

Caisse Nationale de l'Assurance Maladie

des Travailleurs Salariés

Sécurité Sociale

Circulaire CNAMTS

Date :
14/06/88

Origine :
PAT

MM les Directeurs

des Caisses Régionales d'Assurance Maladie

Réf. :

PAT n° 1268/88

Plan de classement :

2610					
------	--	--	--	--	--

Objet :

DIFFUSION DE LA NORME E 61-115 "ROBOTS MANIPULATEURS INDUSTRIELS".

Les CRAM sont invitées à prendre connaissance de la norme E 61-115 relative aux exigences minimales de sécurité, applicables à la conception des robots manipulateurs industriels.

Pièces jointes :

0	2
---	---

Liens :

Date d'effet :

Date de Réponse :

Dossier suivi par :

Téléphone :

@

14/06/1988

MM les Directeurs
des Caisses Régionales d'Assurance Maladie

Origine :
PAT

N/Réf. : PAT n° 1268/88.
Direction de la Gestion du Risque - Division de la Prévention
des Accidents du Travail et des Maladies Professionnelles -
MO/ama.

Objet : Diffusion de la norme E 61-115 "Robots manipulateurs
industriels - Exigences minimales de sécurité applicables à la
conception

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint, un exemplaire de la norme
E 61-115 relative aux exigences minimales de sécurité applicables à la
conception des robots manipulateurs industriels.

Cette diffusion est destinée aux ingénieurs-conseils spécialistes des
machines utilisées dans les industries de la métallurgie et du bois, dont la
liste est jointe en annexe.

Pour le Directeur
le Responsable de la Division
Prévention des AT-MP

P. ZIMBERLIN

PJ : 2

@NV

CRAM de BORDEAUX	M SAUTOU
CRAM de CLERMONT FERRAND	M DOUILLET
CRAM de DIJON	M LE CINQ
CRAM de LILLE	M GRELLAT
CRAM de LIMOGES	M RUAULT
CRAM de LYON	M DARVES - BORNOZ
CRAM de MARSEILLE	M ROUVEYRE
CRAM de MONTPELLIER	M CHARRIER
CRAM de NANCY	M COLSON
CRAM de NANTES	M MUSCAT
CRAM de ORLEANS	M HUE
CRAM de PARIS	M GILLOT
CRAM de RENNES	M METAY
CRAM de ROUEN	M ARANDA
CRAM de STRASBOURG	M METZ
CRAM de TOULOUSE	M BARRERE

ROBOTS MANIPULATEURS INDUSTRIELS

EXIGENCES MINIMALES DE SECURITE
APPLICABLES A LA CONCEPTION
ET A LA CONSTRUCTION**Robots manipulateurs industriels, à poste fixe,
à commande point à point, d'espace de débattement
supérieur à 1,5 m³ et de masse nominale transportable
supérieure à 10 kg**

E : Manipulating industrial robots - Minimum safety requirements for design and construction - Manipulating industrial robots, stationary, with point-to-point control, a motion space exceeding 1,5 m³ and a rated transportable mass exceeding 10 kg

D : Industrie-Manipulator-Roboter - Minimale Sicherheitsanforderungen an der Gestaltung und Ausführung - Industrie-Manipulator-Roboter, feststehend, mit Punktsteuerung, einem Bewegungsraum über 1,5 m³ und einer transportablen Nennmasse über 10 kg

Norme expérimentale publiée par l'afnor en février 1988

Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'Afnor avant le 31 décembre 1989.

Correspondance Des travaux internationaux sont actuellement en cours dans le cadre de l'ISO/TC 184/SC 2 "Robots pour environnement de Fabrication".

Analyse Dans la série des normes relatives aux robots manipulateurs industriels et traitant de la prévention des accidents d'origine mécanique, la présente norme s'adresse à la conception et à la construction des robots. Elle traite des robots à poste fixe, à commande point à point, susceptibles de transporter des masses supérieures à 10 kg. Ces robots sont principalement utilisés pour le soudage par points par résistance et la manipulation de charge lourde.

Descripteurs **Thésaurus International Technique** : mécanique, manipulateur, robot industriel, soudage par résistance, prévention des accidents, mesure de protection, exigence, sécurité, conception, caractéristique de construction, notice technique.

Modifications

Corrections

éditée et diffusée par l'association française de normalisation (afnor), tour europe cedex 7 92080 Paris la défense - Tél (1) 42 91 55 55

Afnor 1988 c Afnor 1988 1er tirage 88-02

**EXIGENCES MINIMALES DE SECURITE
APPLICABLES A LA CONCEPTION
ET A LA CONSTRUCTION****Février 1988**

**Robots manipulateurs industriels, à poste fixe,
à commande point à point, d'espace de débattement
supérieur à 1,5 m³ et de masse nominale transportable
supérieure à 10 kg**

AVANT-PROPOS

Il convient de noter que les règles de prévention intégrées applicables à des machines, à des appareils, à des installations complexes considérés dans l'état dans lequel ils doivent se trouver pour être aptes à accomplir leur fonction, sont introduites dans la réglementation française par les décrets n° 80-543 et 80-544 du 15 juillet 1980.

Cette réglementation (règles techniques et procédures) s'applique à l'ensemble résultant de l'association de machine(s) et de robot(s), mais non aux robots considérés indépendamment de l'application.

La conception et la construction des robots doit permettre l'intégration de la sécurité au niveau de l'installation robotisée pour les types d'applications pour lesquels ils ont été prévus.

Les spécifications techniques des normes "conception-construction" concernent donc les robots considérés indépendamment de l'application et sont en cohérence avec les règles de prévention visant les installations utilisant des robots, objet des normes "conception et exploitation des sites de production".

