



Prévention des risques en maintenance

Critères à intégrer
dès la conception des machines

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

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les Carsat, Cramif, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collègue représentant les employeurs et d'un collègue représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par la CNAMTS sur le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

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

© INRS, 2017.

Conception graphique et mise en pages : Patricia Fichou. Graphique : p. 9 © Atelier Causse.

Photos : p. 4 © 123rf/36clicks/hxzbzxy, p. 6, 15, 19, 23, 27, 52 © G. Kerbaol/INRS, p. 17 © 123rf/Kalinovsky, p. 25, 29, 33, 45 © G.J. Plisson/INRS, p. 35, 39 © V. Grémillet/INRS, p. 41 © P. Castano/INRS, p. 43, 46 © P. Delapierre/INRS.

Prévention des risques en maintenance

Critères à intégrer
dès la conception des machines

Sommaire

Jean-Alexandre Balberde (Cram île-de-France)
Jean-Christophe Blaise (INRS)
Christophe Bonnaud (Carsat Auvergne)
Christian Jacquelin (Carsat Alsace-Moselle)
Jean-François Lannurien (Carsat Bretagne)

Introduction	5
--------------	---

1

L'équipement de travail et la situation de travail	7
--	---

1.1. L'équipement de travail : un déterminant de la situation de travail	7
1.2. Le dialogue concepteur/utilisateur dans une démarche de co-conception	7

2

La maintenance	8
----------------	---

2.1. Approche globale : les contextes, les usages...	8
2.2. Les enjeux de la maintenance	9
2.2.1. Les enjeux économiques	9
2.2.2. Les enjeux humains et sociaux	10
2.2.3. Le contexte réglementaire	10

3

Les critères de conception des situations de travail des intervenants en maintenance	12
--	----

Fiche 1 Accès et traitement de l'information	15
Fiche 2 Accessibilité	19
Fiche 3 Aide au diagnostic	23
Fiche 4 Ambiances physiques de travail	27
Fiche 5 Consignation - Déconsignation	31
Fiche 6 Documentations techniques : dossier technique et notice d'instruction	35
Fiche 7 Mode de fonctionnement spécifique maintenance	39
Fiche 8 Positionnement des points de réglage et de maintenance	43
Fiche 9 Équipements hydrauliques et pneumatiques - Prévention des phénomènes dangereux	47

Pour en savoir plus	51
---------------------	----



Introduction

De nombreux accidents se produisent lors des activités de maintenance des équipements de travail. La maintenabilité n'est pas suffisamment prise en compte lors de la conception des machines. Elle contribue pourtant à améliorer la santé et la sécurité des opérateurs de maintenance, tout en optimisant la disponibilité de l'équipement lors de son exploitation.

Les activités de maintenance sont connues pour leur grande variabilité : variabilité des intervenants, variabilité des environnements mais aussi variabilité de l'objet à maintenir : machines spéciales ou standards, fixes ou mobiles, isolées ou faisant partie d'un ensemble, machines installées en couvert, en fosse, en aérien, etc.

Après avoir rappelé les principes de conception ainsi que le large périmètre des activités de maintenance et leurs enjeux, cette brochure présente neuf critères à prendre en compte à la conception d'un équipement de travail, afin de rendre les interventions de maintenance plus sûres. Comme dans toute démarche d'intégration de la prévention, l'estimation a priori des risques est le point clé de l'intégration des mesures de prévention pertinentes. Elle requiert l'analyse et la prise en compte de tous les modes de fonctionnement de la machine et de toutes les méthodes de travail (besoin d'accéder pendant le chargement/déchargement, le réglage, l'apprentissage, le changement ou la correction d'un processus, le nettoyage, la recherche de défauts...).





L'équipement de travail et la situation de travail

L'équipement de travail ne peut être considéré indépendamment des activités qui lui sont associées. Ainsi, il est important de positionner l'équipement, ou plus spécifiquement la machine, dans un contexte global de situation de travail. De même, l'activité de conception d'une machine ne peut s'abstenir de prendre en compte la variabilité des situations futures en maintenance. Pour cela, une collaboration étroite entre le concepteur et les futurs utilisateurs est primordiale.

► 1.1. L'équipement de travail : un déterminant de la situation de travail

L'équipement de travail est un déterminant important, mais un déterminant parmi d'autres de la situation de travail. Sa conception est naturellement en lien avec des déterminants externes, tels que le développement technologique, le marché, la réglementation, voire l'environnement socioculturel.

Mais elle est aussi déterminée par :

- les ressources en place : les qualifications et compétences réelles des personnels...
- les moyens autres mis en œuvre : type d'organisation du travail, relations professionnelles, ambiances physiques de travail, matières utilisées, procédés, processus, espaces, circulations de personnes et implantation des machines...

► 1.2. Le dialogue concepteur/ utilisateur dans une démarche de co-conception

Lors de son activité de conception, le concepteur doit prendre en compte l'ensemble des besoins des futurs utilisateurs, ainsi que les contraintes liées à leurs activités.

Les situations de travail à prendre en considération pour enrichir le cahier des charges ne se limitent pas à un fonctionnement nominal pour la production mais concernent l'ensemble des usages et de leurs contextes. Parmi eux, ne doivent pas être oubliés ou minorés les besoins liés à la maintenance de la machine. Aussi bien conçue que soit la machine, elle a en effet toujours besoin d'être maintenue et réglée.

L'utilisateur est à l'initiative du processus de conception par l'expression de son besoin et des usages attendus via le cahier des charges et c'est au concepteur de les prendre en compte lors de choix techniques.

Il est donc indispensable qu'il y ait un dialogue permanent entre concepteur et utilisateur tout au long du processus de conception, afin de s'assurer que les besoins et les usages sont toujours respectés et ce, jusqu'à la réception de la machine par l'utilisateur¹.

¹ Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail. Paris, INRS, ED 6231, 2016, 16 p.

La maintenance

La maintenance peut être appréhendée sous l'angle technico-économique, mais également sous l'angle de l'usage réel qui est fait de l'équipement, à savoir l'activité réelle de travail. C'est ce deuxième aspect qui doit être privilégié dans la prise en compte de la prévention des risques dès la conception.

➤ 2.1. Approche globale : les contextes, les usages...

La maintenance du point de vue normatif

La maintenance est définie comme « *ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise* » (§ 2.1 de la norme EN 13306, 2010).

La définition fait référence :

- à des biens, tels que machine, bâtiment, voirie, système informatique, etc.,
- à des actions :
 - techniques : dépannage, nettoyage, etc.,
 - administratives : gestion des stocks, traçabilité des interventions, etc.,
 - de management : stratégie de maintenance, gestion du personnel, intégration de la SST, etc.,
- au cycle de vie constitué par l'ensemble des phases de la vie de machine, de sa conception à son démantèlement,

- à des types de maintenance qui visent à maintenir (maintenance préventive) ou rétablir (maintenance corrective) le bien, dans un mode lui permettant d'accomplir la fonction pour laquelle il a été conçu (fonction requise),

- à la fonction requise, à savoir à ce que l'utilisateur attend de sa machine en termes de service donné mais aussi de qualité et de quantité produites.

