métalliques) sont faibles.
- La propagation d'une inflammation est facilitée et, par là même, ses effets seront d'autant plus importants, si les matériaux combustibles ont :
 - une grande vitesse de combustion,
 - un pouvoir calorifique élevé,
 - une masse importante,
 - une mauvaise conductibilité thermique,
 - des produits de combustion qui n'entravent pas leur contact intime avec l'oxygène.
- Par l'intermédiaire de matières organiques, l'échauffement et la combustion d'un matériau de très faible masse peuvent provoquer la fusion et la combustion de masses métalliques importantes.

5. - Les causes d'inflammation des organes

Le chapitre précédent montre que dans une conduite d'oxygène, celui-ci est en contact direct avec des matériaux plus ou moins combustibles et que l'inflammation de ces derniers ne se produira que si un apport suffisant d'énergie amorce la réaction. Cet apport d'énergie peut avoir des origines différentes, provenir de plusieurs causes.

La majeure partie des causes susceptibles de provoquer la combustion des matériaux d'une canalisation peuvent être considérées comme identifiées et admises par les techniciens spécialisés.

Ce qui au contraire n'est pas encore bien connu et déterminé, c'est la prépondérance d'une cause par rapport à d'autres, lorsqu'elle coexiste avec ces dernières.

Six catégories de causes ont été retenues, à savoir :

- les causes physiques,
- les causes chimiques,
- les causes physico-chimiques,
- les causes électro-physiques,
- les causes électro-chimiques,
- les causes extérieures.

Les causes d'inflammation ont été analysées en annexe du document sur les organes de sectionnement et de réglage. Un nouveau document traitant uniquement des causes d'inflammation a été préparé.

Il est important de noter que pour la plupart de ces causes, il faut la présence simultanée de matières organiques et de poussières pour obtenir l'inflammation.

La présence de matières organiques résulte de la technologie des organes d'exploitation, d'assemblage, de contrôle ou de sécurité (meilleure étanchéité, fonctionnement plus souple).

Les poussières proviennent des unités de production d'oxygène, mais surtout des conduites, car en dépit du nettoyage poussé de celles-ci, on ne peut être sûr d'avoir retiré tous les dépôts de calamine et de rouille.

Affirmer à priori qu'une canalisation d'oxygène peut être parfaitement propre est un point de vue idéaliste.

6. - Les pressions de transport de l'oxygène

Les canalisations d'alimentation, c.-à-d. celles qui relient les unités de production d'oxygène aux complexes sidérurgiques sont à des pressions variables, dépassant rarement 40 bar dans l'état actuel de la technique.

Les canalisations de distribution, c.-à-d. celles qui répartissent l'oxygène aux différents utilisateurs d'un complexe sidérurgique ont des pressions de valeurs diverses, mais ne dépassant pas, le plus souvent, 15 bar.

Il en résulte qu'il est logique de ne retenir que deux classes de pression :

0 - 15 bar

15 - 40 bar.

Le document sur les organes de sectionnement et de réglage mentionne quatre classes de pression:

- 0 - 1 bar
- 1 - 15 bar
- 15 - 40 bar
- 40 - 64 bar

Mais, les pressions inférieures à 1 bar ne concernent que les gazomètres des usines de production et certains réseaux particuliers, tandis qu'il n'existe pas d'installation d'oxygène en sidérurgie fonctionnant à plus de 40 bar, sauf bien entendu, celles alimentées par des bouteilles individuelles ou groupées ou des installations de remplissage des bouteilles.

C'est pourquoi les quatre classes antérieures ont été ramenées à deux.

