

Mise à jour février 2003

→ H. Lupin, INRS, Paris,
avec la collaboration de
M. Bertel, Sté Renault,
Billancourt,
M. Brouillet, Sté Symap,
Courbevoie,
M. Schall, Sté PSA -
Peugeot-Citroën, Saint-Ouen
M. Tillement, Sté Forest-Liné,
Capdenac

Centres d'usinage à grande vitesse (Centres UGV)

© INRS, 2003.

*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 deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle).*

Mise à jour février 2003

→ H. Lupin, INRS, Paris,
avec la collaboration de
M. Bertel, Sté Renault,
Billancourt,
M. Brouillet, Sté Symap,
Courbevoie,
M. Schall, Sté PSA -
Peugeot-Citroën, Saint-Ouen,
M. Tillement, Sté Forest-Liné,
Capdenac

Centres d'usinage à grande vitesse (Centres UGV)

HIGH-SPEED MACHINING CENTRES

This paper sets out safety requirements to be taken into account when designing and operating high-speed machining centres to prevent mechanical risks. In brief: scope and definitions, regulations and standards, design of fixed and moveable guards, design of the control circuit (general rules, rules concerning safety functions, emergency stops, selection of operating modes), rules concerning machining and access to the machining zone (in automatic, manual or block-by-block mode), rules concerning the workpiece loading zone and that of the tool magazine, rules concerning the operator zone (and beyond), training, information, advice relative to the instruction manual supplied by the manufacturer, documentation, appendix for large-size machines.

- machining centre
- machinery
- design
- safety device
- control circuit

Ce guide fixe des recommandations de sécurité à prendre en compte lors de la conception et de l'exploitation des centres d'usinage à grande vitesse afin de prévenir les risques d'origine mécanique.

Au sommaire : domaine d'application et définitions, réglementation et normes, conception des protecteurs fixes et mobiles, conception du circuit de commande (règles générales, règles concernant les fonctions de sécurité, arrêts d'urgence, sélection des modes de fonctionnement), règles concernant l'usinage et l'accès à la zone d'usinage (en mode automatique, manuel ou bloc à bloc), règles concernant la zone de chargement des pièces et celle du magasin d'outils, règles concernant la zone opérateur (et au delà), formation, information, conseils relatifs à la notice fournie par le constructeur, documentation, annexe pour les machines de grandes dimensions.

- centre d'usinage ● machine ● conception ● dispositif de protection
- circuit de commande

1. Objet et domaine d'application

Les centres d'usinage (fig. 1, page suivante) sont des machines-outils qui travaillent par enlèvement de matière et permettent de réaliser automatiquement des opérations de fraisage, alésage, perçage, taraudage (*). Elles possèdent un magasin d'outils avec changeur automatique et peuvent être équipées d'un dispositif automatique de chargement des pièces.

L'ensemble de ces fonctions est géré par un ou plusieurs systèmes électroniques programmables (commande numérique (CN), ordinateur, automate programmable...).

Le présent document s'applique indifféremment aux machines d'usinage, quelle que soit l'orientation de la broche (à axe vertical, horizontal ou orienté), dont la vitesse périphérique est supérieure à 1 000 m/min pour les outils de grand diamètre, et à celles dont la fréquence de rotation est supérieure à 10 000 t/min.

Les machines de grandes dimensions (volume de travail ou pièce > 2 m³), auxquelles les principes énoncés dans ce guide restent généralement applicables, doivent faire l'objet de mesures de prévention spécifiques précisées en annexe.

Ce guide ne traite pas des machines de rectification à grande vitesse.

(*) Pour les centres d'usinage classiques, se référer à la norme européenne NF EN 12417 (cf. bibliographie, p. 13), bien qu'un bon nombre de mesures présentées dans ce document s'appliquent également, de toute évidence, aux centres d'usinage classiques.

2. Définitions

Afin d'aider à la compréhension du présent document, il apparaît nécessaire de rappeler certaines définitions.

Il existe deux types d'arrêt qui permettent de garantir la mise en situation de sécurité d'une machine ou d'un élément de cette machine.

2.1. Arrêt normal

L'arrêt normal (qui correspond à la mise hors service de la machine) est une fonction de mise à l'arrêt, en fonction des risques existants et de manière telle que la sécurité soit assurée, soit de tous les éléments mobiles de la machine, soit d'une partie d'entre eux seulement.

L'ordre d'arrêt de la machine doit être prioritaire par rapport aux ordres de mise en marche.

L'arrêt de la machine, ou de ses éléments dangereux ayant été obtenu, l'alimentation en énergie des actionneurs concernés doit être interrompue.

2.2. Arrêt d'urgence (suivant norme NF EN 418)

Sa fonction est destinée à :

- parer à des risques (phénomènes dangereux) en train d'apparaître, ou atténuer des risques existants, pouvant porter atteinte à des personnes, à la machine ou au travail en cours ;
- remplacer la fonction d'arrêt normal, lorsqu'elle ne convient pas ; elle est alors déclenchée par une action humaine unique.

Les risques dont il est question sont ceux qui peuvent prendre naissance à l'occasion :

- d'anomalies dans le fonctionnement de la machine (dysfonctionnements de la machine, propriétés inacceptables du matériau travaillé, erreurs humaines...),
- du fonctionnement normal de la machine.