La maintenance du point de vue de l'usage

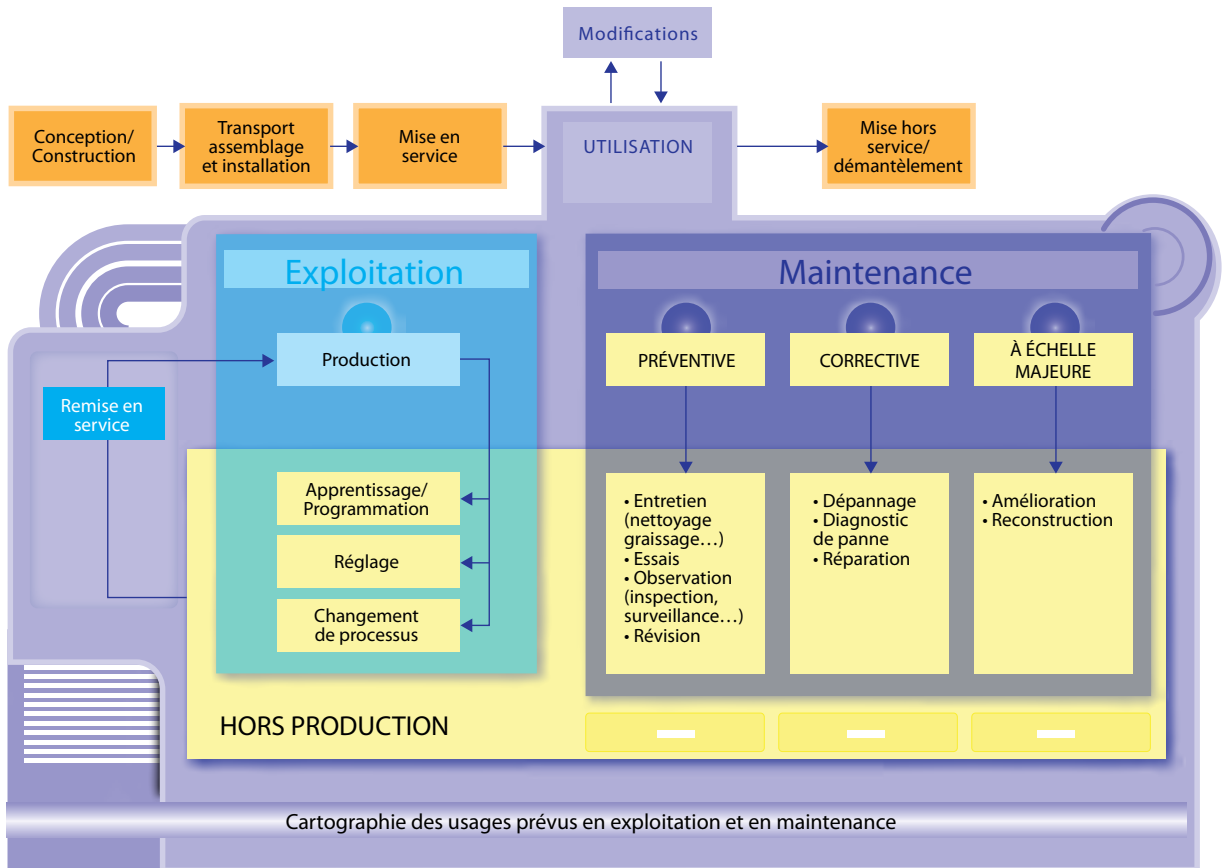
Par expérience, la fonction requise « par l'utilisateur » se réduit à l'essentiel des besoins fonctionnels et n'intègre généralement pas les critères de variabilité de mise en œuvre des activités de maintenance.

La figure 1 présente ces phases de vie et détaille la phase « utilisation » selon les usages en exploitation et maintenance, ainsi que les contextes correspondants. Elle montre un nombre varié d'usages prévus en maintenance. Ces usages doivent être identifiés et pris en compte lors de la conception de la machine, afin d'intégrer au mieux les mesures de prévention associées.

La norme NF EN ISO 12100 décline les principes généraux de conception pour chercher à intégrer la sécurité sur les machines. À cet effet, elle souligne notamment la nécessité de mettre en œuvre des modes de fonctionnement spécifiques pour certaines activités², en se fixant en outre pour objectif «...que les moyens prévus pour la

² Voir norme NF EN ISO 12100:2010, § 6.2.11.9 « Mode de commande prévu pour le réglage, l'apprentissage, le changement de processus de fabrication, la recherche de défauts, le nettoyage ou la maintenance ».

Figure 1 - Positionnement de la maintenance dans le cycle de vie d'une machine



protection des opérateurs de production puissent aussi assurer la protection des personnes chargées du réglage, de l'apprentissage, des changements de processus de fabrication, de la détection de défauts, du nettoyage ou de la maintenance, sans entraver l'exécution de leur tâche... »³. Elle rappelle même que « ...ces tâches doivent être identifiées et prises en considération lors de l'appréciation du risque comme des éléments de l'utilisation de la machine... ».

³ Voir norme NF EN ISO 12100:2010, § 6.3.2.4 « Cas où l'accès à la zone dangereuse est nécessaire pour le réglage, l'apprentissage, les changements de processus de fabrication, la détection de défauts, le nettoyage ou la maintenance ».

2.2. Les enjeux de la maintenance

La maintenance est une fonction essentielle de l'entreprise et doit être considérée sous l'angle des relations d'interdépendance fortes qui existent avec les volets économiques, humains et sociaux.

2.2.1. Les enjeux économiques

La réussite d'un projet d'acquisition passe par la maîtrise des aspects techniques et économiques de l'équipement et de l'environnement dans lequel il s'intègre. Toute machine, la plus fiable soit-elle, doit être maintenue. L'anticipation des situations de maintenance contribue à cette maîtrise.

Les enjeux de la mise en œuvre d'une stratégie de maintenance

La maintenance est une fonction essentielle de l'entreprise ; elle a pour mission d'assurer la pérennité de l'outil de travail, y compris en le faisant évoluer dans le temps. En s'appuyant sur la norme NF EN 13306, la stratégie de maintenance doit :

- assurer la disponibilité des machines au coût optimal,
- tenir compte des exigences de santé et de sécurité,
- tenir compte des répercussions sur l'environnement,
- améliorer la durabilité des machines et/ou la qualité des produits fournis.

L'impact économique de la stratégie de maintenance retenue s'évalue sur le long terme.

Les enjeux de la prévention des risques professionnels en maintenance

La phase de conception est le moment idéal pour intégrer les exigences liées aux futures activités dont celles de la maintenance. Évaluer les risques à cette étape et mettre en œuvre des actions de prévention contribueront à la maîtrise des risques professionnels, des temps et de la qualité des interventions futures de maintenance.

Toute action de prévention touchant la maintenance aura des influences sur les aspects techniques et économiques du projet d'acquisition.

Le gain d'usage d'une mesure de prévention

L'aspect économique ne se limite pas à l'analyse des seuls coûts d'acquisition et de maintenance. Dans une approche globale, l'analyse des risques professionnels mettra en évidence des coûts liés aux accidents du travail et aux maladies professionnelles prévisibles. Les gains notamment en matière de productivité devront aussi pouvoir être estimés.

La prise en compte des critères de maintenabilité, objet de cette brochure, contribuera à maîtriser les coûts et les risques professionnels liés aux activités de maintenance.

2.2.2. Les enjeux humains et sociaux

Les pannes et les défaillances sur les machines ou les installations sont sources de situations dangereuses, qui peuvent exposer les salariés à de nombreux risques susceptibles d'entraîner des accidents du travail parfois très graves. Ainsi, les risques liés à l'activité de maintenance proprement dite sont notamment ceux occasionnés par les énergies mises en œuvre, les contraintes temporelles, les produits utilisés, l'accès au poste de travail, les conditions d'intervention, la nature des opérations réalisées et, plus globalement, la variabilité des situations de travail. Les salariés exposés lors des opérations de maintenance, peuvent être aussi bien le personnel de maintenance, interne ou externe à l'entreprise, qui participe directement aux interventions, mais également les utilisateurs des machines, voire les tierces personnes présentes dans la zone d'intervention.

Ainsi, parce qu'elle a pour objectif de conserver en bon état de fonctionnement les biens constituant l'outil de production tout au long de leur cycle de vie, la maintenance des machines et des installations contribue, elle aussi, à préserver la santé et la sécurité des salariés au travail, ainsi que le climat social de l'entreprise : la maintenance est une fonction de régulation de la bonne marche de l'entreprise.

2.2.3. Le contexte réglementaire

La réglementation en matière d'équipements de travail distingue deux dimensions :

- celle relevant de la conception,
- celle relevant de l'utilisation.

La maintenance des équipements est à ce titre doublement concernée à la fois par la directive conception des machines 2006/42/CE et par les directives utilisation 89/391/CE (directive cadre) et 2009/104/CE (directive équipements de travail) dont les exigences sont, dans chaque cas, transposées dans le code du travail français.

L'impact de la réglementation machine en matière de maintenance pour les aspects liés à la conception

L'ensemble des obligations réglementaires sur l'intégration de la maintenance à la conception des équipements de travail est contenu dans l'article « Annexe 1 à l'article R 4312-1 » du code du travail. Cet article reprend « les règles techniques en matière de santé et de sécurité applicables aux machines neuves ou considérées comme neuves ». La maintenance (nommée « entretien » dans le texte mentionné) y est évoquée dans plusieurs paragraphes.

Les principes généraux rappellent que la détermination des règles techniques à appliquer, lors de la conception d'une machine, doit découler d'un processus itératif d'évaluation et de réduction des risques pour tous les usages de l'équipement.

Le principe fondamental d'intégration de la sécurité stipule que « *La machine est conçue et construite pour être apte à assurer sa fonction et pour qu'on puisse la faire fonctionner, la régler et l'entretenir sans exposer quiconque à un risque...* ». D'autres principes sont mis en exergue. Ils concernent notamment l'éclairage, les protecteurs et les dispositifs de protection, la consignation, l'accessibilité aux organes à maintenir, et sont repris et détaillés au chapitre 3 « Les critères de conception des situations de travail des interventions maintenances ».

Enfin, une partie importante du texte relatif à la maintenance des machines concerne la notice d'instructions contenant des informations primordiales pour les futurs utilisateurs.

L'impact de la réglementation machine en matière de maintenance pour les aspects liés à l'utilisation

L'employeur est tenu d'actualiser son document unique d'évaluation a priori des risques professionnels en y intégrant, avec une attention toute particulière, les activités de maintenance.