7. - Recommandations générales relatives à la conception et à la construction des organes

- 7.1. - A l'intérieur d'un organe, l'écoulement de la veine d'oxygène peut se faire avec ou sans changement de direction et à pression sensiblement constante s'il existe des zones sans remous. Mais, dans le cas de changement de direction, il peut se créer des mouvements rotationnels capables de porter les poussières, éventuellement entraînées par l'oxygène, à des températures élevées, du même ordre que la température d'inflammation des matières organiques des garnitures.
- 7.2. - Ces mouvements rotationnels se produisent aussi bien dans les zones avec écoulement de gaz que dans les zones sans écoule-

ment. Il sont le mieux évités lorsque les zones sans écoulement sont le plus réduites possible, c'est-à-dire quand l'équipage mobile épouse au mieux la profil interne du corps de vanne, autrement dit lorsque le rapport entre le volume total interne de la vanne et le volume de l'équipage mobile est très réduit.

7.3. - Il convient d'admettre comme matériaux métalliques (sans ordre de préférence)

jusqu'à 40 bar : - les aciers au carbone allié ou faiblement allié
- les aciers inoxydables
- le cuivre et ses alliages (+)

jusqu'à 15 bar : - en plus des métaux cités ci-dessus, les fontes spéciales (fontes à structure sphéroïdale ou nodulaire).

7.4. - Les matériaux non métalliques utilisés dans les installations actuelles de transport ont été classés en 1966 par le groupe de travail.

Ce classement est le suivant:

- les élastomères à chaînes hydrocarbonées avec adjonction éventuelle de chlore ou d'azote (caoutchoucs synthétiques),
- les polyamides,
- les résines et élastomères fluorés et chlorofluorés,
- les compounds d'amiante et de liants (caoutchoucs synthétiques, résines) plus ou moins combustibles,
- les matières incombustibles et métalliques (++).

(+) Eventuellement, on peut admettre l'emploi d'alliages légers, moyennant certaines dispositions particulières visant à ne pas détruire la couche protectrice d'alumine.

(++) Eventuellement, on peut considérer l'amiante à moins de 2% de liant comme entrant dans cette catégorie.

Depuis lors, il est apparu que les élastomères à chaînes hydrocarbonées (copolymère de butadiène et de nitrile acrylique, polymère de chloroprène, etc.), les polyamides et les compounds d'amiante et de liants présentent des températures d'inflammation insuffisamment élevées.

Il en résulte que ces matières organiques doivent être prohibées, quelle que soit la pression, dans les organes de sectionnement et de réglage, de contrôle et de sécurité et ne peuvent être tolérées pour les organes d'assemblage que lorsque la pression ne dépasse pas 15 bar.(+)

- 7.5. - Les élastomères fluorés sont des copolymères de fluorovynilidène et d'hexafluoropropylène.

Les résines fluorées sont des polymères du tétrafluoroéthylène (PTFE) ou des polymères du monochlorotrifluoroéthylène (PTFCE).

Le groupe de travail estime que parmi les matières organiques seuls ces élastomères et résines fluorés doivent être utilisés, quelle que soit la pression jusqu'à 40 bar, car ils présentent des caractéristiques satisfaisantes (température d'inflammation élevée - entre 300 et 500° C - faible pouvoir calorifique - vitesse de combustion faible).

- 7.6. - La masse des matériaux non métalliques est, de toute façon, la plus faible possible. Signalons que des spécialistes estiment que pour un organe de sectionnement avec brides, mais sans son dispositif de commande, le rapport entre la masse des matériaux non métalliques et la masse des matériaux métalliques ne doit pas être supérieur à $\frac{1}{3.000}$.

(+) Il y a lieu de noter qu'en République fédérale d'Allemagne, les garnitures en compound d'amiante et de liant sont admises jusqu'à 40 bar, pour les organes d'assemblage et ce, dans certaines limites.