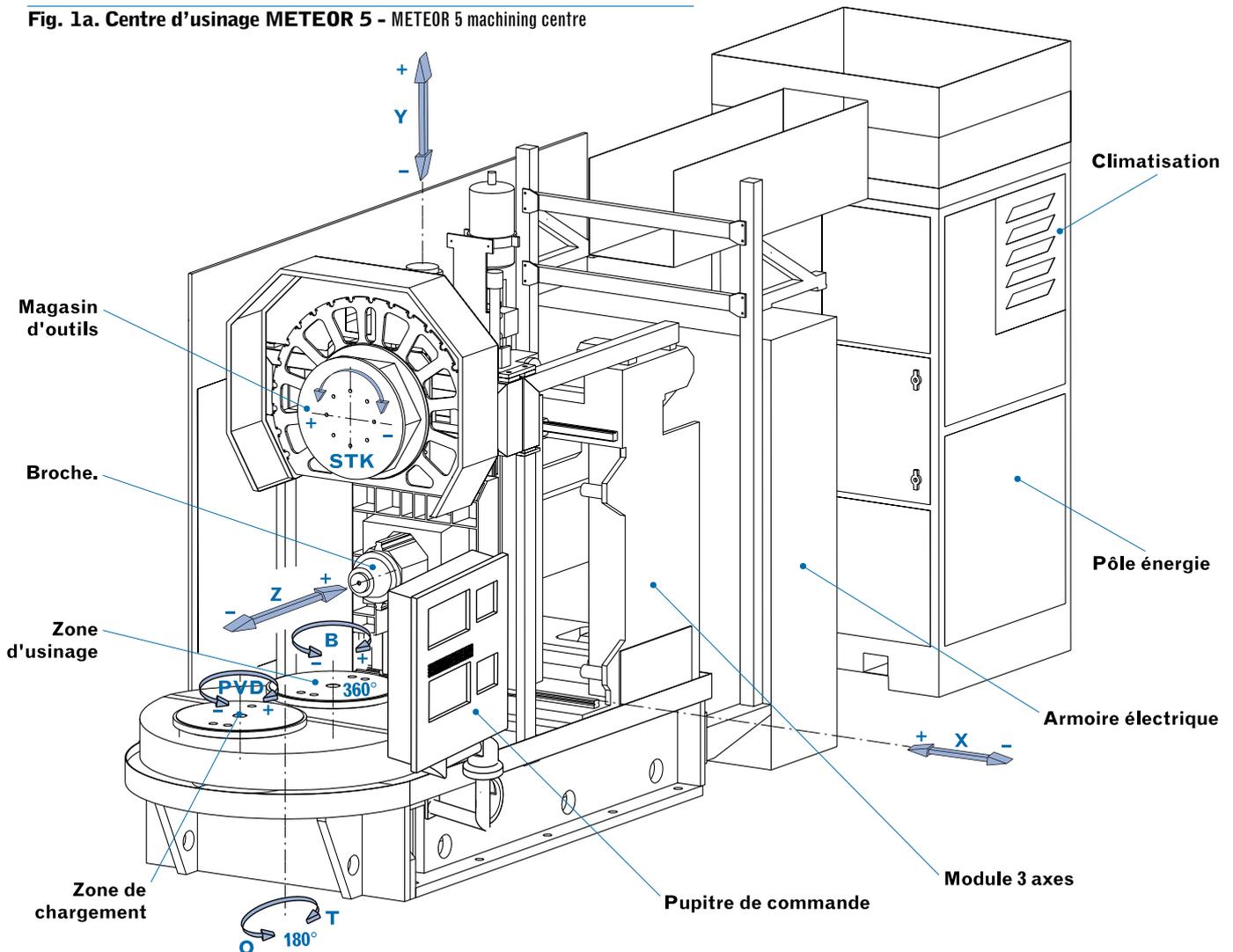
L'arrêt d'urgence peut être :

■ un arrêt de catégorie 0, c'est-à-dire une mise à l'arrêt par :

- interruption immédiate de l'alimentation en énergie de(s) l'actionneur(s),
- ou déconnexion mécanique (débrayage) entre les éléments dangereux et leur(s) actionneur(s), et, si nécessaire, freinage (arrêt non contrôlé).

L'arrêt de catégorie 0 arrête le mécanisme, dans le plus court délai possible, sans tenir compte des détériorations éventuelles du produit travaillé ou des outils en action ;

Fig. 1a. Centre d'usinage METEOR 5 - METEOR 5 machining centre



■ un arrêt de **catégorie 1** : arrêt contrôlé, les actionneurs restant alimentés en énergie afin qu'ils puissent mettre la machine à l'arrêt, puis interruption de l'alimentation en énergie lorsque l'arrêt est obtenu.

L'arrêt de catégorie 1 a pour objectif d'arrêter le mécanisme en un temps court, permettant néanmoins un redémarrage facile sans détérioration du produit travaillé.

L'ordre d'arrêt d'urgence doit avoir priorité sur tous les autres ordres.

Les arrêts de catégorie 0 ou 1 peuvent aussi être provoqués par le système de commande (dépassement de seuil) ou l'activation d'un détecteur (interrupteur de position, dispositif sensible...).

Ils garantissent l'état arrêté par coupure de la puissance, quelles que soient les circonstances (défaillance de composants, variation d'énergie ou de caractéristiques

de l'environnement...).

Le redémarrage du mécanisme ne peut s'effectuer qu'après suppression de l'ordre ou de la cause ayant provoqué l'arrêt et action volontaire sur un organe de mise en marche.