Trois points essentiels de la réglementation « utilisation » des équipements de travail invitent l'employeur à préciser cet aspect auprès du concepteur :

① « *Les équipements de travail, quel que soit leur utilisateur, sont maintenus en état de conformité avec les règles techniques de conception et de construction applicables lors de leur mise en service dans l'établissement, y compris au regard de la notice d'instructions* ». (Art. R 4322-1 du code du travail).

② « *Les équipements de travail sont installés, disposés et utilisés de manière à réduire les risques pour les utilisateurs de ces équipements et pour les autres travailleurs. Ils sont installés, ainsi que leurs éléments, de façon à permettre aux travailleurs d'accomplir les opérations de production et de maintenance dans les meilleures conditions de sécurité possibles* ». (Art. R 4323-7 du code du travail).

③ « *Les équipements de travail et leurs éléments sont implantés de telle sorte qu'ils ne s'opposent pas à l'emploi des outils, accessoires, équipements et engins nécessaires pour exécuter en toute sécurité les opérations de mise en œuvre et de réglage relevant de l'opérateur, ou les opérations de maintenance* ». (Art. R 4323-10 du code du travail).

Le respect des réglementations énoncées ci-dessus nécessite un rapprochement des aspects conception et utilisation, lequel est facilité par un dialogue suivi entre concepteur et utilisateur.

3

Les critères de conception des situations de travail des intervenants en maintenance

Les déterminants pour la prévention des risques professionnels en maintenance sont nombreux (voir le document INRS ED 123 « Maintenance : des activités à risque »). L'organisation regroupe une part essentielle de ces déterminants. Toutefois, certains peuvent être pris en compte dès la conception, plus particulièrement :

- les caractéristiques de la machine,
- l'implantation de la machine,
- les moyens supports à la maintenance de la machine.

Toutefois, il est important de ne pas dissocier totalement ces déterminants les uns des autres. Ne souhaitant pas privilégier une approche plutôt qu'une autre, les critères à prendre en compte sont présentés individuellement en soulignant les points clés de leur intégration dès la conception. Les principes d'intégration de la sécurité sont bien sûr à respecter (directive « Machines », norme ISO 12100) :

- mesures de prévention intrinsèque,
- mesures de protection,
- information pour l'utilisation.

Les critères ne s'inscrivent pas exclusivement dans l'une ou l'autre de ces types de mesures, mais pris dans leur intégralité, ils contribuent

à concevoir des situations de travail sûres pour les activités de maintenance. Aucune hiérarchie n'existe ; les neuf critères retenus sont tout simplement présentés par ordre alphabétique. Certains sont spécifiques à la maintenance, par exemple « consignation », d'autres sont des prescriptions plus générales, par exemple « prévention des phénomènes dangereux engendrés par les équipements hydrauliques et pneumatiques », mais qui doivent être appliquées aux activités de maintenance.

Les 9 critères sont présentés ci-après sous forme de fiches :

- Fiche 1** Accès et traitement de l'information.
- Fiche 2** Accessibilité.
- Fiche 3** Aide au diagnostic.
- Fiche 4** Ambiances physiques de travail.
- Fiche 5** Consignation - Déconsignation
- Fiche 6** Documentations techniques : dossier technique et notice d'instruction.
- Fiche 7** Mode de fonctionnement spécifique maintenance.
- Fiche 8** Positionnement des points de réglage et de maintenance.
- Fiche 9** Équipements hydrauliques et pneumatiques - Prévention des phénomènes dangereux.

Information

Accessibilité

Diagnostic

Ambiances
physiques

Consignation

Documentations
techniques

Fonctionnement

Points
de réglage

Équipements
hydrauliques et
pneumatiques

Maintenance intégrée



FICHE 1

Accès et traitement de l'information

► Définition

Les dispositifs d'accès et de traitement de l'information permettent la communication entre l'homme et la machine.

Ces dispositifs peuvent par exemple être constitués de messages tels que des textes, des mots, des signes, des signaux, des symboles, des diagrammes, utilisés séparément ou associés entre eux pour transmettre des informations à l'opérateur qui utilise des organes de service pour agir sur la machine qui, en retour, lui fournit des informations.

► Objectif(s)

Fonctionnel et Sécurité

Ces dispositifs doivent se rapprocher de systèmes interactifs, c'est-à-dire selon la norme ISO 9241-210:2010, de combinaisons d'éléments matériels et de logiciels qui échangent des données en provenance et en direction d'un utilisateur, afin d'aider celui-ci à accomplir sa tâche. Ils lui permettent en effet d'avoir ou de rechercher les informations utiles et nécessaires pour effectuer son intervention en sécurité, sans contraintes physique ni mentale, via des moyens de supervision et de commande adaptés.

► Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

Le choix (ou la conception) des dispositifs, pour l'accès et le traitement des informations pour l'utilisation, fait partie intégrante de la conception d'une machine. Les activités de maintenance sont elles aussi concernées par ces dispositifs car elles nécessitent de plus en plus le recours à des informations spécifiques concernant la machine. Comme le souligne la fiche n° 2 « Aide au diagnostic », certains dispositifs leur sont même dédiés. Les prescriptions décrites ci-après, bien qu'elles ne soient pas propres à l'activité de maintenance, peuvent couramment concerner les opérateurs de maintenance.

Les informations nécessaires à la conduite ou à la maintenance d'une machine ne doivent pas prêter à équivoque, et être faciles à comprendre (par exemple sous forme de symboles ou de pictogrammes). Elles doivent être exprimées dans une langue comprise par les opérateurs. Elles ne doivent pas être excessives au point de surcharger l'opérateur.

Les écrans de visualisation, ou tout autre moyen de communication interactif entre l'opérateur et la machine, doivent être faciles à comprendre et à utiliser.

Les dispositifs d'avertissement doivent être conçus et placés de manière à pouvoir être facilement contrôlés. L'attention des concepteurs est attirée sur le risque de « saturation sensorielle » résultant d'un trop grand nombre de signaux visuels et/ou sonores, qui peut aussi conduire à la neutralisation des dispositifs d'avertissement.

Il convient que les informations inscrites directement sur la machine soient permanentes et restent lisibles pendant toute la durée escomptée de la vie de la machine.

Des signes ou avertissements écrits, limités au seul message « danger » ne doivent pas être utilisés.

Dans la conception de l'interface entre la machine et l'opérateur, une attention particulière doit être apportée aux points suivants :

- toute information nécessaire à l'exécution de la tâche de travail doit être mise à la disposition de l'opérateur.
- les affichages et les signaux doivent être conçus pour être compatibles avec les caractéristiques de perception humaine et avec les tâches à exécuter ;
- en cas d'utilisation d'un système interactif, les icônes, symboles et commandes doivent être homogènes dans leur aspect et leur fonction ;
- les déficiences visuelles. La couleur n'étant pas forcément le seul moyen de codage, elle doit être complétée par d'autres aspects tels que la forme, l'emplacement ou du texte ;
- les capacités auditives. Dans les environnements bruyants, il convient de prendre en considération des signaux autres que les signaux acoustiques.

Outre les principes ergonomiques devant être respectés lors de la conception du système homme/machine, la norme NF EN 894-1 donne des indications sur les méthodes qui peuvent être utilisées pour appliquer ces principes aux dispositifs de signalisation et aux organes de service, notamment :

- une simplification des tâches de l'opérateur,
- un positionnement des marques d'identification, sur ou à proximité des dispositifs de commande auxquels ils sont associés de façon à être visible par l'opérateur ,
- une disponibilité de l'information sur l'état du système à la demande de l'opérateur : accessibilité visuelle à l'information.



► Bibliographie

- ISO 9241-210:2010 – Ergonomie de l'interaction homme-système. Partie 210 : conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs.
- NF EN 894-1+A1:2008 – Sécurité des machines. Exigences ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de service. Partie 1 : principes généraux des interactions entre l'homme et les dispositifs de signalisation et organes de service.





FICHE 2

Accessibilité

► Définition

L'accessibilité se caractérise par la possibilité pour l'opérateur muni des moyens nécessaires :

- d'atteindre avec un minimum de contraintes physiques et psychologiques un équipement, un sous-ensemble, un élément,
- de disposer de l'espace requis pour y exécuter l'intervention prévue,
- d'avoir la force : physique suffisante pour effectuer les tâches manuelles prévues,
- de pouvoir voir directement et sans gêne ce qu'il fait.

Les moyens nécessaires à l'intervention comprennent les outils, les appareils de mesure, les pièces de rechange, les moyens de manutention, les EPI...

► Objectif(s)

Fonctionnel

Une bonne accessibilité permet :

- des gains de temps sur la durée des interventions de maintenance, que ce soit en préventif ou en correctif,
- une amélioration de la qualité des interventions : pas besoin de « déposer » inutilement des éléments de la machine pour accéder à la zone d'intervention ; les réglages des pièces changées sont plus simples et plus précis,
- etc.