- 7.7. - La recommandation des points 7.4 et 7.5. ci-avant n'est pas applicable aux filtres car, de l'avis du groupe de travail, seuls les matériaux ininflammables (métaux et alliages frittés, feutres comprimés de métaux et alliages, tissus de verre désensimé et exempt de fibre animale, végétale ou synthétique), doivent être utilisés pour les éléments fil-trants.
- 7.8. - En régime établi, c.-à-d. dans les cas d'organes (autres que ceux d'assemblage) à leur pleine ouverture, les éléments en matériaux non métalliques ne font, en aucun cas, face à la veine gazeuse, qu'il existe ou pas de filtre sur l'installation. Cette recommandation est essentielle de l'avis du groupe de travail.
- 7.9. - Les éléments non métalliques auront une structure compacte et seront soigneusement encastrés, avec le minimum de jeu, dans des supports métalliques massifs conduisant bien la chaleur. Cette recommandation milite en faveur des alliages de cuivre ainsi que pour les alliages légers, moyennant certaines pré-cautions particulières.
- 7.10. - Lorsque des charges (métaux, alliages, fibres de verre ou de céramique) sont incorporées aux résines, il peut y avoir des phénomènes de décohésion sous contrainte mécanique. En cas d'emploi de tels matériaux, il y a lieu de prendre les pré-cautions adéquates, lesquelles ne peuvent être que de deux ordres:
- adaptation au problème particulier des charges dans les résines;
 - diminution des contraintes tenant compte de la forme de l'élément en résine, des charges et du support métallique de l'élément.

- 7.11. - Tous les enduits et colles utilisés en vue d'assurer l'étanchéité ou la fixation de deux éléments entre eux sont prohibés.
- 7.12. - Les parois métalliques internes des organes en acier allié ou faiblement allié subiront un traitement de surface en vue d'éliminer, d'une part, la présence de calamine et de rouille, d'autre part, la formation ultérieure d'oxydation (traitement de décapage mécanique ou chimique suivi, soit d'un dépôt métallique par voie électrolytique ou chimique, soit d'une phosphatation sèche).
- 7.13. - L'application de peinture ou de vernis est strictement prohibée.
- 7.14. - Tout élément d'un organe soumis à une pression différentielle ne pourra en aucun cas se rompre sous l'action de celle-ci. Sur un plan moins général, cette recommandation est essentielle pour les éléments de filtration. Pour ceux-ci, la pression différentielle est définie par la pression maximale en amont du filtre par rapport à la pression atmosphérique.
- 7.15. - Lorsque dans un organe, deux ou plusieurs éléments conducteurs peuvent être isolés entre eux par la présence de joints ou de garnitures en matière organique, ces éléments conducteurs sont ramenés au même potentiel électrique, par des dispositifs conducteurs appropriés, agissant en permanence.
- 7.16. - Le groupe de travail recommande que, dans toute la mesure du possible, si un organe de sectionnement (ou de réglage) est à commande manuelle:
- il ne pourra contenir aucune matière plastique s'il est en acier au carbone non allié ou faiblement allié ou en fonte spéciale;

- il ne pourra contenir les matières plastiques admises (résines et élastomères fluorés) que si tous ses composants sont en cuivre, alliages de cuivre ou aciers inoxydables (18/8 au minimum) et que si un écran de protection efficace est interposé entre le dispositif de commande et l'organe, et ce quelle que soit la distance entre le dispositif de commande et l'organe.

7.17. - Les organes de sectionnement ou de réglage commandés par énergie pneumatique, hydraulique ou électrique peuvent ne pas répondre à la recommandation du point 7.16. et ce, quelle que soit leur fréquence de manoeuvre, à condition de ne pas être situés à proximité d'un poste de travail ou d'une zone de circulation.

7.18. - Si un organe de sectionnement ou de réglage est commandé par énergie pneumatique, hydraulique ou électrique, toutes les dispositions sont à prévoir pour qu'en aucun cas, l'oxygène ne puisse s'infiltrer vers l'appareillage de commande.

7.19. - Le fluide moteur d'un organe commandé pneumatiquement ne pourra être l'oxygène, quelle que soit la pression de celui-ci (de service ou détendue), que si l'organe de commande (cylindre, roue dentée, crémaillère, piston) répond aux présentes recommandations.

7.20 - Les organes commandés manuellement (voir la recommandation du point 7.16.) devront être conçus et réalisés de manière que la liaison mécanique entre le dispositif de commande et l'obturateur ne présente qu'un jeu réduit, de l'ordre de 2 à 3/10 mm.