SOMMAIRE

		Page
1	Objet et domaine d'application	4
2	Références	4
3	Mesures à prendre à la conception et à la construction du robot	5
3.1	Mesures de portée générale	5
3.1.1	Ergonomie	5
3.1.2	Stabilité	5
3.1.3	Raccordements	5
3.1.4	Organes de service	6
3.1.5	Sélection des modes de fonctionnement	6
3.1.6	Pendant (boîte à boutons)	6
3.1.7	Butées, limiteurs de course	7
3.1.8	Entretien	7
3.2	Spécifications relatives à l'équipement du robot	7
3.2.1	Equipement mécanique	7
3.2.2	Equipement électrique et électronique	8
3.2.3	Equipements annexes embarqués	9
3.3	Spécifications des fonctions de sécurité	9
3.3.1	Arrêt d'urgence	9
3.3.2	Arrêt contrôlé	10
3.3.3	Maintien à l'arrêt	10
3.3.4	Sélection des modes de fonctionnement	10
3.3.5	Sectionnement	11
3.3.6	Vitesse réduite	11
3.3.7	Entrées/sorties des fonctions de sécurité	11
3.3.8	Commande sur le pendant	11
3.3.9	Redémarrage après maintien à l'arrêt	11
3.4	Grandeurs d'influence	11
3.4.1	Perturbations électriques conduites et rayonnées	11
3.4.2	Conditions atmosphériques	13
3.4.3	Vibrations	13
4	Notice d'instructions	13
4.1	Caractéristiques du robot	13
4.2	Notice d'installation	14
4.3	Notice d'utilisation	14
4.4	Notice de maintenance	15
4.5	Analyse fonctionnelle	15
	Annexe A - Arrêts	16

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Les normes de la présente série traitent des exigences de prévention des accidents d'origine mécanique et s'appliquent aux robots manipulateurs industriels (voir la norme E 61 - 110 pour le vocabulaire, les risques encourus, la classification).

Note : dans la suite du texte le mot "robot" est utilisé pour "robot manipulateur industriel".

Elles concernent les spécifications techniques de conception et de réalisation du robot considéré isolément de son application et du site de travail (installation).

Note : considéré isolément signifie qu'on limite les spécifications au terminal du robot (terminal exclu) sans prendre en compte l'outil. L'équipement spécifique, tant celui porté par le robot que l'équipement au sol, n'est traité que dans la mesure où il fait partie de la fourniture.

Ces équipements génèrent des risques particuliers tels que projection d'étincelles, pincements, coincements... et nécessitent l'application des règles spécifiques à ces outils et matériels qui ne sont pas décrites ici.

Le robot, quelle que soit sa configuration ou sa morphologie, est un robot fixe ou à déplacement à guidage forcé, avec un espace de débattement supérieur à 1,5 m³ et une masse nominale transportable au terminal supérieure à 10 kg. Des équipements complémentaires portés par les bras du robot peuvent s'ajouter à la masse terminale (comme par exemple transformateurs de soudage).

Ces robots sont conçus par exemple pour :

- le soudage par points par résistance.
- la manipulation de charges lourdes (par charges lourdes, on entend masses en aval du terminal supérieures à 10 kg, outil ou pièce).

Les robots spécifiquement conçus pour des applications de manutention telles que palettisation-dépalettisation, sont exclus de la présente norme, car ils nécessitent une analyse des risques particulière et donc des solutions spécifiques.

2 REFERENCES

- | | |
|-------------|---|
| NF C 20-010 | Règles communes aux matériels électriques - Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes. |
| NF C 46-021 | Compatibilité électromagnétique principalement pour les matériels de mesure et de commande dans les processus industriels - Prescriptions relatives aux décharges électrostatiques. |
| NF C 46-022 | Compatibilité électromagnétique principalement pour les matériels de mesure et de commande dans les processus industriels - Prescriptions relatives aux champs de rayonnement électromagnétiques. |

NF C 63-850	Appareillage industriel à basse tension - Automates programmables.
NF C 79-130	Équipement électrique des machines industrielles - Première partie : règles générales.
NF E 09-001	Prévention technique des accidents pouvant survenir du fait des risques mécaniques engendrés par les machines et les appareils - Risques mécaniques et thermiques - Notions essentielles - Vocabulaire.
E 09- 051	Prévention technique des accidents pouvant survenir du fait des risques engendrés par les machines et les appareils - Dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage associés à des protecteurs.
E 61-110	Robots manipulateurs industriels - Prévention des accidents d'origine mécanique - Première partie : Introduction.
NF X 35-001	Ergonomie - Principes ergonomiques de la conception des systèmes de travail.
NF X 35-104	Ergonomie - Postures et dimensions pour l'homme au travail sur machines et appareils.
X 35-105	Ergonomie - Commandes - Organes de service - Éléments de choix, caractéristiques, dimensions, emplacements, efforts.
NF X 60-010	Vocabulaire de maintenance et de gestion des biens durables.
NF X 60-200	Documents techniques à remettre aux utilisateurs de biens durables à usage industriel et professionnel - Nomenclature et principes généraux de rédaction et de présentation.
NF X 60-212	Maintenance - Principes généraux de rédaction et de présentation des instructions de maintenance.
Z 61-102	Vocabulaire - Vocabulaire de la qualité du logiciel.

3 MESURES A PRENDRE A LA CONCEPTION ET A LA CONSTRUCTION DU ROBOT

3.1 Mesures de portée générale

3.1.1 Ergonomie

L'application des démarches et des données de l'ergonomie contribue à améliorer le niveau de sécurité en facilitant l'accomplissement des tâches et en diminuant le nombre d'erreurs humaines lors des interventions (entretien, maintenance, contrôle, programmation, etc).