Les solutions technologiques peuvent être différentes en fonction des types d'entraînement (vis à billes ou moteurs linéaires).

2.3. Commande à action maintenue

Une telle commande comporte nécessairement un organe de service à une seule position stable (généralement bouton-poussoir ou gâchette) qui permet :

- tant qu'on agit sur lui, de maintenir le déroulement d'une action pouvant com-

porter plusieurs mouvements ;

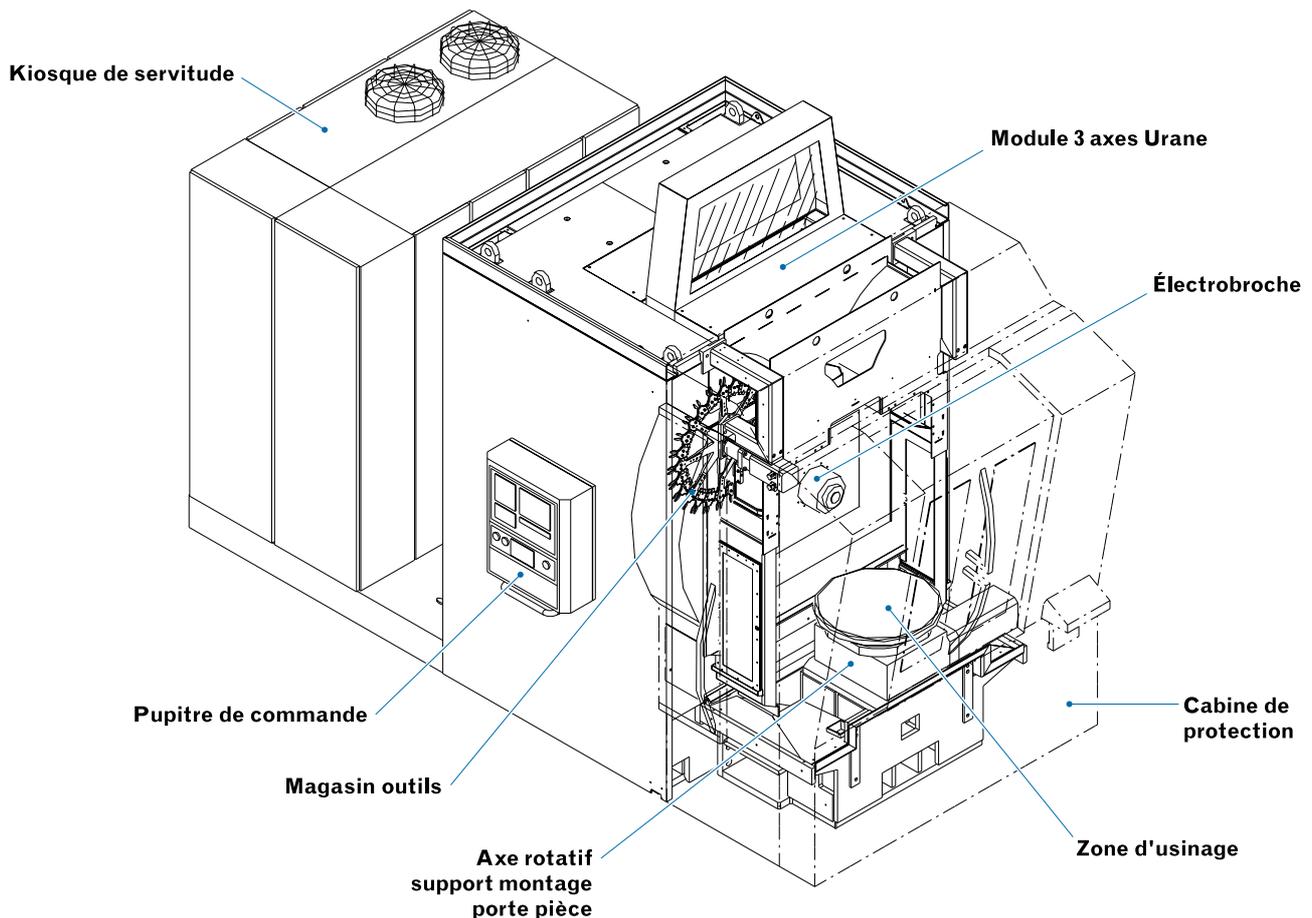
- dès qu'on cesse d'agir sur lui, de provoquer l'arrêt de l'action en cours.

2.4. Dispositif d'interverrouillage associé à un protecteur

Dispositif de verrouillage et dispositif de blocage mécanique associés à un protecteur, de sorte que :

- les fonctions dangereuses de la machine « couvertes » par le protecteur ne puissent pas s'accomplir tant que le protecteur n'est pas fermé et bloqué ;
- le protecteur reste bloqué en position de fermeture jusqu'à ce que le risque de blessure dû aux fonctions dangereuses de la machine ait disparu ;
- quand le protecteur est bloqué en position de fermeture, les fonctions dangereuses (selon la norme NF EN 292-1)

Fig. 1b. Centre d'usinage URANE - URANE machining centre



« couvertes » par le protecteur puissent s'accomplir, mais la fermeture et le blocage du protecteur ne provoquent pas à eux seuls leur mise en marche.

Attention !

Le dispositif d'interverrouillage est le seul à pouvoir être utilisé sur les centres UGV.

2.5. Dispositif de non-répétition

Dispositif qui permet de contrôler le passage à l'état repos d'un organe de commande, quel qu'il soit, avant d'autoriser l'émission effective d'un nouvel ordre par cet organe.