Santé – Sécurité

L'accessibilité aux zones d'intervention contribue à la préservation de la santé et la sécurité des opérateurs de maintenance, notamment en réduisant les risques de chocs avec les parties de la machine dans la zone d'intervention, les TMS dus à des postures de travail contraignantes et des efforts importants (angles des poignets et des coudes, travail au sol ou bras en l'air...). Il est nécessaire pour cela de :

- rendre possible les interventions les plus fréquentes en dehors des zones dangereuses,
- faciliter l'accès aux éléments à maintenir,
- permettre des postures de travail plus « confortables » et des efforts réduits.

► Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

L'accessibilité physique prend en compte les éléments qui suivent.

L'existence de moyen d'accès aux zones d'intervention :

- la maintenance doit être accomplie de plain-pied,
- lorsque cela n'est pas possible, la machine doit être munie de plates-formes, d'escaliers ou d'autres moyens incorporés à sa structure, permettant d'accéder en sécurité aux endroits où s'effectue la maintenance (EN 14122-1 à 4 : moyens d'accès permanents aux machines) ;

Nota

Il convient de veiller à ce que les plates-formes ou escaliers ne donnent pas accès à des zones dangereuses de la machine.

Les dimensions des passages et des zones de travail pour les personnes et les moyens d'intervention :

- afin de satisfaire à l'objectif d'atteinte à un équipement, un sous-ensemble ou un élément, avec un minimum de contraintes, les normes anthropométriques doivent être utilisées pour le dimensionnement des accès et zones de travail : EN 547-1 à 3 (orifices d'accès – dimensions de passage) ; EN ISO 14738 (anthropométrie) ; EN ISO 7250-1 et 2 (base anthropométrie) ;
- afin de pouvoir évacuer de sa zone de travail une personne dans l'impossibilité de se mouvoir seule.

Les efforts physiques à exercer pour effectuer la tâche de maintenance (EN 1005-1 à 4 : performance physique humaine – sécurité des machines) :

- l'exercice d'efforts physiques doit être réduit le plus possible,
- les tensions musculaires statiques prolongées doivent être évitées,
- des auxiliaires mécaniques doivent être prévus lorsque les efforts à maintenir ne sont pas compatibles avec les performances physiques humaines,
- la répartition des masses des éléments à manutentionner manuellement doit être équilibrée.

L'éclairage dans la zone de travail :

- pour permettre aux personnes d'exécuter les tâches visuelles avec efficacité et précision, un éclairage approprié doit être assuré. Dans ce but, la norme NF EN 12464-1 sur l'éclairage des lieux de travail intérieurs doit être utilisée.

Nota

Se référer également à la fiche n° 4 « Ambiances physiques de travail ».

L'aptitude à la pose/dépose des organes ciblés, qui se caractérise par :

- un nombre de liaisons, le plus faible possible, n'exigeant pas, lors des interventions, des réglages longs et délicats,
- un nombre de types différents de liaisons le plus réduit possible, pour limiter le nombre d'outils à utiliser,
- une présentation des éléments facilitée par l'emploi de systèmes de guidage (trous et tétons de centrage, rails de guidage...),

- des déplacements simples pendant la présentation et le dégagement (un minimum de changement de direction est requis),
- la mise en place de détrompeur pour éviter les possibilités de montage dangereux,

La démontabilité des éléments et sous-ensembles internes nécessaires

à l'accès aux opérations à effectuer :

- les éléments démontables conçus dans ce but pour accéder à la zone de travail (portes de visite, capots...) doivent être équipés de systèmes d'accouplement :
 - à manœuvres rapides,
 - imperdables,
 - ne justifiant pas l'emploi d'outillage complexe ou particulier.

Bibliographie

- NF EN ISO 14122:2007 – Sécurité des machines. Moyens d'accès permanents aux machines :
Partie 1 : choix d'un moyen d'accès fixe entre deux niveaux.
Partie 2 : plates-formes de travail et passerelles.
Partie 3 : escaliers, échelles à marches et garde-corps.
Partie 4 : échelles fixes.
- NF EN 547-1/IN1:2008 – Sécurité des machines. Mesures du corps humain :
Partie 1 : principes de détermination des dimensions requises pour les ouvertures destinées au passage de l'ensemble du corps dans les machines.
Partie 2 : principes de détermination des dimensions requises pour les orifices d'accès.
Partie 3 : données anthropométriques.
- NF EN ISO 14738:2008 – Sécurité des machines. Prescriptions anthropométriques relatives à la conception des postes de travail sur les machines.
- NF EN ISO 7250-1:2010 – Définitions des mesures de base du corps humain pour la conception technologique. Partie 1 : définitions des mesures du corps et repères.
- NF EN 1005-1:2008 – Sécurité des machines. Performance physique humaine.
Partie 1 : termes et définitions.
Partie 2 : manutention manuelle de machines et d'éléments de machines.
Partie 3 : limites des forces recommandées pour l'utilisation de machines.
Partie 4 : évaluation des postures et mouvements lors du travail en relation avec les machines.
- NF EN 12464-1:2011 – Lumière et éclairage. Éclairage des lieux de travail.
Partie 1 : lieux de travail intérieurs.



FICHE 3

Aide au diagnostic

► Définition

Le diagnostic se caractérise par la recherche de la cause de la défaillance à partir d'observations de symptômes (phénomène, caractère perceptible ou observable lié à un état ou une évolution) et à l'aide d'un raisonnement logique.

► Objectif(s)

Fonctionnel

L'aide au diagnostic permet :

- de trouver rapidement l'origine du défaut ou du dysfonctionnement et de le comprendre avant d'entreprendre toute intervention dans le cadre d'une maintenance corrective.
 - de pronostiquer les futures pannes dans le cadre d'une maintenance préventive conditionnelle.
- Elle peut s'étendre aux notions de connexions d'appareil de mesures, au-delà de la recherche de défaut, pour effectuer la surveillance de fonctionnement.

Sécurité

L'aide au diagnostic permet également de réduire l'exposition du personnel de maintenance aux phénomènes dangereux en évitant la neutralisation de dispositifs de protection pour la recherche de défaut (voir fiche n° 7 « Mode de fonctionnement spécifique maintenance »).

Nota

Dans le cas où le diagnostic est réalisé à distance (télémaintenance), les risques liés au (re) démarrage, à la consignation/déconsignation à distance doivent être pris en compte ainsi que la sécurisation du réseau et des liaisons informatiques.

► Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaires

Signaux et dispositifs d'avertissement

Selon la norme ISO 12100 (§ 6.4.3)¹, des signaux visuels tels que des lampes clignotantes, et des signaux sonores, tels que des sirènes, peuvent être utilisés pour avertir d'un événement dangereux imminent, comme la mise en marche ou la survitesse d'une machine. Ces signaux et dispositifs peuvent notamment être utilisés en maintenance et ainsi permettre l'analyse et le traitement de l'information (voir fiche n° 1 « Accès et traitement de l'information »).

Mise à disposition des listes de défaillances prévisibles

Selon la directive machines 2006/42/CE, la notice d'instructions doit notamment comporter des informations relatives à l'utilisation de la machine en ce qui concerne l'identification et la localisation des défauts, la réparation et la remise en marche après intervention... des dessins et schémas permettant au personnel de maintenance d'accomplir sa tâche de manière rationnelle (en particulier la recherche de défauts).

Points de mesurage – Repérage

Des mesures significatives de vérification devront pouvoir être effectuées en des points définis des circuits ; ces points de mesurage seront facilement accessibles et bien repérés, pour permettre la localisation rapide des défaillances. Les mêmes repères doivent figurer sur les schémas fonctionnels, les plans de câblage ou les instructions de maintenance de la documentation technique utilisateur. L'indication des renseignements nécessaires à l'utilisation de ces points de mesurage doit figurer dans les instructions de maintenance.

Existence de listes de vérifications logiques

Des tableaux de diagnostic, des matrices causes/effets constituent des éléments d'aide au diagnostic de l'utilisateur.

Interface logicielle

Le concepteur doit privilégier la facilité d'approche et de compréhension de l'utilisateur (langues, schémas, synoptiques, codification, structures programmes...).

¹ Pas initialement écrit pour la maintenance.



► Bibliographie

- Directive 2006/42/CE du 17 mai 2006 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L 157/24 du 9 juin 2006, pp. 24-86.
- NF EN ISO 12100:2010 – Sécurité des machines. Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque.





FICHE 4

Ambiances physiques de travail

► Définition

Les ambiances physiques de travail comprennent notamment le bruit, l'éclairage, la thermique, la qualité de l'air (poussières, toxiques...) et le rayonnement électromagnétique. Ces ambiances peuvent engendrer une gêne, un inconfort, un risque pour la santé ou, au contraire, contribuer à la réalisation du travail et améliorer son efficacité.