Ainsi :

- la conception des éléments du robot sur lesquels une intervention humaine est possible doit prendre en compte les caractéristiques humaines telles que : mensurations, postures, efforts musculaires, mouvements corporels (voir les normes NF X 35-001, NF X 35-104, X 35-105) ;
- les interfaces homme-machine (organes de service et moyens de signalisation tels que les pupitres portatifs de commande et les panneaux de signalisation et de commande sur armoire), doivent être conçues et pouvoir être disposées de façon à permettre une communication aisée et sans équivoque entre l'opérateur et le dispositif technique (voir la norme X 35-105) ;
- des affichages ou signalisations doivent être fournis, tels que l'indicateur des modes de fonctionnement du robot, ainsi que la signalisation de la nature des arrêts non programmés du robot.

Réciproquement, les dispositions prises, conformément à la présente norme, pour réduire les risques ne doivent pas accroître la charge physique et nerveuse de travail.

3.1.2 Stabilité

Des mesures doivent être prises afin de permettre la stabilité du robot.

- Stabilité statique sur un plan horizontal : le robot seul ou muni des équipements spécifiques fournis par le constructeur doit être stable dans sa configuration de livraison.
- Stabilité dynamique : la base du robot doit être conçue et construite de façon à garantir le maintien des fixations, dans les conditions préconisées par le constructeur, pour tous les modes de fonctionnement et suite à des arrêts d'urgence.

Note : voir paragraphe 4.2.

3.1.3 Raccordements

Le robot et ses équipements doivent être conçus de façon à éviter les erreurs de raccordement aux sources d'énergie et aux divers circuits (commande, puissance, mesure) par l'utilisation de dispositifs tels que, par exemple détrompeur, connecteur spécifique ou repérage.

En outre, des dispositifs mécaniques doivent permettre de conserver l'intégrité des raccordements.

3.1.4 Organes de service

Les organes de services d'un robot, répartis sur un ou plusieurs postes de commande (armoire, pendant...), sont de trois types différents :

- changement de mode de fonctionnement,
- entrée de données,
- commande de mouvement.

On les regroupera suivant la nature de leur action de manière à éviter les confusions.

L'activation d'un poste de commande interdit la commande des mouvements ou la modification du logiciel à partir d'un autre poste de commande.

Les organes de service doivent être conçus de manière à permettre une prévision claire et facile de la fonction commandée ou du mouvement produit et éviter leurs manoeuvres involontaires (capotage, positionnement, double action...).

La disposition des organes de service doit assurer une manoeuvre sûre, univoque et rapide. S'il n'est pas possible d'utiliser des organes de service univoques, il doit être prévu une signalisation claire indiquant le type d'action ou de mouvement ordonné ; en particulier, la signalisation du mode de commande "axe par axe" doit être bien différenciée de celle de la commande "géométrique"

Note : On entend par commande "géométrique", la commande du déplacement des axes suivant des directions ou orientations privilégiées (repères orthonormés du robot ou du terminal) obtenue par synchronisation de chacun des axes du robot entre eux.

Afin d'assurer la cohérence entre les déplacements réels du robot et les mouvements de commande axe par axe, les organes de service seront munis de repérage d'axe rappelant les repères mécaniques des axes fixés sur la structure.

3.1.5 Sélection des modes de fonctionnement (voir aussi paragraphe 3.3.4)

La distinction entre les modes de fonctionnement conduisant aux différentes phases d'exploitation données à la figure 2 de la norme E 61-110 doit pouvoir se faire sans ambiguïté.

Note : Il s'agit des modes de fonctionnement "robot sous puissance", "commande automatique" et le cas échéant "cellule robotisée isolée du flux de production".

Les organes de service permettant de passer de la commande automatique à la commande non-automatique doivent être verrouillables par un dispositif approprié tel que serrure, etc. Ils doivent se situer sur la baie de commande.

Après sélection des modes de fonctionnement appropriés, la mise en phase de production (phases 1, 2, 3) ne doit pouvoir s'effectuer qu'à condition que les signaux issus des verrouillages et interverrouillages des protecteurs aient été traités (voir paragraphe 3.3.7).

La sélection des modes de fonctionnement conduisant aux phases 4, 5 et 6 doit systématiquement commander la limitation de vitesse.

La sélection des modes de fonctionnement conduisant aux phases 4, 5, 6, 7, 8 et 9 peut inhiber les informations sur les contrôles d'accès ou de présence.

Par construction, suite à arrêt d'urgence, au moins un des axes de grande amplitude doit pouvoir être déplacé manuellement hors puissance, de façon à permettre un dégagement rapide.

3.1.6 Pendant (boîte à boutons)

Le pendant est un élément tenu à la main et relié au système de commande, avec lequel un robot peut être programmé (ou déplacé).

Le pendant doit être conçu en respectant les principes de l'ergonomie (voir paragraphe 3.1.1) de façon à permettre une utilisation facile, lorsqu'il est porté par le programmeur ou le personnel de maintenance, qu'il soit tenu de la main droite ou de la main gauche.

Il ne doit pas être possible de mettre le robot en commande automatique à partir du pendant.

Le pendant doit comporter un dispositif d'arrêt d'urgence.

Lorsque la commande des mouvements se fait à partir du pendant, il ne doit pas être possible de commander les mouvements à partir d'autres dispositifs (baie de commande par exemple).

Pour la commande des mouvements en mode apprentissage, le pendant doit comporter une commande à double action, du type commande à action maintenue, et tel que le relâchement de l'une des deux actions entraîne l'arrêt des mouvements (par exemple gâchette et touches correspondant aux déplacements suivant les différents axes). Les organes de service de cette commande doivent pouvoir être utilisés de façon claire, logique et non ambiguë par les programmeurs ou le personnel de maintenance.

Pour la commande des mouvements en restitution de trajectoire à vitesse réduite, une action maintenue sur un seul des organes de service est suffisante.

Tous les mouvements du robot commandés à partir du pendant doivent s'effectuer à vitesse réduite.