2.6. Modes de marche (voir § 6)

Les modes de marche comprennent :

- les modes d'exploitation,
- les modes de réglage et d'entretien.

La machine doit être munie d'un sélecteur de mode de marche verrouillable dans chaque position. Chaque position du sélecteur ne doit correspondre qu'à un seul mode de commande ou de fonctionnement présentant des niveaux de sécurité différents pour l'exploitation, l'entretien, le réglage ou l'inspection.

Le sélecteur peut être remplacé par d'autres moyens de sélection permettant de limiter l'utilisation de certaines fonctions de la machine à certaines catégories d'opérateurs, tels que codes d'accès à certaines fonctions de commandes numériques.

L'encadré 1 regroupe les différents modes d'exploitation.

2.7. Protecteur (voir § 4)

Élément de machine utilisé spécifiquement pour assurer une protection au moyen d'une barrière matérielle.

Suivant la forme qu'on lui donne, un protecteur peut être appelé écran, porte, barrière, couvercle, capot, enceinte, carter, grille...

2.8. Protecteur fixe

Protecteur maintenu en place (c'est-à-dire fermé) :

- soit de manière permanente (par soudage...)
- soit au moyen d'éléments de fixation (vis, boulons, serrure à clé...) s'opposant à ce qu'il soit déplacé/ouvert sans outil.

ENCADRÉ N° 1

PRÉSENTATION DES MODES D'EXPLOITATION

1. Mode manuel

Mode de marche où les actionneurs sont commandés séparément, sans enchaînement. Utilisation : relevés des cotes, vérification de non-interférences entre pièces, outils et bras transfert d'outils.

On distingue deux modes manuels :

■ Manuel continu (JOG continu ou illimité, du verbe anglais « to jog ») sur les trois vitesses : mode de commande, par BP, du déplacement d'un seul axe à la fois et dont l'action s'interrompt dès que la commande est relâchée.

Il peut y avoir trois modes JOG : lent, normal et rapide (exemple : le mode rapide fonctionnant avec deux boutons : un pour sélectionner l'axe et l'autre pour « rapide »).

■ Manuel incrémental (JOG incrémental) sur les vitesses : mode de commande du déplacement d'un seul axe à la fois, dont l'amplitude est sélectionnée au pupitre par l'opérateur, qui est déclenché par l'appui d'un BP et qui se poursuit jusqu'à ce que la distance demandée soit parcourue (mode utilisé par exemple pour centrer une pièce).

On limite la valeur de l'incrément de manière à ne pas créer de risque pour l'opérateur. Il est recommandé de ne pas dépasser 1 mm par incrément.

2. Mode manivelle

Mode de commande, par l'opérateur, du déplacement d'un seul axe à la fois à partir d'une manivelle électronique et dont la rotation dans un sens ou dans l'autre provoque le déplacement de l'axe dans le sens sélectionné et dont l'amplitude et la vitesse sont proportionnelles à la rotation de la manivelle.

Il est recommandé de ne pas dépasser 10 mm/tour.

3. Mode automatique (continu ou bloc à bloc)

Les modes automatique continu et bloc à bloc sont des modes de commande, par programme mémorisé, de l'ensemble des déplacements et fonctions nécessaires à l'usinage. Les blocs de commande sont à enchaînement automatique ou déclenché par l'opérateur.

■ Le mode automatique continu : c'est le mode de marche habituel de production.

Les opérations se déroulent conformément aux données d'entrée dans la CN jusqu'à ce qu'elles soient arrêtées par le programme ou par l'opérateur.

■ Le mode bloc à bloc : à l'initiative de l'opérateur, les opérations se déroulent automatiquement mais pour un seul bloc de données, sachant qu'un bloc est un groupe de mots qui contient toutes les instructions pour une opération.

Dans les systèmes de mise en position, un bloc inclut les coordonnées de position, ainsi que toutes les instructions de commandes diverses nécessaires pour l'exécution de l'opération.

Un bloc peut comporter la simultanéité ou l'enchaînement de plusieurs mouvements, de manière à réaliser une fonction d'usinage préprogrammée.

Utilisation : mise au point de programme.

Il peut être verrouillé par le constructeur (par l'automatisme) s'il le juge utile.

4. Mode automatique par introduction manuelle de données (IMD)

Mode de commande, par un (ou plusieurs) bloc(s) de données programmé par l'opérateur, de l'ensemble des déplacements et/ou fonctions nécessaires à l'usinage.

L'exécution de ce (ou de ces) bloc(s) est déclenchée par l'opérateur.

Ce mode de marche est prohibé pour l'UGV en usinage. Il doit être réservé pour des opérations de réglage, de maintenance ou pour le contrôle de la machine (à rappeler dans la notice pour l'utilisateur).

En effet, en mode IMD il n'y a pas de contrôle, il suffit que la syntaxe soit respectée. Il y a donc un risque de faute de frappe : entrée de 20 000 tr/min au lieu de 2 000 tr/min.

C'est pourquoi il faut favoriser les simulations hors machine.

Il existe des logiciels de simulation des programmes d'usinage.

Plusieurs vérifications peuvent être réalisées :

- simulation du parcours d'usinage,
- vérification de l'enlèvement de matière,
- vérification que la matière enlevée correspond à la définition CN de la pièce.

5. Mode prise d'origine machine (POM)

Mode d'initialisation de la mesure des déplacements de tous les axes contrôlés par la CN.