7.21.- L'ouverture de certains types d'organe de sectionnement peut être facilitée par l'équilibrage préalable des pressions agissant de part et d'autre de son obturateur. La conception,

la construction et la commande du robinet d'équilibrage seront conformes aux présentes recommandations.

- 7.22. - La mise hors pression d'un filtre ou d'un organe en vue de l'entretien ou de la réparation se fera toujours en aval de celui-ci. Le robinet utilisé dans le but d'assurer cette décompression répondra aux présentes recommandations et sera raccordé à la partie supérieure de l'élément tubulaire en aval du filtre ou de l'organe
- 7.23. - La fermeture non manuelle d'une vanne commandée à distance doit pouvoir se faire en cas de défaillance de l'énergie de commande. Cette recommandation est applicable, chaque fois que cela se peut.
- 7.24. - L'ouverture d'un organe de sectionnement ou de réglage doit toujours se faire lentement et ceci d'autant plus impérativement que l'organe en question débouche sur un élément de canalisation réduit ou sur un organe de volume réduit.
- 7.25. - Les organes en général, seront assemblés chaque fois que cela se peut, par soudage, soudo-brasage, ou brasage, sur les éléments tubulaires qui leur sont adjacents. Ces procédés non seulement éliminent la présence de matières organiques, mais suppriment tous les risques de fuite, s'ils sont bien mis en oeuvre (qualification du personnel et choix adéquat des métaux ou alliages de base et d'apport).
- 7.26. Lorsque des joints sont utilisés pour réaliser l'étanchéité des assemblages, ils seront en résines ou élastomères fluorés au-delà de 15 bar.(+)

(+) Voir renvoi du point 7.4.

En aucun cas, ils ne pourront pénétrer à l'intérieur des assemblages et être ainsi exposés au flux d'oxygène.

7.27. - Avant son montage sur une canalisation, tout organe sera soigneusement nettoyé et dégraissé par une méthode et avec un solvant appropriés. On se reportera à ce sujet au document sur le dégraissage des conduites et appareillages à l'oxygène. Cette propreté est à maintenir intacte pendant toutes les opérations de transport, de stockage et de montage. A cet effet, l'emploi des bouchons appropriés et l'usage généralisé de gants propres sont très fortement conseillés.

7.28. - La lubrification des organes est traitée dans un document spécial auquel le lecteur est prié de se reporter. Seuls sont admis les lubrifiants suivants:

- fluorés (polyétheralkylfluorés)
- chlorofluorés (polymères de monochlorotrifluoroéthylène)
- bisulfure de molybdène exempt de support gras,

à condition que:

- ces produits soient utilisés en faible quantité,
- qu'ils soient mis en oeuvre exclusivement par du personnel formé et qualifié.

8. - Recommandations relatives à l'implantation des organes

8.1. - Les organes seront implantés dans des endroits spacieux, bien ventilés et facilement accessibles, afin que le personnel puisse se soustraire dans le temps le plus court et par la voie la plus directe, des effets d'une inflammation, la fuite étant dans ce cas la première mesure de prévention.

A titre indicatif, l'expérience montre que dans la plupart des cas d'inflammation spontanée, le personnel dispose de peu de temps (quelques secondes) pour réagir et se mettre à l'abri.

- 8.2. - Cette recommandation élimine d'office tous les endroits confinés, mal aérés et entraîne comme conséquence que les installations doivent, sauf impossibilité, être situées à l'air libre, de préférence à un bâtiment si bien ventilé soit-il.
- 8.3. - Il importe que les aires sur lesquelles sont installés les équipements soient:
 - particulièrement bien dégagées, nettes en surface et débarrassées de tous objets inutiles;
 - le revêtement du sol ne pourra être combustible. Le béton convient particulièrement. Il ne sera pas admis de caniveaux, ni de canalisations au ras du sol.
- 8.4. - Il est préférable de clôturer les installations à ciel ouvert. Les issues de dégagement (et par là même les issues d'accès) seront nombreuses et situées le plus près possible des points estimés critiques. Elles seront aménagées de telle façon que, quel que soit l'endroit où l'inflammation se produit, le personnel puisse s'échapper sans devoir contourner ou enjamber les obstacles ou se glisser exagérément sous ceux-ci.
- 8.5. - Les issues de dégagement déboucheront sur des zones également libres et nettes d'obstacles sur au moins 15 m. de profondeur. Ces issues seront éclairées, même de jour. En effet, lorsqu'une perforation se produit, le dégagement de fumées rousses dues à la combustion de l'acier est