Exception : sur demande de l'utilisateur, le pendant peut être conçu pour permettre la restitution à vitesse plus élevée de trajectoire apprise. Dans ce cas, il doit comporter un dispositif nécessitant une action volontaire pour obtenir cette vitesse plus élevée et tel que ce mode de fonctionnement soit clairement indiqué, indépendamment de l'afficheur (exemples : sélecteur de commande, bouton associé à un voyant...). Ce dispositif doit être en circuit câblé. Le mouvement d'un point d'arrêt au point suivant nécessite une validation. Le relâchement de la gâchette entraîne un arrêt d'urgence.

3.1.7 Butées, limiteurs de course

Le robot doit être équipé de butées mécaniques fixes en fin de course des axes principaux, sauf s'ils sont multi-tours.

En outre, des possibilités de mise en place de limiteurs de course électroniques ou électromécaniques doivent être prévus sur tous les axes principaux.

3.1.8 Entretien

Les robots doivent être conçus et construits de telle sorte, que les organes dont la visite est nécessaire pour l'entretien soient accessibles en toute sécurité et en respectant les principes d'ergonomie (voir paragraphe 3.1.1).

Les robots et éléments de robots dont le montage ou le démontage est nécessaire pour des opérations telles que l'installation ou l'entretien, doivent être conçus pour permettre l'emploi en toute sécurité d'appareils ou d'engins de manutention par leur conception, ou posséder à cet effet les équipements nécessaires.

Les éléments de robot mentionnés à l'alinéa précédent qui du fait de leurs dimensions, de leur forme ou de leur poids peuvent être déplacés manuellement, doivent être conçus pour permettre leur pose et leur dépose sans danger.

3.2 Spécifications relatives à l'équipement du robot

3.2.1 Equipement mécanique

3.2.1.1 Forme extérieure

Les parties constitutives du robot doivent être conçues de façon à éviter les points d'écrasement et les points d'accrochage (voir paragraphe 3.1.1)

Les éléments normalement accessibles ne doivent comporter, dans la mesure où leur fonction le permet, ni arêtes vives, ni angles aigus susceptibles de blesser.

3.2.1.2 Butées mécaniques

Les butées mécaniques fixes en fin de course des axes doivent être capable d'arrêter le robot à vitesse maximale.

Elles doivent pouvoir supporter sans dommage un essai à charge maximale et à vitesse égale à 30 % de la vitesse maximale de l'axe considéré.

3.2.1.3 Systèmes à accumulation d'énergie

Les accumulateurs hydrauliques et les réservoirs à air comprimé doivent comporter un dispositif de mise à la pression atmosphérique permettant de vérifier l'absence de pression, à utiliser lors des interventions de maintenance.

3.2.1.4 Flexibles

Les flexibles doivent être protégés contre les agressions extérieures éventuelles (mécaniques, chimiques, thermiques,...).

Des dispositions doivent être prises en vue de limiter les mouvements du flexible en cas de rupture.

3.2.1.5 Equipement hydraulique

Toutes les parties d'un circuit doivent être protégées contre les surpressions.

Les dispositifs de protection (exemples : clapets de non-retour pilotés, limiteur de pression, équilibrage extérieur, frein mécanique à manque de pression ou de débit...), doivent être prévus pour empêcher la descente brutale du bras du robot en cas de perte de puissance (fuite, rupture de canalisation, défaillance du groupe hydraulique, etc) et pour assurer la protection contre les surcharges.

Toutes dispositions doivent être prises dans le choix et la mise en oeuvre des raccords et des flexibles, pour éviter les ruptures de canalisation susceptibles d'entraîner un mouvement dangereux du robot.

3.2.1.6 Equipement pneumatique

Des dispositifs de mise hors pression doivent être prévus afin de faciliter les interventions de maintenance et supprimer les efforts moteurs des actionneurs en cas de nécessité.

Lorsque la coupure ou la baisse de pression momentanée sur un actionneur peut entraîner des mouvements intempestifs et dangereux (exemples : descente du bras du robot par gravité, énergie cinétique,...), ces dispositifs doivent être complétés par d'autres dispositifs (freins mécaniques, clapets pilotes, bloqueurs pneumatiques).

Après une mise hors énergie des actionneurs, si le rétablissement instantané de la pression d'alimentation est en mesure de provoquer des mouvements dangereux (vitesse importante due à l'absence de contre-pression dans les chambres des vérins), un système de remise en pression progressif doit être prévu.

3.2.1.7 Repérage des axes mécaniques

Chaque axe de déplacement doit comporter un repérage précisant la désignation de l'axe et le sens du mouvement.

Dans le cas où le robot a une (ou plusieurs) commande(s) géométrique(s), un dessin indiquant le repérage des axes géométriques et de leur signe doit être fixé sur la structure ; ce dessin doit être indémontable et facilement visible dans la zone d'évolution du robot.

3.2.2 Equipement électrique et électronique

Les équipements électriques et électroniques doivent satisfaire aux exigences de la norme NF C 79-130. Les prescriptions particulières aux circuits de sécurité sont données en 3.3.

Des précautions particulières doivent être prises dans le choix des câbles pour tenir compte des mouvements liés aux articulations du robot.

Des équipements de protection (équilibrage, frein à manque de courant...) doivent être prévus pour empêcher la descente brutale du bras du robot en cas de coupure de courant générale ou partielle.

Des entrées doivent être réservées en nombre suffisant, en vue de la prise en compte au niveau du logiciel de certaines fonctions de sécurité (2ème niveau en particulier), et en complément des entrées prévues au paragraphe 3.3.7.

3.2.3 Equipements annexes embarqués

Quand ils sont fournis avec le robot, les équipements annexes embarqués doivent satisfaire aux mêmes règles que les composants du robot.

En outre, si ces équipements comportent un circuit de puissance indépendant de celui du robot, les fonctions de sécurité du robot (voir paragraphe 3.3) et de l'équipement embarqué doivent être reliées de façon à pouvoir les interconnecter en fonction des risques de l'application.