L'opérateur a le choix de déplacer les axes séquentiellement ou simultanément.

La POM peut également être réalisée automatiquement par programmation.

6. Mode test rapide

Ce test se fait par déroulement du programme d'usinage à vitesse rapide.

Toutes les commandes programmées, dont les déplacements d'axes d'usinage, de changeurs d'outils ou palettiseurs, sont exécutées.

Ce mode était utilisé dans le passé lorsque les utilisateurs ne disposaient pas de logiciels permettant de tester les programmes pièces.

Pour l'usinage à grande vitesse ce mode n'offre plus d'intérêt ; il peut être avantageusement remplacé par une simulation sur ordinateur (voir IMD, § 4)

7. Mode test programme

Mode de test par la CN du programme d'usinage sans exécution d'aucun déplacement.

Ce test se limite à de l'analyse syntaxique et au contrôle des courses.

Remarque :

En UGV, il est recommandé d'utiliser la simulation hors machine pour tester les programmes.

8. Mode recherche du numéro de séquence (RNS)

Mode permettant le départ ou la reprise du programme à partir d'une séquence choisie par l'opérateur (par exemple, pour une intervention après défaut de process), en fonction du contexte et sous sa responsabilité.

9. Mode recul sur trajectoire

Ce mode doit être effectué portes fermées.

Après l'arrêt contrôlé des axes et de la broche, il est possible de demander l'ouverture des protecteurs tout en restant dans le mode, à condition d'utiliser une commande d'axes et de broche sécurisés ou une commande avec gâchette de sécurité (système homme-mort : voir § 11 ci-dessous).

Reprise du programme après fermeture des portes.

10. Mode rappel d'axe

Mode semi-automatique permettant après interruption du cycle en cours et dégagement de l'outil hors de sa position d'arrêt par les commandes manuelles, de le repositionner automatiquement afin de poursuivre l'usinage.

Ce mode doit être effectué portes fermées.

11. Mode commande d'axes et de broche sécurisés (*)

C'est un mode de marche, portes ouvertes, avec des paramètres vitesse de broche et avance réduites dont les limites sont préprogrammées par le constructeur. Ces limites ne sont pas modifiables par l'opérateur. Deux solutions :

- les vitesses de broche et d'axes sont sécurisées par une boucle de surveillance redondante ;
- l'accès est sécurisé par l'utilisation d'un boîtier avec gâchette de sécurité (système homme-mort) : en cas de défaillance machine et commande, l'opérateur déclenche un arrêt d'urgence en relâchant la gâchette.

(*) Voir : PAGLIERO D. et coll. - Analyse du niveau de sécurité d'une commande d'axe à sécurité intégrée. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 2003, 190, ND 2187, pp. 33-50.

2.9. Protecteur mobile

Protecteur généralement lié mécaniquement au bâti d'une machine ou à un élément fixe voisin, par exemple par une articulation (charnières) ou un guidage rectiligne (glissières), et qu'il est possible d'ouvrir sans faire usage d'aucun outil.

2.10. Définition des zones (fig. 1)

Zone d'usinage

Zone du centre d'usinage où est usinée la pièce, limitée en général par le bâti et les divers protecteurs fixes et mobiles (porte d'accès opérateur, porte d'accès chargement).

Zone de palettisation

Zone du centre d'usinage où sont stockées les palettes et qui comporte l'ensemble du mécanisme permettant leur déplacement jusqu'au niveau de la zone d'usinage.

Zone du magasin d'outils

Zone du centre d'usinage où sont stockés les outils et qui comporte l'ensemble du mécanisme permettant leur déplacement jusqu'au niveau de la broche.

Zone opérateur

Zone dans laquelle se tient l'opérateur en surveillance de la machine ou pour les interventions systématiques (exemple : changements d'outils et de pièces).

3. Réglementation - Normes

Les centres d'usinage à grande vitesse sont soumis à la réglementation suivante :

La base légale relative à la conception et à l'utilisation des équipements de travail est issue de plusieurs directives européennes, transposées en droit français ; cette réglementation repose sur les articles du Code du travail.

3.1. Les procédures à appliquer pour un équipement de travail neuf ou d'occasion

sont décrites par les articles R. 233-49 et suivants.

C'est le principe de l'autocertification par le constructeur qui s'applique aux centres UGV neufs.

Pour plus de précisions sur la procédure de certification applicable aux équipements de travail neufs, le lecteur pourra se reporter à la fiche pratique de sécurité ED 54, éditée par l'INRS (voir § « Documentation »).

Pour plus de précisions sur les procédures à suivre, d'une manière générale et dans certains cas particuliers, lors de l'achat et lors de la vente de machines d'occasion, le lecteur pourra se reporter à la fiche pratique de sécurité ED 89, éditée par l'INRS.

3.2. Les règles techniques à appliquer sont les suivantes :

■ a) Pour un équipement neuf :

Il doit être conforme aux règles techniques définies dans l'annexe I de la directive européenne « Machines » n° 98/37/CE, introduite dans le Code du travail par l'article R. 233-84 et, si elles le concernent, à celles de directives européennes particulières (par exemples : directives n° 87/404/CEE « Récipients à pression simples », n° 89/336/CEE « Compatibilité électromagnétique », n° 90/396/CEE « Appareils à gaz », etc.).