extrêmement abondant et peut empêcher le personnel de situer les issues. C'est pourquoi, il importe que lorsqu'une personne pénètre dans l'aire des installations, les issues soient parfaitement éclairées.

Les portes des issues de dégagement seront conçues de manière à empêcher la propagation du feu (portes "antipanique"). Elles devront pouvoir s'ouvrir, en toutes circonstances, par simple poussée, vers l'extérieur.

Des douches à fonctionnement automatique ou éventuellement des piscines ou baignoires seront installées aux endroits les plus judicieusement choisis.

- 8.6. - Toute intervention comportant ou pouvant comporter des risques sera faite par 2 hommes, l'un travaillant, l'autre observant et intervenant éventuellement s'il y a lieu.
- 8.7. - Les installations doivent, s'il y a lieu, être protégées des causes extérieures d'inflammation, par la mise en place d'écrans incombustibles.
- 8.8. - Les installations électriques voisines des installations d'oxygène seront "étanches", particulièrement soignées et contrôlées.
- 8.9. - Les installations électriques à haute tension seront éloignées des équipements pour oxygène (organes et canalisations). La distance sera telle que les courants induits seront négligeables.

9. - Recommandations relatives à l'exploitation

9.1. - L'ouverture complète d'un organe de sectionnement ou de réglage doit se faire lentement et ceci d'autant plus que le diamètre est élevé et que le volume à remplir est de faible capacité.

9.2. - Le nettoyage d'un filtre est une opération d'autant plus nécessaire que l'installation est neuve. Elle nécessite toujours un soin particulier, notamment pour éviter que des poussières déjà captées soient remises dans le réseau.

9.3. - Le resserrage d'organes quelconques sous pression est à éviter au maximum.

9.4. - Le personnel affecté à l'exploitation et à l'entretien des installations d'oxygène doit recevoir une formation professionnelle particulière et avoir une bonne connaissance de l'implantation des installations, de l'environnement et des issues de dégagement. Au programme doivent figurer non seulement les problèmes de sécurité en général, mais aussi et surtout ceux spécifiques à la sécurité sur les installations d'oxygène.

Dans le même ordre d'idées, le personnel chargé de la construction d'une installation doit recevoir une formation adéquate et en particulier sur les risques que le montage peut comporter, en rapport avec l'exploitation ultérieure.

9.5. - Tout travail d'entretien ne peut être confié qu'au personnel qui aura reçu la formation prévue ci-avant.

9.6. - Tout travail de réparation sur une installation ou un groupe d'installations ne peut se faire que si la canalisation d'alimentation ou de distribution est isolée de façon certaine.

Sont considérés comme répondant à cette recommandation:

- la présence d'un joint plein en amont du secteur considéré
- la fermeture et le verrouillage (à l'aide de cadenas par exemple) de deux vannes successives avec mise à air intermédiaire ouverte.