3.3 Spécifications des fonctions de sécurité

Les fonctions de sécurité doivent être conçues en sécurité positive. Dans l'état actuel des technologies, les meilleurs moyens à mettre en oeuvre sont développés dans les paragraphes qui suivent (voir également le paragraphe 3.4 pour les grandeurs d'influence).

3.3.1 Arrêt d'urgence (voir annexe A)

Une fonction d'arrêt d'urgence, répondant aux exigences suivantes, doit être prévue.

3.3.1.1 La commande d'arrêt d'urgence :

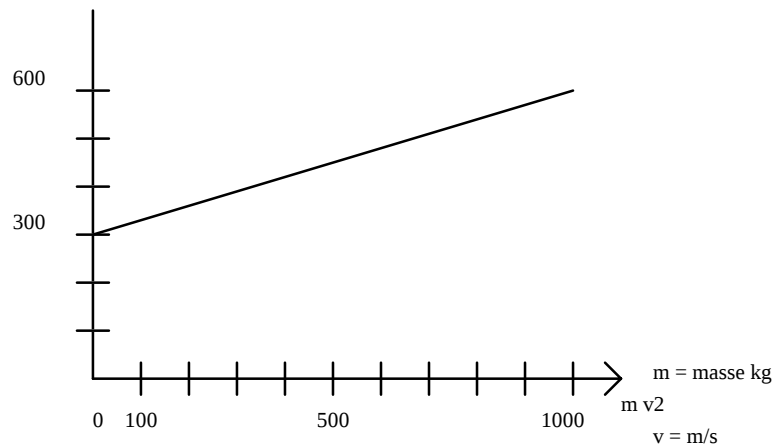
- est prioritaire sur tous les autres ordres de commande.
- nécessite une action humaine volontaire sur un dispositif d'arrêt conforme aux spécifications de la norme NF C 79-130, ou le cas échéant une action provoquée par le système de commande (ce sont par exemple des auto-contrôles au niveau de la commande numérique qui déclenchent de telles actions).

Deux dispositifs d'arrêt sont au minimum nécessaires :

- l'un sur l'armoire générale,
- l'autre sur le pendant

3.3.1.2 L'arrêt d'urgence arrête les mouvements en un temps très court, par un freinage efficace et disponible en permanence ; la commande de freinage peut éventuellement provenir d'une consigne d'asservissement.

Dans des conditions de vitesse, charge et élongation maximales, le temps d'arrêt du robot après un arrêt d'urgence ne doit pas dépasser la valeur résultant du graphique ci-dessous. Cette valeur est déterminée pour un robot donné, en fonction du produit (mv^2), m étant la masse maximale transportée et v la vitesse linéaire de cette masse.



Le fournisseur doit en outre préciser la distance maximale d'arrêt après un arrêt d'urgence effectué à vitesse réduite (voir paragraphe 3.3.6).

3.3.1.3 L'arrêt d'urgence garantit la mise à l'arrêt et le maintien à l'état arrêté, par coupure de l'alimentation (électrique, pneumatique, hydraulique...) des actionneurs dans les délais les plus brefs compatibles avec les conditions de freinage et d'immobilisation ; cette coupure est assurée par un circuit à logique câblée conforme à la norme NF C 79-130, comportant éventuellement une temporisation mais indépendant des consignes d'asservissement. Après coupure, la stabilité de la structure mécanique doit être assurée. L'état arrêté ainsi obtenu doit être conservé, sans nécessiter une action maintenue sur le dispositif d'arrêt ni aucune autre intervention, et ceci quelles que soient les actions sur les autres organes de service ou les états de la commande du robot.

Note : les exigences des paragraphes 3.3.1.2 et 3.3.1.3 autorisent un freinage par logiciel pendant la temporisation avant la coupure de puissance.

3.3.1.4 La procédure de redémarrage après arrêt d'urgence doit être conforme au paragraphe 3.3.9.

3.3.1.5 Le circuit d'arrêt d'urgence doit permettre de raccorder d'autres ordres d'arrêt d'urgence jugés nécessaires au niveau de l'application.

3.3.2 Arrêt contrôlé (voir annexe A)

Lorsqu'une fonction arrêt contrôlé est prévue, elle doit répondre aux exigences suivantes :

3.3.2.1 La commande d'arrêt contrôlé :

- est prioritaire sur tous les autres ordres de commande à l'exception de l'arrêt d'urgence ;
- est déclenchée par une action humaine sur le sélecteur de mode de fonctionnement ou provoquée par le système de commande (par exemple auto-contrôle sur dépassement de valeurs seuils)

3.3.2.2 L'arrêt contrôlé arrête les mouvements en un temps court, par un freinage toujours effectué sous asservissement de vitesse ou de position.

Le fournisseur doit indiquer le temps d'arrêt maximal du robot après un arrêt contrôlé, dans des conditions de vitesse, charge et élongation maximales.

3.3.2.3 Mêmes exigences qu'en 3.3.1.3, la coupure de l'alimentation des actionneurs s'effectuant dans les délais les plus brefs compatibles avec les conditions normales de freinage et d'immobilisation.

3.3.2.4 Même exigence qu'en 3.3.1.4.

3.3.2.5 Même exigence qu'en 3.3.1.5.

3.3.3 Maintien à l'arrêt

En cas de perte des asservissements, un système de blocage doit assurer automatiquement le maintien de la structure du robot sur les axes principaux au moins. Ce système agit par manque d'énergie.

La procédure de redémarrage doit être conforme au paragraphe 3.3.9.

3.3.4 Sélection des modes de fonctionnement

En complément aux exigences contenues en 3.1.5, la sélection des modes de fonctionnement se fait par circuit câblé qui doit d'une part contrôler la cohérence des autorisations d'ordre de mouvements du robot avec les informations entrées/sorties (notamment verrouillage/interverrouillage des protecteurs), et d'autre part commander un arrêt de sécurité en cas de perte de mode (modification non commandée du mode de fonctionnement).

3.3.5 Sectionnement

Chaque source d'énergie doit pouvoir être sectionnée.