► Objectif(s)

Fonctionnel et sécurité

La prise en compte des critères d'ambiance physique de travail à la conception contribue à la réduction de l'exposition des intervenants de maintenance aux risques dus aux vibrations, au bruit, à la qualité de l'air, etc., dont les effets sont majoritairement mesurés à long terme (maladies professionnelles), ainsi qu'aux risques dus au froid à la chaleur, à l'inhalation de produits toxiques, le risque d'incendie et d'explosion, dont les effets sont visibles à court terme (accidents de travail).

De même, les ambiances physiques peuvent dégrader les conditions d'intervention (gêne lors de communication dans une ambiance bruyante, posture contraignante pour éviter une exposition...). En effet, l'efficacité des interventions de maintenance est fortement influencée par l'ambiance physique de travail, les observations doivent pouvoir être réalisées avec le moins de perturbations possible : l'analyse visuelle est souvent le premier outil et des conditions d'éclairage adaptées contribuent à la pertinence de l'analyse. Il en est de même de l'ambiance sonore dont le niveau le plus bas est contributif à un diagnostic pertinent et à une communication orale efficace.

Par ailleurs, de nombreux outils de diagnostic sont basés sur l'analyse vibratoire, les résultats seront d'autant plus fiables que le « bruit de fond » sera faible.

► Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

Concernant la prévention des risques d'exposition aux nuisances physiques, les textes réglementaires et de bonnes pratiques s'adressent essentiellement à l'utilisateur. Les prescriptions générales s'appliquant aux ambiances physiques de travail sont à respecter. Elles sont décrites dans le code du travail et des valeurs limites pour certaines d'entre elles y figurent. Concernant le bruit, les vibrations, les champs électromagnétiques et les rayonnements optiques artificiels, le document INRS ED 6128 propose une approche commune permettant d'avoir une vue d'ensemble des principales exigences.

La directive « Machines » recense les différents risques qui doivent être réduits en évitant leur génération (respectivement du § 1.5.5 au 1.5.13) : températures extrêmes, incendie, explosion, bruit, vibrations, rayonnements et émission de matières et de substances dangereuses.

Les opérateurs de maintenance sont potentiellement soumis aux mêmes nuisances que tous les utilisateurs de l'équipement. Les niveaux d'exposition peuvent toutefois être plus élevés : les intervenants de maintenance sont amenés à intervenir près des sources de dangers ou de nuisances lors d'opérations de surveillance ou de réglage en marche (voir fiche n° 8 « Positionnement des points de réglage et de maintenance »).

Les mesures de prévention de type « éloignement » pour les activités de production ne sont pas forcément adaptées aux activités de maintenance. À la conception de la machine, il faut privilégier les mesures de protection collective, par exemple, ventilation intégrée, sans oublier de prévoir les moyens de consignations des énergies, fluides, gaz dont inertage (voir fiche n° 5 « Consignation »).

Une particularité concerne les ambiances lumineuses de travail qui sont détaillées dans la fiche n° 2 « Accessibilité ».

Périodiquement, des accidents graves ou mortels surviennent lors d'interventions dans des espaces confinés (puits, fosses, regards, réservoirs, cuves, silos, canalisations...). Le document ED 6184 (voir bibliographie) présente une démarche pour prévenir les risques d'accidents dans ces espaces. À la conception, les volumes « morts » susceptibles de provoquer l'accumulation de produits doivent être supprimés.

L'activité de maintenance pouvant aussi apporter ses propres risques, le concepteur devra anticiper ces situations et mettre en œuvre des mesures de prévention adaptées.



Bibliographie

- ED 6128 – Réglementation nuisances physiques. Une approche commune. Paris, INRS, 2012, 44 p.
- ED 6030 – Le permis de feu. Paris, INRS, 2008, 12 p.
- ED 6184 – Les espaces confinés. Assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels intervenants. Paris, INRS, 2014, 25 p.
- ED 950 – Conception des lieux et des situations de travail. Santé et sécurité : démarche, méthodes et connaissances techniques. Paris, INRS, 2011, 152 p.





FICHE 5

Consignation - Déconsignation

► Définition

La consignation est une procédure de mise en sécurité, destinée à assurer la protection des personnes et des équipements contre les conséquences de tout maintien accidentel ou de toute apparition ou réapparition intempestive d'énergie ou de fluide dangereux sur ces équipements.

On entend par déconsignation l'ensemble des dispositions permettant de remettre en état de fonctionnement un équipement de travail préalablement consigné, en assurant la sécurité des personnes et des équipements.

► Objectif(s)

Une machine met en œuvre différents types d'énergie. Avant toute intervention de maintenance, il est nécessaire d'éviter tout risque lié aux énergies en présence. Pour cela, il est recommandé d'effectuer une consignation des énergies. Même si la consignation est mise en œuvre par les exploitants de la machine, le concepteur doit équiper sa machine de moyens techniques permettant cette consignation. Il doit également fournir aux futurs utilisateurs les instructions nécessaires à sa bonne réalisation.

► Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

Des équipements de travail mis à l'arrêt pour des opérations sont encore à l'origine d'accidents du travail aux conséquences souvent graves. Ces accidents sont dus au contact d'un ou plusieurs opérateur(s) avec :

- des pièces nues sous tension électrique ;
- des fluides sous pression (pneumatique, hydraulique, vapeur, produits chimiques dangereux...) ;
- des pièces mécaniques effectuant un mouvement imprévu.

Dans la majeure partie des cas, la victime se croit en sécurité par le seul fait que l'équipement de travail sur lequel est réalisée l'opération n'est pas en fonctionnement. Une situation dangereuse est créée par la confusion entre l'arrêt et le niveau de sécurité.

Les machines doivent être équipées de moyens techniques permettant leur consignation, qui résulte des actions suivantes :

- 1) séparation de la machine (ou d'éléments définis de la machine) de toute source d'énergie ;
- 2) condamnation (ou recours à un autre moyen d'empêcher l'actionnement) de tous les appareils de séparation ;
- 3) dissipation ou, si la dissipation est impossible ou impraticable, rétention (confinement) de toute énergie accumulée susceptible d'être à l'origine d'un phénomène dangereux ;
- 4) vérification, par des modes opératoires sûrs, que les mesures prises conformément à 1), 2) et 3) ci-dessus ont produit l'effet désiré.

À la conception, la machine doit être munie de dispositifs permettant de l'isoler de toutes les sources d'énergie. Ces dispositifs doivent être clairement identifiés. Ils doivent être verrouillables si la reconnexion risque de présenter un danger pour les personnes. Les dispositifs doivent être également verrouillables lorsque l'opérateur ne peut pas, de tous les emplacements auxquels il a accès, vérifier que l'alimentation en énergie est toujours coupée.

Après que l'alimentation a été coupée, toute énergie résiduelle ou stockée dans les circuits de la machine doit pouvoir être évacuée normalement, sans risque pour les opérateurs. Par dérogation à l'exigence énoncée aux alinéas précédents, certains circuits peuvent demeurer connectés à leur source d'énergie afin de permettre, par exemple, le maintien de pièces, la sauvegarde d'informations, l'éclairage des parties intérieures, etc. Dans ce cas, des dispositions particulières doivent être prises pour assurer la sécurité des opérateurs.

Concernant la prévention des phénomènes dangereux engendrés par les équipements hydrauliques et pneumatiques : se reporter à la fiche n° 9 « Équipements hydrauliques et pneumatiques - Prévention des phénomènes dangereux ».

En complément des dispositions techniques, la notice d'instructions doit contenir les procédures (modes opératoires) de consignation accompagnées des plans et schémas.

Important

Certaines interventions ne peuvent être réalisées en consignation des énergies ; des mesures doivent alors être prises pour que ces opérations puissent être effectuées en toute sécurité (se reporter à la fiche n° 7 « Mode de fonctionnement spécifique maintenance »).

Le recours à la consignation des énergies doit être un choix motivé par l'analyse du risque et donc de l'activité. Il s'inscrit dans une démarche globale de maîtrise des énergies.



Bibliographie

- Directive 2006/42/CE du 17 mai 2006 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L 157/24 du 9 juin 2006, pp. 24-86.
- ED 6109 – Consignations et déconsignations. Paris, INRS, 2014, 32 p.
- NF EN ISO 12100:2010 – Sécurité des machines. Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque.
- NF EN 1037+A1 – Sécurité des machines : prévention de la mise en marche intempestive (juin 2008).
- Securafim – Guide pour la sécurité des interventions de maintenance. Préconisations AFIM/ INRS pour la maîtrise des énergies :
http://www.afim.asso.fr/SST/securafim/afim_doc/Securafim_Guide.pdf.



FICHE 6

Documentations techniques

► Définition

Ensemble des documents réglementaires regroupant les informations relatives à toutes les phases de vie d'une machine.