- 9.7. - Lors de toute opération de décompression, il sera particulièrement veillé à ce que le rejet de quantités plus ou moins importantes d'oxygène à l'atmosphère ne provoque pas de suroxygénation importante. La teneur de 26 % d'oxygène dans l'atmosphère ne peut en aucun cas être dépassée.
- 9.8. - Cette teneur sera contrôlée par des appareils adéquats.
- 9.9. - Le rejet à l'atmosphère se fait en un endroit et à une hauteur telle qu'il ne puisse provoquer ni accident, ni incendie.
- 9.10. - Toute opération nécessitant le rejet à l'atmosphère de quantités plus ou moins importantes d'oxygène ne pourra se faire qu'avec l'accord des services intéressés.
La décompression se fera à l'aide d'organes appropriés répondant aux présentes recommandations et non pas, par le desserrage de boulons, de brides ou de raccords.
- 9.11. - Les mesures préventives classiques relatives à l'oxygène (absence de corps gras, défense de fumer ou de faire un feu nu, de souder, etc) seront appliquées en permanence. Elles doivent tenir compte de tous les éléments susceptibles de créer des sources de chaleur et notamment de la circulation d'engins de locomotion à moteurs thermiques. Ce n'est que dans les cas spécifiquement autorisés que ces exigences pourront être assouplies. En pareil cas, les dispositions d'intervention seront éventuellement mises en place.

- 9.12. - La nature (oxygène) du fluide sera signalée par des inscriptions claires et bien situées aux portes d'utilisation. De plus, un repérage par les teintes conventionnelles sera réalisé sur les tuyauteries, complété de l'inscription "oxygène" aux endroits où une confusion avec d'autres tuyaux pourrait exister. La fonction de chaque organe sera clairement précisée.
- 9.13. - Le personnel d'exploitation et d'entretien des installations d'oxygène recevra par écrit l'ensemble des consignes de travail et de sécurité. Elles feront partie intégrante de la formation de ce personnel et seront de plus affichées en permanence.
- 9.14. - Dans la mesure où ces consignes s'appliquent au personnel d'autres services ou à un personnel de passage, elles seront clairement affichées en des endroits judicieusement choisis en fonction de l'expérience, de la situation et des circonstances locales ainsi que de l'importance de l'installation.
10. - Les organes de sectionnement et de réglage

Par organes de sectionnement et de réglage, on entend un robinet à obturateur commandé de l'extérieur, soit directement par volant, manivelle ou clé, soit à distance par rallonge, chaîne, tringlage, soit encore par servo-moteur.

C'est un appareillage capable de :

- autoriser le passage d'un débit;
- l'interrompre;
- le stabiliser entre des limites définies.

Les différents types d'organes susceptibles d'être utilisés pour l'oxygène sont examinés ci-après, en fonction des recommandations ci-avant.

10.1. - Robinet-vanne dit "vanne" dont les obturateurs appelés "vannes" ou opercules se déplacent parallèlement à leur siège et perpendiculairement à la direction du fluide (appelé antérieurement "organe à opercule proprement dit").

Ces vannes sont à simple ou double opercule avec dans chaque cas des sièges parallèles ou obliques.

Sur le plan du mécanisme de commande, on distingue la vanne à filetage intérieur (le filetage est soumis à l'action du fluide) et la vanne à filetage extérieur (le filetage n'est pas soumis à l'action du fluide).

La vanne à filetage intérieur (inaccessible sans démontage) ne peut être lubrifiée que par un responsable, ce qui diminue le risque de confusion. Ce risque est plus grand avec le filetage extérieur, car le lubrifiant est apparent.

Ce type de vanne présente un rapport volume corps de vanne sur volume obturateur relativement élevé, ce qui pousse à ne pas le conseiller.

Toutefois, lorsque le corps de vanne n'est pas cylindrique (ovoïde ou mieux plat), ce rapport diminue considérablement et en pareil cas, ce type de vanne peut-être recommandé.

10.2. - Robinet à piston (antérieurement appelé "organe à piston") caractérisé par un obturateur cylindrique ou piston coulissant suivant son axe entre deux garnitures d'étanchéité.

Cet organe présente l'inconvénient d'utiliser des masses relativement importantes de matières organiques et l'expérience confirme qu'il présente des risques. On notera toutefois que les inflammations spontanées sur ce type d'organe ont lieu à des pressions supérieures à 15 bar.

- 10.3. - Robinet à membrane (antérieurement appelé "organe à manchette") où l'étanchéité est obtenue par la déformation d'une membrane ou d'une manchette en élastomère.

La masse de l'élastomère étant importante, ce type d'organe est à conseiller.