Le dispositif de sectionnement de l'alimentation électrique doit être conforme à la norme NF C 79-130.

Dans le cas de robots hydrauliques ou pneumatiques, le sectionnement doit entraîner la mise à la pression atmosphérique des accumulateurs ou réservoirs alimentant les actionneurs.

3.3.6 Vitesse réduite

Lorsque l'apprentissage nécessite une présence humaine dans la zone de mouvements, une vitesse réduite doit pouvoir être choisie. En outre, la sélection du mode apprentissage doit entraîner automatiquement la vitesse réduite.

Note : la valeur de la vitesse réduite sera fixée ultérieurement, en fonction d'investigations en cours. Il convient de noter que l'ISO recommande la valeur de 0,3 m/s à l'interface mécanique.

La limitation de vitesse doit se faire :

- soit par des circuits spécifiques agissant sur le circuit de puissance et limitant la vitesse par des moyens matériels, (par exemple résistance, limiteur de débit,...) et tels qu'une défaillance ait pour effet une réduction supplémentaire de la vitesse ou un arrêt.
- soit par le système de commande général sous réserve de prévoir un verrouillage de la consigne de vitesse :
 - par circuit câblé en amont de l'amplificateur,
 - par redondance,
 - par d'autres moyens tels que la réduction de vitesse soit garantie même en présence d'une défaillance.

3.3.7 Entrées/sorties des fonctions de sécurité

L'armoire de commande du robot doit disposer d'entrées et de sorties permettant la prise en compte d'informations d'accès et d'informations d'arrêt d'urgence par le robot ainsi que la transmission de ces informations aux équipements périphériques.

Les circuits concernés doivent être câblés.

Note : ce n'est pas la signalisation qui est concernée dans ce paragraphe.

3.3.8 Commande sur le pendant

Voir paragraphe 3.1.6

3.3.9 Redémarrage après maintien à l'arrêt

La procédure de redémarrage après maintien à l'arrêt doit comporter au moins deux actions humaines volontaires et séquentielles :

- réenclenchement du bouton qui a été actionné ou suppression de la cause ayant entraîné l'arrêt (dans le cas d'action provoquée par le système de commande suite à un auto-contrôle),
- puis remise de la puissance et départ cycle.

Commentaire : Cette norme concernant le robot considéré isolément, elle ne traite pas des procédures de redémarrage du robot intégré dans un site (par exemple : redémarrage à distance).

3.4 Grandeurs d'influence

3.4.1 Perturbations électriques conduites et rayonnées

Les essais décrits ci-après permettent de connaître la susceptibilité du matériel électrique et électronique aux perturbations conduites (rapides et lentes) et rayonnées en ce qui concerne les fonctions de sécurité du robot.

3.4.1.1 Perturbations de la tension d'alimentation, des entrées/sorties et des circuits électriques

- Simulation des salves d'impulsions (CEI 801-4) : le niveau de sévérité minimal est le niveau 2, pour lequel l'intégrité des fonctions de sécurité doit être conservée. En outre, pour le niveau 3 soit les fonctions de sécurité ne doivent pas être perturbées, soit le robot doit s'arrêter.

Note : En l'attente de la publication de la norme CEI 801-4, les valeurs suivantes sont à prendre en compte : le niveau 2 correspond à 1kV et le niveau 3 à 2 kV, pour des impulsions de durée 50 ns avec un temps de montée de 5 ns et une fréquence de répétition de 5 kHz.

- Simulation des parasites à forte énergie (CEI 801-5) : les niveaux de sévérité minimaux sont les niveaux 1 en mode série et 2 en mode commun, pour lesquels l'intégrité des fonctions de sécurité doit être conservée.

Note : en l'attente de la publication de la norme CEI 801-5, les valeurs suivantes sont à prendre en compte :

- en mode série, le niveau 1 correspond à 0,5 kV pour des impulsions de durées 50 μ s, avec un temps de montée de 120 ns et une fréquence de répétition de 6 Hz, l'énergie perturbatrice étant de 2 J.
- en mode commun, le niveau 2 correspond à 1kV, pour des impulsions de durée 50 μ s, avec un temps de montée de 400 ns et une fréquence de répétition de 6 Hz, l'énergie perturbatrice étant de 2 J.

3.4.1.2 Variations de l'alimentation générale

L'alimentation des équipements est affectée par des variations lentes et rapides. Des essais doivent permettre de vérifier le comportement du robot en présence de ces perturbations autour de la valeur nominale de la tension d'alimentation (voir CEI...(1), doc CEI 65A (Sec) 69).

Note : du fait de l'importance mineure des variations de fréquences (même de +/- 5 %) et d'harmoniques, il n'a pas été jugé nécessaire de prévoir des essais à ce sujet. Ceux-ci peuvent faire l'objet de clauses particulières sur la base de la norme NF C 63-850.

- Variations lentes de la tension

L'équipement étant en fonctionnement, on fait décroître lentement la tension d'alimentation de sa valeur nominale U à la valeur ($U - 15\%$), puis croître de cette valeur à la valeur ($U + 10\%$) ; la tension est ensuite ramenée à la valeur nominale. L'essai est fait à la vitesse de 1 V/s.

L'intégrité des fonctions de sécurité doit être conservée.

En outre, l'équipement doit avoir un comportement strictement défini quand la tension d'alimentation sort de la plage de tolérance ($- 15\%$; $+ 10\%$), et qu'ultérieurement elle y revient. L'essai est fait à la vitesse de 1 V/s

- Variations rapides de la tension

L'essai consiste à appliquer 20 coupures de durée 10 ms sur l'alimentation à une fréquence de répétition de 1 Hz. L'intégrité des fonctions de sécurité doit être conservée.