Bien que le recours aux normes ne revête aucun caractère obligatoire, les concepteurs pourront utilement se référer aux normes européennes harmonisées, d'autant plus que leur respect vaut présomption de conformité aux règles techniques des directives européennes pour les risques qu'elles sont censées couvrir. La liste de ces normes est définie par arrêté (voir les références de normes utiles pour la fabrication des centres UGV dans l'encadré « Documentation » en fin d'article). L'acheteur a donc intérêt à rendre contractuel le recours aux normes européennes harmonisées chaque fois qu'il est possible.

■ b) Pour une machine d'occasion :

En résumé, il faut savoir que, préalablement à toute cession d'une machine d'occasion, celle-ci doit être mise en conformité avec des textes réglementaires qui peuvent être différents suivant sa date de première mise en service et sa provenance (France, Espace économique européen ou pays hors EEE), mais la machine d'occasion doit répondre, au minimum, aux exigences des articles R. 233-15 à R. 233-30 du Code du travail.

Pour plus de précisions sur les règles techniques à appliquer, d'une manière générale et dans certains cas particuliers, lors de l'achat et lors de la vente de machines d'occasion, le lecteur pourra se reporter à la fiche pratique de sécurité ED 89, éditée par l'INRS.

3.3. Quelques cas particuliers

■ a) Machine en provenance d'un pays hors Espace économique européen (EEE) :

Qu'elle soit neuve ou d'occasion, quelle que soit sa date de mise en service, elle est considérée comme neuve au sens réglementaire ; elle doit donc être conforme à l'annexe I, introduite dans le Code du travail par l'article R. 233-84.

■ b) Si l'équipement de travail final (installation complexe par exemple) fait appel à plusieurs machines et à des éléments complémentaires, donc à des fournisseurs différents, le responsable de la conformité de cet équipement est le maître d'œuvre de l'ensemble, lequel devra être défini dans le cahier des charges d'achat.

4. Conception des protecteurs

Le concepteur, lorsqu'il étudie une machine, doit toujours avoir présent à l'esprit la notion de *sécurité intrinsèque* qui, par construction, permet d'éliminer les risques à leur source (suppression des points de coincement, éloignement des zones à risque...).

Cette démarche ne permettant pas d'éliminer tous les risques, il est nécessaire de prévoir la mise en place de dispositifs de protection. Sur ce type de machine, on a généralement recours à des barrages matériels : protecteurs fixes ou mobiles.

La forme et les dimensions des protecteurs doivent être définies de manière à respecter les distances de sécurité fixées par la norme NF EN 294.

Les protecteurs sont réalisés avec des matériaux résistants dans les conditions normales d'exploitation. Ils doivent assurer une protection efficace contre les risques spécifiques à chacune des zones autour desquelles ils sont implantés, par exemple :

- des panneaux réalisés au moyen de grillage ou treillis sont suffisants pour interdire l'accès aux organes mobiles du magasin d'outils ;
- des panneaux pleins, opaques ou transparents doivent être mis en place autour de la zone d'usage pour d'une part, en interdire l'accès et d'autre part, retenir les projections (copeaux, fragments d'outil, liquide de coupe...).

La conception des protecteurs doit être adaptée à la grande vitesse (voir la norme

NF EN 953 et la norme EN 12417 pour la méthode d'essai au choc).

Ils doivent être résistants aux chocs, à l'abrasion des copeaux, et au vieillissement en particulier pour ce qui concerne les protecteurs en polycarbonate en contact direct avec le liquide d'arrosage.

Pour éviter le problème du vieillissement du protecteur en polycarbonate, on peut utiliser côté intérieur un verre Triplex « sandwich » ; cela permet également d'éviter les rayures.

Les protecteurs peuvent aussi être en métal. Dans ce cas, ils doivent comporter des oculous transparents, s'il est nécessaire pour l'opérateur de voir la zone d'usage.

Pour assurer une meilleure sécurité de l'opérateur lors d'une casse d'outil, il est préférable que la position de ces oculous transparents de vision de la zone de travail soit décalée par rapport au plan de projection (pas de présence opérateur dans le plan de rotation de l'outil).

Généralement, la vision n'est utile que pour les mises au point, ou pour voir comment se dégagent les copeaux.

Les protecteurs peuvent aussi être entièrement opaques, la vision de la zone d'usage étant obtenue par une ou plusieurs caméras.

Avec la caméra vidéo, il est possible de visualiser des éléments que l'on n'observe pas par l'oculus transparent. Pour une meilleure vision, on peut utiliser une caméra vidéo avec éclairage intégré par fibres optiques périphériques (ce mode d'éclairage a l'avantage de supprimer tous les reflets).

De plus, la caméra peut être montée à l'intérieur d'un carter équipé d'un essuie-glace lave-glace avec rideau d'air sur le vitrage.

Qu'ils soient fixes ou mobiles, les protecteurs ne doivent pas pouvoir être déposés sans outil.

Par ailleurs, les protecteurs ne doivent pas gêner l'activité de l'opérateur (accès aux commandes, visibilité, etc.)

4.1. Protecteurs fixes

Des protecteurs fixes sont mis en place chaque fois qu'il n'est pas nécessaire de les ouvrir ou les démonter fréquemment (de l'ordre d'une fois par semaine).

Ils devront être faciles à mettre en œuvre, en limitant le nombre de points de fixation.

4.2. Protecteurs mobiles (fig. 2)

Ces protecteurs doivent être conçus de manière qu'ils ne puissent se refermer intempestivement, créant un risque pour l'opérateur : verrouillage en position ouverte, pêne monté à l'envers, coulisses inclinées dans le sens de l'ouverture, décalage des gonds...