- 10.4. - Le robinet à soupape (antérieurement appelé "organe à clapet") présente des obturateurs appelés soupapes, aiguilles, pointeaux ou clapets, qui se déplacent perpendiculairement à leurs sièges, ceux-ci étant parallèles ou inclinés par rapport à l'axe de la canalisation.

Pour qu'un tel organe soit valable, il faut essentiellement que la garniture d'étanchéité en matière organique soit montée sur le corps du robinet et non sur l'équipage mobile.

Il faut encore que le flux d'oxygène ne soit pas dirigé sur la matière plastique, mais bien sous l'équipage mobile.

- 10.5. - Robinet à tournant ou à boisseau (antérieurement "organe à boisseau") dont l'obturateur tournant percé d'un orifice se déplace par rotation autour de l'axe perpendiculaire à la direction du gaz. L'organe tournant peut-être cylindrique, conique ou sphérique.

Pour l'oxygène seul l'organe tournant sphérique est retenu, car contrairement aux deux autres il ne demande pas de lubrification.

Le robinet à boisseau sphérique jouit d'une grande faveur, par le fait qu'il est compact (le rapport volume vanne sur volume obturateur est le plus faible), de mécanisme simple et d'implantation aisée.

Sur le plan de la sécurité, un de ses avantages est de présenter des garnitures de faible masse, en retrait de la veine gazeuse, la vanne étant en position ouverte.

Certaines exécutions ne comportent que des matériaux métalliques. Primitivement conçu pour le sectionnement, ce type de robinet avec garniture métallique se développe comme organe de réglage.

10.6. - Robinet à papillon (antérieurement "organe à papillon") dont l'obturateur se déplace par rotation, autour d'un axe perpendiculaire à la direction.

Jusqu'à présent et dans la toute grande majorité des cas, ce robinet n'est pas étanche en position fermée. Des progrès récents ont permis de développer des garnitures métalliques ou non qui assurent l'étanchéité nécessaire.

Cet organe peut être retenu, moyennant la condition d'étanchéité, comme organe de sectionnement et de réglage pour l'oxygène.

Toutefois, il offre l'inconvénient de l'arête de l'organe d'obturation est directement soumise au passage du gaz qui, s'il est chargé en poussières, provoquera son érosion, risquant d'entraîner ainsi un manque d'étanchéité.

Ceci limite son emploi à un gaz particulièrement propre ou nécessite qu'il soit protégé par un filtre efficace.

10.7. - Il est rappelé que tous ces types d'organes doivent être équipés de manière à pouvoir être manoeuvrés lentement.

11. - Les filtres

Rappelons qu'une canalisation d'oxygène rigoureusement propre étant pratiquement impossible à obtenir, la sécurité d'exploitation et la bonne conservation des installations conduisent à retenir en des endroits préférentiels et bien choisis les poussières d'oxyde et de calamine et d'éventuels corps étrangers.

Les filtres remplissent cette fonction.

Les raisons qui militent en leur faveur sont:

- éviter l'érosion des obturateurs fixes et mobiles des différents organes, notamment ceux de réglage, pour lequel très souvent les vitesses de passages sont importantes, ainsi que ceux des organes de sectionnement pour maintenir leur bonne étanchéité en exploitation.
- empêcher que les poussières causent une inflammation spontanée en présence de matière organique.

Cette inflammation peut être provoquée:

- par effet Joule
- par percussion et incrustation
- par compression adiabatique.

Le document "Causes d'inflammation des organes dans l'oxygène gazeux" explicite les raisons de ces phénomènes.

Le document "Oxygène - filtres" fournit des recommandations au sujet de la conception, de la réalisation, de l'exploitation et de l'entretien des filtres.

12. - Les organes d'assemblage

Les organes d'assemblage peuvent présenter deux dangers.