► Objectif(s)

La **documentation technique** se compose du dossier technique et de la notice d'instructions.

Selon le considérant (24) de la directive machines, il est indispensable que le concepteur constitue un dossier technique de construction. Ce dossier doit démontrer que la machine est conforme aux exigences de la directive « Machine ». Il contient notamment une description des mesures mises en œuvre afin d'éliminer les dangers recensés ou de réduire les risques y compris ceux liés aux opérations de maintenance. Il contient également une indication des risques résiduels liés à la maintenance de la machine qui seront détaillés dans la notice instructions à destination des utilisateurs.

La notice d'instructions fournie par le fabricant avec la machine constitue un outil essentiel pour permettre aux employeurs d'appliquer les dispositions de mise en œuvre de la directive 2009/104/CE.

► Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

Dossier technique de construction (selon l'annexe 7 de la directive machine)

...« Le dossier technique comprend les éléments suivants :

(a) un dossier de construction contenant :

- une description générale de la machine,
- le plan d'ensemble de la machine, les plans des circuits de commande, ainsi que les descriptions et explications pertinentes nécessaires à la compréhension du fonctionnement de la machine,
- les plans détaillés et complets, accompagnés éventuellement des notes de calcul, résultats d'essais, attestation, etc., permettant de vérifier la conformité de la machine aux exigences essentielles de santé et de sécurité,

- la documentation sur l'évaluation des risques, décrivant la procédure suivie, y compris :
 - (i) une liste des exigences essentielles de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine ;
 - (ii) une description des mesures de protection mises en œuvre afin d'éliminer les dangers recensés ou de réduire les risques et, le cas échéant, une indication des risques résiduels liés à la machine ;
- les normes et autres spécifications techniques utilisées, en précisant les exigences essentielles de santé et de sécurité couvertes par ces normes,
- tout rapport technique donnant les résultats des essais effectués soit par le fabricant, soit par un organisme choisi par le fabricant ou son mandataire... ».

Notice d'instructions (§ 1.74.2 de l'annexe I de la directive « Machines »)

Chaque notice doit contenir, le cas échéant, au moins les informations suivantes (ne sont reportées ici que celles utiles pour la sécurité des opérations de maintenance) :

« e) les plans, schémas, descriptions et explications nécessaires pour l'utilisation, l'entretien et la réparation de la machine ainsi que pour la vérification de son bon fonctionnement ;

f) la description des postes de travail ;

Remarque auteurs

Les postes de travail relatifs aux opérations de maintenance doivent ainsi être recensés et décrits.

i) les instructions de montage, d'installation et de raccordement (notamment pour les énergies !), y compris les plans, les schémas, les moyens de fixation et la désignation du châssis ou de l'installation sur laquelle la machine doit être montée ;

Remarque auteurs

Ces instructions s'appliquent notamment pour les énergies.

k) les instructions concernant la mise en service et l'utilisation de la machine et, le cas échéant, des instructions concernant la formation des opérateurs ;

Remarque auteurs

La formation des opérateurs de maintenance est un élément indispensable à la future réalisation en sécurité des interventions. L'utilisation de la machine regroupe les activités de maintenance.

m) les instructions concernant les mesures de protection à prendre par les utilisateurs, y compris, le cas échéant, l'équipement de protection individuelle à prévoir ;

o) les conditions dans lesquelles les machines répondent à l'exigence de stabilité ;

Remarque auteurs

Notamment lors du démontage en maintenance.

p) les instructions permettant de faire en sorte que les opérations de transport, de manutention et de stockage soient effectuées en toute sécurité, en indiquant la masse de la machine et de ses différents éléments lorsqu'ils doivent régulièrement être transportés séparément ;

q) le mode opératoire à respecter en cas d'accident ou de panne ; si un blocage est susceptible de se produire, le mode opératoire à respecter pour permettre un déblocage en toute sécurité ;

r) la description des opérations de réglage et d'entretien que devrait effectuer l'utilisateur, ainsi que les mesures de prévention qui doivent être respectées ;

s) les instructions conçues afin que le réglage et l'entretien puissent être effectués en toute sécurité, y compris les mesures de protection qui doivent être prises durant ces opérations ;

Remarque auteurs

Les points r) et s) nécessitent de recenser l'ensemble des opérations de réglage et de maintenance.

t) les spécifications concernant les pièces de rechange à utiliser, lorsque cela a une incidence sur la santé et la sécurité des opérateurs ».

Autres documents

L'utilisateur doit pour sa part élaborer un ensemble de documents, réglementaires ou non ! « afin que les travailleurs disposent d'informations adéquates et, le cas échéant, de notices d'information sur les équipements de travail utilisés au travail » (article 8, directive « Utilisation »).

Par exemple, la norme NF EN 13460 recense tout un ensemble de documents utiles pour la réalisation en sécurité des interventions de maintenance :

- données techniques,
- manuel de mise en œuvre,
- manuel de maintenance,
- liste des composants et des pièces de rechange,
- plan d'installation,
- plan de détail,
- schéma de lubrification,
- schéma unifilaire,
- schéma logique,
- schéma électrique,
- plan des tuyauteries et des instruments.

Ces documents doivent s'appuyer sur la documentation fournie par le constructeur, notamment la notice d'instructions.

Bibliographie

- Directive 2006/42/CE du 17 mai 2006 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L157/24 du 9 juin 2006, pp. 24-86.
- Directive 2009/104/CE du 16 septembre 2009 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs au travail d'équipements de travail. *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L 260/5 du 3 octobre 2009, pp. 5-19.
- Guide pour l'application de la directive « Machines » 2006/42/CE – 2^e édition, juin 2010.
- NF X 60-200:2008 - Maintenance - Documentations techniques associées à un bien tout au long de son cycle de vie.
- NF EN 13460:2009 – Maintenance. Documentation pour la maintenance.
- Notices d'instructions des machines. Guide de rédaction. Edition CETIM, coll. « Les ouvrages du CETIM » 6D47, mars 2008.



FICHE 7

Mode de fonctionnement spécifique maintenance

➤ Définition

Mode de commande de la machine prévu à la conception pour assurer les opérations de maintenance nécessitant le maintien d'énergies.

➤ Objectif(s)

Certaines opérations de maintenance nécessitent que la machine fonctionne alors qu'un protecteur a été déplacé ou retiré et/ou qu'un dispositif de protection a été neutralisé. Le mode de fonctionnement spécifique permet à l'opérateur d'intervenir en sécurité.

➤ Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

Pour la sécurisation des zones dangereuses en phase de production, des protecteurs et/ou dispositifs de protection ont été choisis. Il faut toutefois veiller à ce qu'ils puissent permettre les interventions de maintenance.

« Si, pour certaines opérations, la machine doit pouvoir fonctionner alors qu'un protecteur a été déplacé ou retiré et/ou qu'un dispositif de protection a été neutralisé, il faut assurer la sécurité de l'opérateur en utilisant un mode de commande spécifique. Ce dernier doit simultanément :

- désactiver tous les autres modes de commande,
- n'autoriser la mise en œuvre des fonctions dangereuses que par des organes de service nécessitant une action maintenue,
- n'autoriser la mise en œuvre des fonctions dangereuses que dans des conditions de risque réduit tout en évitant tout danger découlant d'un enchaînement de séquences,
- empêcher toute mise en œuvre des fonctions dangereuses par une action volontaire ou involontaire sur les capteurs de la machine.

Si ces quatre conditions ne peuvent être remplies simultanément, le sélecteur de mode de commande doit activer d'autres mesures de protection conçues et construites de manière à garantir une zone de travail sûre. En outre, l'opérateur doit avoir la maîtrise du fonctionnement des éléments sur lesquels il agit ».

Les circonstances qui conduisent à ne pas pouvoir respecter les quatre conditions énoncées ci-dessus peuvent être liées par exemple à la nécessité d'observer le fonctionnement de la machine avec les caractéristiques d'un fonctionnement normal ; les protections mises places pour ce fonctionnement peuvent rendre inaccessibles la zone à observer. Dans ce cas il est nécessaire de neutraliser, des mesures de protection compensatoires doivent alors être mises en œuvre. Elles doivent être conçues et construites de manière à garantir une zone de travail la plus sûre possible. Des principes techniques sont donnés dans la brochure INRS ED 6129 (voir bibliographie).

Bibliographie

- Directive 2006/42/CE du 17 mai 2006 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L 157/24 du 9 juin 2006, pp. 24-86.
- Guide pour l'application de la directive Machines 2006/42/CE – 2^e édition, juin 2010.
- ED 6129 – Sécurité des machines. Modes de fonctionnement protections neutralisées. Paris, INRS, 2015, 28 p.
- ED 6122 – Sécurité des équipements de travail. Prévention des risques mécaniques. Paris, INRS, 2012, 88 p.
- Securafim – Guide pour la sécurité des interventions de maintenance. Préconisations AFIM/ INRS pour la maîtrise des énergies :
http://www.afim.asso.fr/SST/securafim/afim_doc/Securafim_Guide.pdf





FICHE 8

Positionnement des points de réglage et de maintenance

► Définition

Pour effectuer ces tâches, l'opérateur de maintenance doit intervenir en des endroits précis de la machine ou de l'installation. Il est donc important que, dès la conception, l'implantation et le positionnement de ces points de réglage soient particulièrement étudiés pour éviter de mettre en danger l'intervenant lorsqu'il effectue ces opérations.