3.4.1.3 Susceptibilité aux décharges électrostatiques (DES) (CEI 801-2, NF C 46-021)

Les décharges d'électricité statique produites par des opérateurs touchant l'équipement ou par des objets à proximité, ne doivent pas être cause d'une dégradation des performances, de mauvais fonctionnement ou d'une défaillance des matériels électriques et électroniques dans les conditions d'environnement prescrites.

Pour les équipements électriques et électroniques du robot, le matériel devra au moins être insensible au niveau de sévérité 2, pour lequel l'intégrité des fonctions de sécurité doit être conservée. En outre pour le niveau 3, soit les fonctions de sécurité ne doivent pas être perturbées, soit le robot doit s'arrêter.

3.4.1.4 Susceptibilité aux champs électromagnétiques rayonnés (CEI 801-3, NF C 46-022)

A l'étude.

3.4.2 Conditions atmosphériques

Les conditions de sécurité doivent être respectées pour les conditions atmosphériques spécifiées dans la norme NF C 79-130, en ce qui concerne le transport, le stockage et l'utilisation.

3.4.3 Vibrations

A l'étude pour la baie de commande.

(1) Norme(s) à l'étude.

4 NOTICE D'INSTRUCTIONS

La notice fait partie de la documentation technique telle que définie dans la norme NF X 60-200.

Chaque exemplaire de robot doit être accompagné d'une notice établie par le constructeur ou l'importateur, rédigée en français dans un langage de communication aisé et sans équivoque en utilisant la terminologie normalisée.

La notice peut être composée d'un ou de plusieurs documents en fonction du rôle de l'intervenant sur le robot.

Note : il faut entendre par "documents" tout support d'information tel qu'imprimés, audiovisuel, etc.

La notice doit comprendre les limites d'utilisation du robot et donner des indications sur les mesures de sécurité à prendre à la conception de l'aménagement du site de travail ainsi qu'à la mise en oeuvre du robot.

Le constructeur doit préciser qu'en cas de modification de tout ou partie du robot, le nouveau système doit satisfaire aux spécifications du chapitre 3 "Mesures à prendre à la conception et à la construction du robot".

4.1 Caractéristiques du robot

La notice doit indiquer les caractéristiques limites d'utilisation du robot telles que prévues par le constructeur.

4.1.1 Environnement

- Température, en précisant les conditions d'essai.
- Perturbations de la tension d'alimentation et perturbations électromagnétiques et électrostatiques (selon la publication de la CEI 801 parties 1 à 5).

La notice doit attirer l'attention de l'utilisateur sur le fait que des dispositifs émettant des champs rayonnés, installés à proximité du robot, peuvent perturber le fonctionnement du robot.

4.1.2 Degré de protection des enveloppes selon la norme NF C 20-010.

4.1.3 Caractéristiques (valeurs nominales et tolérances) des réseaux électriques, pneumatique, fluide, etc.

4.1.4 Charges limites supportées par le robot.

4.1.5 Espace de débattement et limitations de cet espace.

4.2 Notice d'installation

Le constructeur doit préconiser dans la notice les moyens de manutention du robot et de ses accessoires et indiquer comment les utiliser (de préférence à l'aide de schémas).

Le constructeur doit également préciser les moyens de fixation au sol ou au support des différents constituants de l'équipement et indiquer les contraintes statiques et dynamiques transmises au sol ou au support.

Il doit donner les indications permettant d'une part d'éviter les confusions de montage et d'autre part d'assurer la fiabilité des raccordements aux sources d'énergie et aux divers circuits (commande, puissance, mesure).

4.3 Notice d'utilisation

La notice doit préciser les comportements attendus du robot en réponse aux diverses commandes, instructions ou procédures possibles.

4.3.1 Mise en service

La première mise en service chez le client est de préférence effectuée par le fournisseur (constructeur, vendeur) du robot. Si tel n'est pas le cas, le fournisseur doit préciser la procédure de vérifications à suivre :

Avant toute mise en service la procédure de vérifications suivante doit être au moins suivie :

Avant la mise en puissance, vérifier :

- la stabilité mécanique,
- les connexions des systèmes de puissance,
- les connexions du système de commande,
- les interconnexions avec les systèmes embarqués et périphériques.

Après la mise en puissance, vérifier :

- le fonctionnement des arrêts de sécurité,
- les organes de sectionnement de puissance,
- le bon fonctionnement des organes de service,
- les déplacements des organes mobiles,
- le fonctionnement des limitations de débattement, quand elles existent et le recul hors gabarit,
- la vitesse réduite et le cas échéant la vitesse de restitution rapide,
- l'exécution d'un programme.

4.3.2 Programmation et mise au point

La notice doit rappeler que le personnel chargé de la programmation et de la mise au point doit suivre une formation spécifique, et que dans le cas où la programmation ou la mise au point se fait dans le champ d'évolution du robot, l'opérateur doit être informé des risques inhérents à ces types d'opérations. La notice doit alors préciser les conditions de sécurité qui sont proposées à l'utilisateur.

4.3.3 Production

La notice doit indiquer les différents modes de fonctionnement et l'exploitation de ces modes ; elle doit décrire les différentes signalisations ou visualisations prévues et leur utilisation.

La notice doit mentionner que tant que le robot est en phase de production 1,2 ou 3, la présence ou l'accès de personnes dans l'espace de débattement doivent être empêchés par construction, disposition des matériels, dispositifs de sécurité ou obstacles.

4.3.4 Procédure de redémarrage

La notice doit préciser la procédure et les conditions à prévoir pour redémarrer le robot en sécurité suite à un arrêt.

4.4 Notice de maintenance

Les instructions de maintenance devront être rédigées suivant la norme NF X 60-212, en distinguant les opérations de maintenance préventive, les opérations de maintenance corrective prévues avec un diagnostic, les opérations de maintenance corrective sans diagnostic prévu à l'avance.