- si la ventilation est insuffisante, une fuite à un organe d'assemblage peut entraîner la suroxygénation de l'atmosphère, laquelle est capable d'accélérer, voire d'engendrer la combustion de matières chaudes. La teneur de 26 % d'oxygène dans l'atmosphère ne peut en aucun cas être dépassée.
- si un organe d'assemblage utilise un joint d'étanchéité en matière organique, donc faiblement inflammable, une fuite d'oxygène peut être capable de provoquer l'inflammation spontanée de l'organe en portant par vibration le joint à sa température d'inflammation.

Les systèmes d'assemblage très élaborés sont extrêmement séduisants sur le plan de la sécurité, car il ne font appel à aucune matière organique. Mais il faut encore que leur exécution soit faite en suivant des règles de bonne pratique.

Ceci implique que:

- la conservation du bon état des éléments soit assurée, jusqu'au stade final de leur assemblage. Une stricte discipline de chantier est donc impérative.

- la réalisation de l'assemblage soit correcte, ce qui signifie que le personnel d'exécution soit qualifié et soigneux. Le document "Organes d'assemblage" fournit de plus amples informations sur ce sujet.

13. - Conclusion

La présence simultanée de poussières et de matières organiques constitue la cause essentielle des inflammations spontanées.

Les mesures prises pour éliminer les poussières avant (par nettoyage) et après (par filtration) mise en service ne sont pas totalement efficaces.

Puisque des poussières subsisteront, tout doit être mis en oeuvre pour que la masse des matières organiques admises soit réduite à un strict minimum ou mieux, que ces mêmes matières soient supprimées, car si leur pouvoir calorifique est relativement faible, leur combustion dégage néanmoins une quantité appréciable de chaleur. C'est là un point essentiel qu'il ne convient pas de perdre de vue.

Le transport et l'utilisation de l'oxygène gazeux nécessite à tous les stades, c'est-à-dire depuis le bureau d'étude jusqu'à l'exploitation et l'entretien, un personnel qualifié et conscient des conséquences que toute malfaçon pourrait entraîner. Une formation complète est donc indispensable à tous les niveaux et il appartient aux entreprises intéressées, sidérurgiques ou de montage, de prendre à ce sujet, les dispositions les plus appropriées et d'en surveiller la bonne application.

Annexe 1

Réglementation

Les dispositions réglementaires applicables en République Fédérale d'Allemagne et au Grand-Duché de Luxembourg aux organes des installations d'oxygène ont été publiées en annexe du document "Oxygène - organes de sectionnement et de réglage" de la Commission générale de la sécurité du travail dans la sidérurgie, paru en 1970.

Le lecteur intéressé voudra bien s'y reporter.

Annexe 2

Liste des documents relatifs à l'oxygène publiés dans le cadre des travaux de la Commission générale de la sécurité et de la salubrité dans la sidérurgie.

-
- Les organes de sectionnement et de réglage
 - Les organes d'assemblage
 - Oxygène - Filtres
 - Appareillages importants pour la sécurité
 - Réservoirs intermédiaires
 - Lubrification des organes
 - Dégraissage des conduites et organes
 - La conception, la construction, l'implantation et l'exploitation des organes des installations
 - Le poste de distribution de l'oxygène et de la lance à oxygène pour la coulée de la fonte au haut fourneau.

Membres du groupe de travail "Sécurité - Conduites à oxygène"
Mitglieder der Arbeitsgruppe "Arbeitssicherheit - Sauerstoffleitungen"
Membri del gruppo di lavoro "Condotte di ossigeno"
Leden van de werkgroep "Veiligheid - Zuurstofleidingen"

DEUTSCHLAND

A. Erenz Dr. Ing. Leiter des Technischen
 Aufsichtsdienstes
 Hütten- und Walzwerksberufsgenossenschaft
 43 Essen

O. Göller Dipl.-Ing. Berufsgenossenschaft
 der Chemischen Industrie
 85 Nürnberg

R. Dreissig Betriebschef
 August Thyssen-Hütte AG
 41 Duisburg-Hamborn

BELGIQUE

.....

FRANCE

H. Hermann Ingénieur au service thermique
 Wendel - Sidelor
 57 Knutange

Ph. Arragon Ingénieur à la direction technique
 Air liquide
 75 Paris VIIe