Les protecteurs mobiles peuvent être à déplacement commandé à condition que leur mouvement n'entraîne pas de risques

On peut à cet effet :

- obtenir leur mouvement par action maintenue sur un organe de commande ;
- limiter l'énergie mise en jeu pour leur déplacement ;
- arrêter leur mouvement par action sur une bordure sensible.

Aux protecteurs mobiles sont associés obligatoirement des dispositifs d'interverrouillage respectant les principes énoncés dans la norme NF EN 1088.

La fermeture du protecteur ne doit pas provoquer la remise en marche des éléments mobiles.

5. Conception du circuit de commande

5.1. Règles générales

Après appréciation du risque selon la norme NF EN 1050, le circuit de commande est réalisé en conformité avec les normes qui s'y rapportent (par exemple : NF EN 60204-1, NF EN 954-1, CEI 61508) (1).

Les systèmes électroniques programmables sont conçus en tenant compte de l'ambiance et des conditions d'utilisation de la machine. Ils répondent au minimum aux spécifications de la norme NF EN 61131-2.

L'implantation des dispositifs de commande, des capteurs et des actionneurs est réalisée suivant les règles de l'art en matière de câblage pour assurer la meilleure immunité aux parasites conduits et rayonnés. Une attention particulière doit être portée :

- au câblage des masses pour réaliser l'équipotentialité.
- à la séparation de l'alimentation en énergie du circuit de commande et du circuit de puissance,

(1) Pour plus d'informations, se reporter aussi au document INRS ED 807 et au projet de norme prEN 954-2.

Fig. 2. Protecteurs mobiles empêchant l'accès à la zone de chargement de la pièce. L'ouverture de ces protecteurs interdit tout mouvement dangereux dans cette zone durant les opérations de chargement et déchargement des pièces - Moveable guards preventing access to the workpiece loading zone. Opening these guards prohibits any dangerous movement in this zone during loading or unloading operations



Photo PCI-SCEMM

Fig. 3. Conditions d'utilisation d'une logique programmable pour traiter des fonctions de sécurité directe - Conditions of use of a programmable logic controller to manage safety critical functions

Fig. 3a.

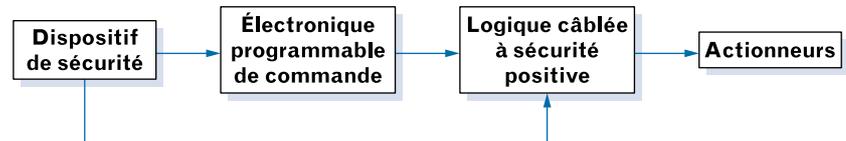
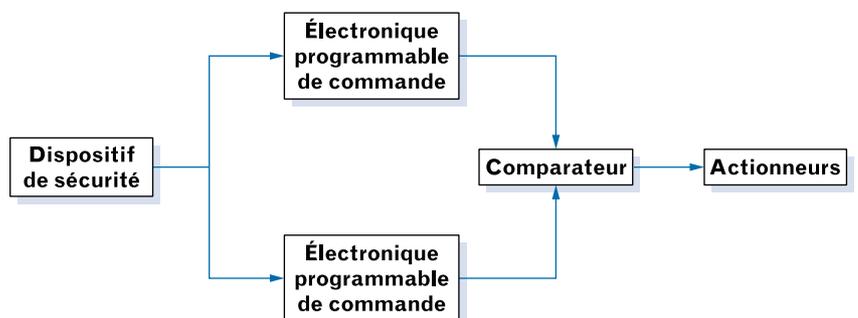


Fig. 3b. Le comparateur permet de vérifier si les deux niveaux de sortie sont identiques



- au filtrage des perturbations hautes fréquences,
- à l'écrêtage des surtensions.

5.2. Règles concernant les fonctions de sécurité

Les fonctions de sécurité directe :

- arrêt d'urgence,
 - interverrouillage lié aux protecteurs,
 - commande bimanuelle,
 - dispositif sensible de protection,
 - sélection d'un mode de marche présentant un risque pour l'utilisateur.
- Elles doivent être traitées soit :
- par des circuits à « logique câblée »,
 - par une logique programmable sécurisée par la logique câblée (cf. *schéma de principe 3a, page précédente*),
 - par une logique programmable redondante (cf. *schéma de principe 3b*),
 - par un automate programmable industriel de sécurité (APIdS).

Par exemple : pour le contrôle de l'alidade de broche, les réglages s'effectuent tantôt portes ouvertes (énergie coupée), tantôt portes fermées.

Pour effectuer cette opération portes ouvertes, énergie non coupée, il faut utiliser soit la commande d'axes et de broche sécurisés, soit le boîtier à gâchette de sécurité.

Des précautions particulières doivent être prises dans le cas d'emploi de technologie électronique, tant au niveau matériel que logiciel : dispositifs d'autotest à chaque mise en service et d'autocontrôle en cours de fonctionnement.

Ces systèmes doivent être conformes aux normes sur l'émission et la réception des rayonnements électromagnétiques NF EN 61000-6-4 et NF EN 61000-6-2.

Les fonctions de sécurité directe agissent le plus près possible des actionneurs : le constructeur choisira la solution qui permet l'arrêt des mouvements d'axes ou de broches le plus rapidement possible (arrêt d'urgence de catégorie 0 ou 1).