Pour chaque opération de maintenance (selon NF X 60-010), la notice précisera :

- le nombre et la formation des intervenants,
- les procédures d'intervention, notamment en ce qui concerne les conditions de sécurité :
 - . consignation totale ou partielle du site robot (exemple : changement d'un organe mécanique),
 - . maintien des énergies sur le robot (asservissement) (exemple : contrôle visuel de déplacement),
 - . coupure des énergies de mouvements, mais maintien de la commande (exemple : recalage d'un codeur),
 - . maintien du circuit d'équilibrage, ou mise sur butées mécaniques des axes du robot, ou mise en position de repli,
- la procédure spéciale de diagnostic, le cas échéant,
- les outillages, produits et matériels spécifiques nécessaires.

4.5 Analyse fonctionnelle

Le constructeur doit rappeler que l'aménagement du site de travail doit être en conformité avec les règles techniques et procédures stipulées dans les décrets n° 80-543 et 80-544 du 15 juillet 1980 s'il y a lieu.

La notice d'instructions du robot doit en particulier, rappeler que l'aménagement du site de travail conditionne la sécurité du personnel travaillant sur le site, et proposer la méthode d'étude du site suivante :

"La conception de l'aménagement du site de travail doit être étudiée suivant une démarche systématique passant par les étapes suivantes :

- 1 - Analyse fonctionnelle et définitions du système de production robotisée.
 - 1.1 - Analyse du ou des schémas fonctionnels de l'unité.
 - 1.2 - Analyse de la circulation des produits (stockage, approvisionnement, évacuation...)
- 2 - Préciser sur le ou les schémas fonctionnels, les contraintes de production, de sécurité, d'ergonomie ou d'environnement dues à la programmation, la production, la maintenance, les modes de fonctionnement dégradés prévisibles (par exemple : maintien de la production malgré l'arrêt pour intervention d'une partie de l'équipement, substitution du robot par un opérateur) et les incidents de fonctionnement (par exemple : éjection de pièce, ouverture de pince accidentelle).
- 3 - Déduire l'organisation du site qui doit être la synthèse des exigences de production et de sécurité.
 - 3.1 - Déterminer l'implantation des équipements de production et de manutention.
 - 3.2 - Définir les zones dangereuses.
- 4 - Définir les équipements nécessaires à la prise en compte des contraintes visées en 1, 2 et 3 par exemple : protecteurs, verrouillages, dispositifs sensibles, passerelles, aménagement de passages de produits, dispositifs de manutention.

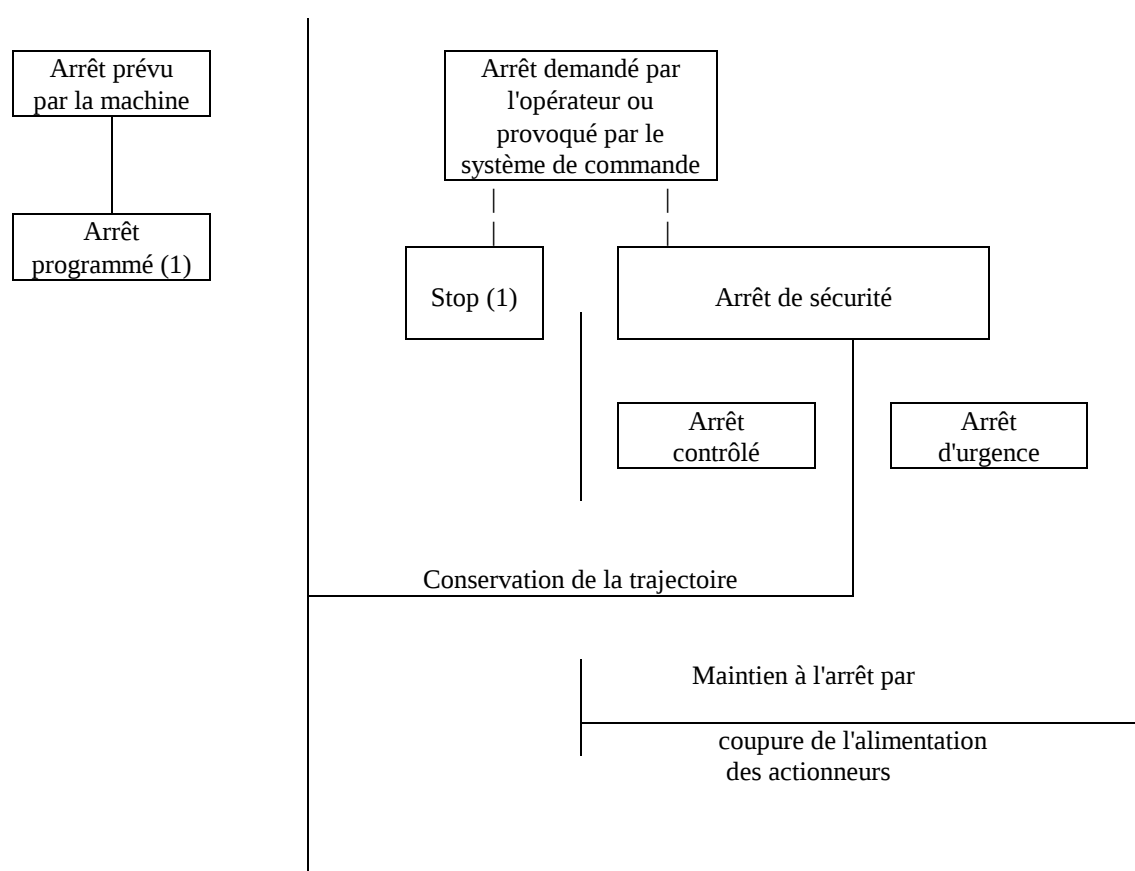
Définir la disposition des organes de service et y compris ceux de l'arrêt d'urgence.

ANNEXE A

(donnée à titre d'information)

ARRETS

A.1 Différents types d'arrêt



(1) Ces arrêts ne sont pas traités dans la présente norme.

A.2 Arrêt d'urgence - Schéma de principe