► Objectif(s)

Fonctionnel

Le taux d'utilisation de la machine durant la phase de production peut être optimisé par le fait de positionner les points de réglage et de maintenance à l'extérieur des zones dangereuses. En effet, les interventions sont réalisées plus rapidement et à moindre coût car l'opérateur accède plus facilement aux points de réglage.

Santé – Sécurité

Le positionnement des points de réglage et de maintenance, hors des zones dangereuses de la machine, permet à l'opérateur d'effectuer des interventions plus facilement et en toute sécurité.

Les risques d'accidents sont ainsi réduits du fait de l'éloignement de l'opérateur des éléments de transmission et des éléments de travail de la machine. Par ailleurs, le regroupement des points de réglage et leur positionnement approprié contribuent :

- à concevoir un poste de travail adapté à la tâche de maintenance à réaliser, en prévoyant notamment l'emplacement nécessaire pour l'utilisation de moyens de levage, d'outils spécifiques...
- à limiter les déplacements, donc les risques de chutes,
- et à réduire les contraintes posturales, donc les risques de TMS.

► Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

La machine doit être conçue, construite et équipée de façon à limiter les interventions de maintenance.

Si l'intervention ne peut être évitée, celle-ci doit pouvoir être effectuée en toute sécurité :

- les points de maintenance, de graissage et de réglage doivent être si possible placés à l'extérieur des zones dangereuses de la machine en évitant toute position instable, pénible ou dangereuse de l'opérateur ;
- permettre l'accès à tous les emplacements où une intervention est nécessaire durant le fonctionnement, le réglage et l'entretien de la machine. Il convient cependant de limiter cet accès à la seule zone où le travail doit être réalisé ;
- les parties intérieures de la machine doivent être nettoyables sans avoir à y pénétrer.

Il est rappelé que le respect des principes ergonomiques s'applique non seulement à l'utilisation prévue de la machine mais également à son installation, son réglage, sa maintenance, son nettoyage, sa réparation, son démontage et son transport.

Aussi, l'objectif poursuivi consiste à concevoir des machines adaptées aux possibilités, aux limites et aux besoins de l'homme. Il demande une analyse des tâches que les opérateurs sont amenés à effectuer et des effets que la conception et son impact sur l'environnement (bruit, vibrations, etc.) sont susceptibles d'avoir sur la santé, la sécurité et le bien-être des opérateurs.

Les machines doivent être conçues en tenant compte de la variabilité des caractéristiques de l'opérateur, et notamment :

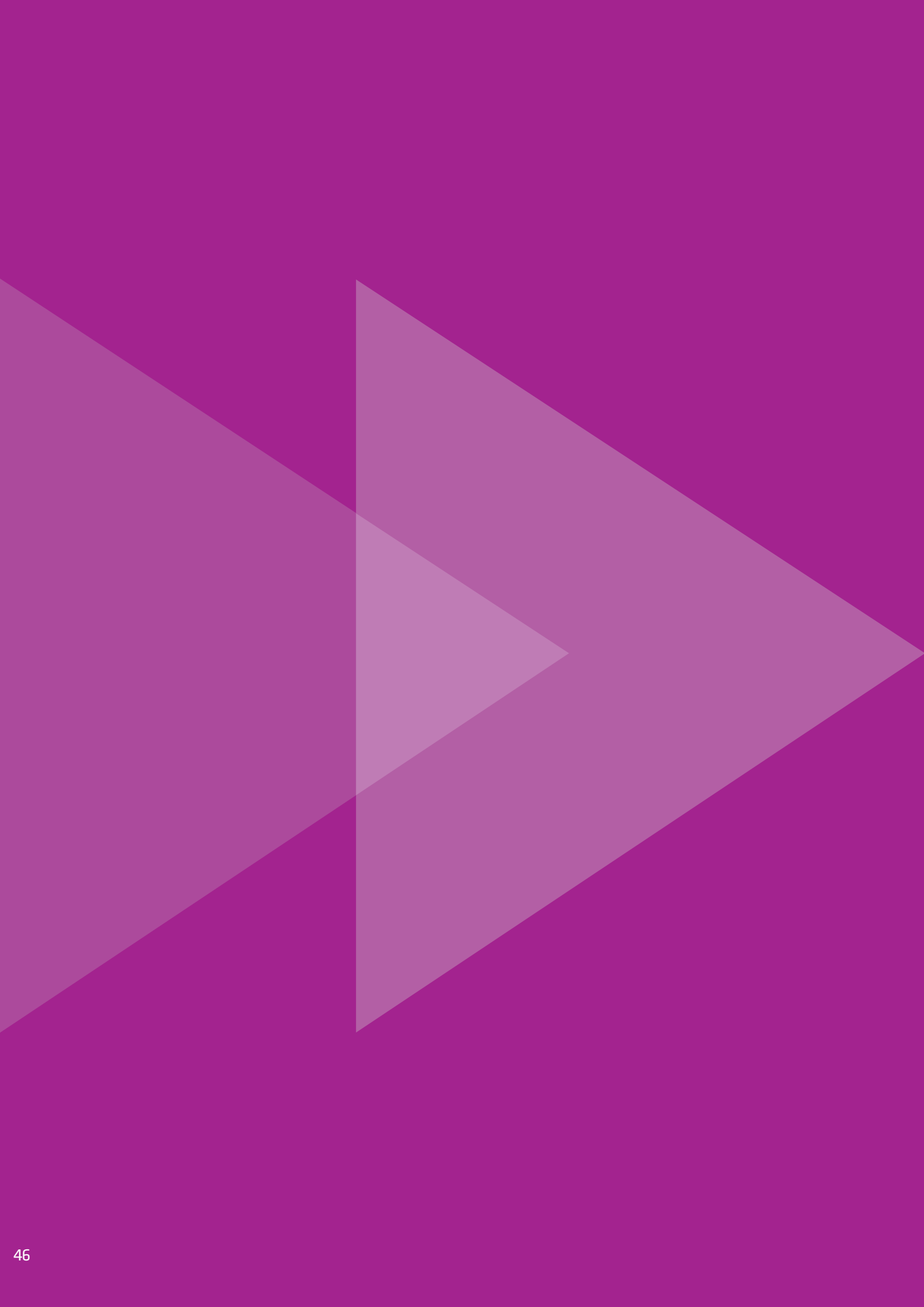
- des dimensions corporelles,
- des postures,
- des mouvements du corps,
- de la force physique,
- des capacités mentales.

Il faut en particulier prendre en compte les opérateurs de maintenance, car ils peuvent être amenés à accéder à des zones spécifiques présentant des risques particulièrement élevés pour la santé (voir fiche n° 2 « Accessibilité »).



► Bibliographie

- NF EN ISO 12100:2010 – Sécurité des machines. Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque.
- NF EN 614:2009 – Principes ergonomiques de conception 1. Terminologie et principes généraux.
- Directive 2006/42/CE du 17 mai 2006 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L 157/24 du 9 juin 2006, pp. 24-86.





FICHE 9

Équipements hydrauliques et pneumatiques - Prévention des phénomènes dangereux

► Définition

L'utilisation de fluides hydrauliques ou d'air comprimé, pour transmettre l'énergie aux éléments de travail des machines, s'est généralisée aussi bien sur les installations fixes industrielles que sur les machines mobiles, particulièrement dans les travaux publics.

► Objectif(s)

Fonctionnel

Les équipements hydrauliques et pneumatiques sont nécessaires au fonctionnement des machines.

Ils sont constitués de divers composants qui permettent notamment le conditionnement du fluide, son transport, la transformation et la transmission de l'énergie : fluides, composants de conditionnement, moteurs, pompes, vérins, accumulateurs, soupapes, distributeurs, joints et dispositifs d'étanchéité, purges, réservoirs, filtres, accouplements, raccords, manomètres, pressostats..., de flexibles, de conduites, de tuyauteries...

Santé – Sécurité

Compte tenu des niveaux de pression mis en œuvre sur les machines et installations (de quelques bars à plusieurs milliers de bars en hydraulique, généralement de 5 à 7 bars en pneumatique), les équipements hydrauliques et pneumatiques peuvent présenter des dangers pour les opérateurs de maintenance et sont donc susceptibles de provoquer des dommages sur le corps humain. Ces dommages (brulures, perforations, lésions diverses...) sont principalement liés :

- au niveau de la pression qui peut être libérée,
- à la partie du corps soumise à cette pression,
- aux caractéristiques physico-chimiques du fluide hydraulique (notamment la température qui peut être élevée),
- aux particules projetées sur le corps (résultant de la pression de l'air libéré).

Un opérateur peut être exposé à un fluide sous pression hydraulique ou pneumatique :

- lors d'une opération de maintenance nécessitant le maintien de la pression durant les phases de diagnostic, de réglage, de tests de fonctionnement, de recherche de fuites...,
- lors de la rupture d'un joint d'étanchéité, d'un raccord ou d'un flexible avec un éventuel fouettement de celui-ci,
- lors des interventions sur les circuits lorsque ceux-ci n'ont pas pu être purgés, soit par défaut de consignation, soit lorsqu'il y a présence de pression résiduelle due à une conception défailante.

Prescriptions techniques – Aspects normatifs et réglementaire

Les systèmes hydrauliques et pneumatiques destinés aux machines doivent être conçus et construits de sorte que les composants et les commandes soient installés à un endroit où ils sont facilement accessibles pour l'utilisation, le réglage et la maintenance, sans engendrer de phénomène dangereux.

Quel que soit le type de circuit de commande ou d'alimentation en énergie utilisé, les actions ou événements suivants ne doivent pas engendrer de phénomène dangereux :

- mise en circuit ou hors circuit,
- réduction de l'alimentation,
- coupure de l'alimentation,
- rétablissement de l'alimentation (volontairement ou non).

À noter que des précautions doivent être prises pour empêcher toute mise en marche intempestive du système.

Les équipements hydrauliques et pneumatiques des machines doivent être conçus de sorte que :

- la pression maximale admissible ne puisse pas être dépassée dans les circuits (par exemple au moyen de limiteurs ou de régulateurs de pression) ;
- aucun phénomène dangereux ne puisse résulter de variations ou d'une augmentation de pression, ni d'une chute de pression, de perte de charge ou de la réduction d'une dépression ;
- aucun jet dangereux de fluide ou mouvement brusque dangereux d'un tuyau flexible (coup de fouet) ne puisse résulter d'une fuite ou de la défaillance de composants ;
- les récepteurs pneumatiques, les réservoirs d'air ou les cuves similaires (par exemple dans les accumulateurs hydropneumatiques) soient conformes aux codes ou réglementations de conception qui leur sont applicables ;
- tous les éléments de l'équipement, et particulièrement les tuyauteries rigides et flexibles, soient protégés contre les agressions externes ;
- la séparation positive des sources d'énergie soit prévue. Le système doit faciliter la dissipation de la pression du fluide. Le rétablissement de l'alimentation après une séparation ou une dépressurisation ne doit pas provoquer de mouvements intempestifs (voir fiche n° 5 « Consignation – Déconsignation ») ;
- dans toute la mesure du possible, les réservoirs et cuves similaires (par exemple dans les accumulateurs hydropneumatiques) soient ramenés automatiquement à la pression atmosphérique lorsque la machine est séparée de sa source d'énergie et, si cela n'est pas possible, que des moyens soient prévus pour isoler ces réservoirs ou capacités et les mettre séparément à la pression atmosphérique, ainsi que pour indiquer la pression qui y règne ;

- tous les éléments qui restent sous pression, après séparation de la machine de sa source d'énergie, soient munis de dispositifs de mise à la pression atmosphérique clairement identifiés (voir fiche n° 5 « Consignation – Déconsignation »).

Le bruit et les températures en service des composants doivent être pris en compte lors de la conception des systèmes. Les émissions de bruit doivent être réduites au minimum à la source (par exemple, installation de silencieux sur échappement pneumatique...).

Si des fuites internes ou externes se produisent, elles ne doivent engendrer aucun phénomène dangereux.

Pour faciliter la maintenance, il convient de prévoir des moyens adéquats ou bien d'équiper les composants et tuyauteries de façon que leur dépose :

- réduise au minimum la perte de fluide,
- pour les machines fixes uniquement, ne nécessite pas de vidanger le réservoir,
- ne nécessite pas un démontage inutile des pièces adjacentes.

On veillera également en particulier :

- à identifier par un marquage approprié la nature et la pression des fluides véhiculés dans les tuyauteries, canalisations et flexibles,
- à fixer les tuyauteries souples à des éléments fixes, afin de limiter l'amplitude des fouettements en cas de déconnexion.

Bibliographie

- NF EN ISO 4413:2011 – Transmissions hydrauliques. Règles générales et exigences de sécurité relatives aux systèmes et leurs composants.
- NF EN ISO 4414:2011 – Transmissions pneumatiques. Règles générales et exigences de sécurité relatives aux systèmes et leurs composants.
- NF EN ISO 12100:2010 – Sécurité des machines. Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque.
- NF EN 1037+A1:2008 - Sécurité des machines : prévention de la mise en marche intempestive.
- Directive 2006/42/CE du 17 mai 2006 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L 157/24 du 9 juin 2006, pp. 24-86.



Pour en savoir plus

Productions INRS

- ED 123 – Maintenance : des activités à risques. Coll. Fiche pratique de sécurité, 2013, 4 p.
- ED 129 – Maintenance. Coll. Fiche pratique de sécurité, 2006, 4 p.
- ED 134 – Intervenir sur un équipement de travail : penser sécurité. Coll. Fiche pratique de sécurité, 2009, 4 p.
- ED 6038 – Intervention sur un équipement de travail. Réflexions pour la sécurité lors des arrêts. 2008, 24 p.
- DV 0384 – Des situations de maintenance. Séquences prévention (vidéo, 2009).
- DV 0391 – Napo dans... Attention maintenance ! (vidéo, 2011).
- ND 2166 – Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude exploratoire. *Hygiène et sécurité du travail*, 2002, 14 p.
- ND 2238 – Les accidents de travail liés à la maintenance. Importance et caractérisation. *Hygiène et sécurité du travail*, 2005, 14 p.

Campagne 2010-2011

Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail

<https://osha.europa.eu>

- Fiche d'information 88 – Une maintenance sûre. Des travailleurs en sécurité.
- Fiche d'information 89 – Une maintenance sûre pour les employeurs. Des travailleurs en sécurité. Economisez de l'argent.
- Fiche d'information 90 – Maintenance et SST. Un tableau statistique.
- Factsheet 96 – La maintenance sûre dans la pratique. Facteurs de réussite.

Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@carsat-am.fr
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@
carsat-aquitaine.fr
www.carsat.aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont République
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 76
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE - FRANCHE-COMTE

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre,
70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
46, rue Elsa Triolet
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 33 13 92
fax 03 80 33 19 62
documentation.prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drpcdi@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE-VAL DE LOIRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintraillles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@carsat-centre.fr
www.carsat-centre.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
37 avenue du président René-Coty
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
demande.de.doc.inrs@cramif.cnamts.fr
www.cramif.fr

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@carsat-lr.fr
www.carsat-lr.fr

Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,
74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 97 92
fax 04 72 91 98 55
preventionrp@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

DRPPS Service prévention, Espace Amédée Fengarol
Parc d'activités La Providence, ZAC de Dothémare
97139 Les Abymes - BP 486, 97159 Pointe à Pitre Cedex
tél. 0590 21 46 00 – fax 0590 21 46 13
risques.professionnels@cgss-guadeloupe.cnamts.fr

CGSS GUYANE

Direction des risques professionnels
CS 37015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret,
97704 Saint-Denis Messag cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

CGSS MARTINIQUE

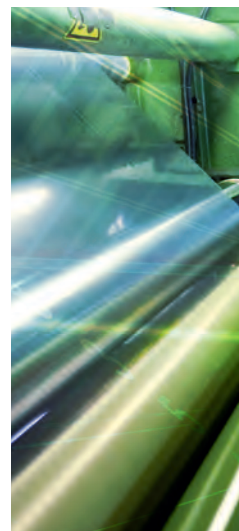
Quartier Place-d'Armes,
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

Cette brochure, à destination des concepteurs, identifie neuf critères de conception des situations de travail permettant de réduire les risques professionnels lors des interventions de maintenance. Ces critères concernent aussi bien la machine en elle-même (accès aux pièces d'usure, dispositifs de séparation des énergies...) que son environnement de travail (implantation de la machine, moyens nécessaires à l'intervention...).

En préalable, la brochure rappelle l'importance de la relation entre le concepteur et l'utilisateur :

- l'expression des besoins utilisateurs,
- la réception de la machine,
- les instructions liées à son utilisateur et la formation des opérateurs (appropriation).

À ce titre, elle s'adresse également aux utilisateurs comme outil à la rédaction d'un cahier des charges pour la maintenance et comme outil de dialogue en complément de la brochure INRS ED 6231 « Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail ».



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

Édition INRS ED 6270

1^{re} édition • mars 2017 • 3 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2285-4

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

www.inrs.fr

YouTube