Les fonctions de sécurité indirectes (voir norme NF EN 292-1) telles que autosurveillance et temporisation liées à des fonctions de sécurité peuvent être traitées par la logique programmable.

5.3. Arrêts d'urgence

Règles générales

Des dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être mis en place à chaque poste de travail :

- sur le pupitre de commande principal,

- sur le pupitre portatif,
- au poste de chargement/déchargement des pièces,
- au poste de chargement/déchargement des outils.

L'arrêt d'urgence peut aussi être déclenché par l'automatisme de commande de la machine, par exemple sur défaut des asservissements d'axes, de broche, ou d'incidents de process.

L'arrêt d'urgence peut être de catégorie 0 ou de catégorie 1 (voir § 2.2).

Les solutions technologiques d'arrêt ou de freinage doivent être choisies en fonction de la catégorie d'arrêt retenue.

La coupure de courant doit être traitée comme un arrêt de catégorie 0.

Cas des moteurs linéaires

Il y a quatre solutions pour assurer l'arrêt de l'axe en cas de perte de réseau :

- court-circuit des phases par un dispositif électromécanique à manque de tension ;
- freinage actif par le variateur : mise à 0 de la référence vitesse. Le variateur dispose d'une réserve d'énergie et a la capacité de régénérer l'énergie du moteur, ce qui autorise un freinage normal même en cas de coupure de courant ;
- court-circuit actif par le variateur. Le variateur assure une tension moyenne nulle entre phases. C'est le même principe que le court-circuit par un contacteur, mais c'est actif ;
- freinage avec un frein mécanique à manque de tension.

5.4. Sélection des modes de fonctionnement

Tout changement de mode de fonctionnement doit nécessiter une intervention manuelle de l'opérateur.

6. Règles concernant l'usinage et l'accès à la zone d'usinage

6.1. Usinage

Outils et porte-outils

Il existe des attachements basse vitesse et des attachements grande vitesse, mais qui ne présentent pas de différence visible.

Il est très important d'utiliser des attachements **garantis** pour la vitesse d'utilisation prévue.

Il est important pour les utilisateurs de gérer leur ensemble de porte-outils et outils à grande vitesse par :

- une gravure indiquant la vitesse limite outil et porte-outil (2) ;
- un équilibrage des outils et des porte-outils, d'autant plus important que la fréquence (vitesse) de rotation est élevée. La classe d'équilibrage est définie par le constructeur de machine-outil et doit être impérativement respectée car il y a des risques de destruction d'outil en rotation.

Remarque

A grande vitesse, l'effet d'une plaquette projetée correspond à l'impact d'une balle de 9 mm. D'où la nécessité d'installer des écrans suffisamment résistants (voir § 4 « Conception des protecteurs »).

Il peut aussi y avoir un mauvais accrochage du porte-outil à la broche, ce qui peut provoquer l'éjection de l'ensemble porte-outil et outil. Il est recommandé que la machine soit équipée d'un système de détection du placage du porte-outil sur la broche.

Les utilisateurs doivent connaître, pour tous leurs outils, la vitesse de rotation maximale définie par le constructeur.

Attention ! N'utiliser que des pièces d'origine sur les outils et porte-outils.

La valeur de l'effort d'accrochage du porte-outil doit être spécifiée par le constructeur. Elle doit faire l'objet d'une vérification périodique par l'utilisateur.

Électrobroche

Pour les usinages à grande vitesse, on utilise en général une électrobroche.

À la longue, des vibrations peuvent apparaître sur l'électrobroche. Ces vibrations peuvent être dues à :

- une usure, provoquée par exemple par un choc de l'outil sur la pièce et augmentée rapidement par la fréquence (vitesse) de rotation,
- un outil mal réalisé, mal monté ou cassé,
- une plaquette détériorée,
- une dégradation des conditions de coupe.

Le contrôle vibratoire de la machine est important pour déceler à temps un problème sur la broche. Il permet de détec-

(2) La norme européenne NF EN ISO 15641 précise que « les fraises prévues pour une utilisation à des vitesses périphériques élevées doivent être marquées de façon claire, visible et permanente avec les informations minimales » indiquées dans cette norme.

miner un déséquilibre au-delà de la tolérance de la machine.

Ce contrôle de la broche peut être automatique ou effectué à titre préventif périodiquement. À chaque changement de broche, il est utile également de vérifier les forces de traction d'accrochage du porte-outil sur les broches.

Système d'arrosage - formation de copeaux

Système d'arrosage

Dans le cas d'arrosage par le centre, le tube d'arrosage du porte-outil est d'une importance primordiale; il doit être calibré et conforme aux recommandations du constructeur du porte-outil et il faut vérifier sa présence à chaque opération de montage, afin d'éviter tout risque de détérioration de la broche.

Formation des copeaux

- Il est conseillé de prévoir un copeau fragmenté.

- Il est recommandé de modifier la cartérisation dans certains cas et de s'équiper de buse rotative pour évacuer les copeaux.

- L'arrosage permet l'évacuation des copeaux. La broche horizontale favorise l'évacuation des copeaux.

6.2. Règles concernant l'accès à la zone d'usinage

L'accès à la zone d'usinage doit être empêché ou contrôlé par la mise en place de protecteurs qui, selon la fréquence d'accès, peuvent être fixes ou mobiles.

Les protecteurs mobiles, permettant de pénétrer dans cette zone pour des opérations de chargement, de déchargement, de réglage ou de maintenance, doivent être équipés de dispositifs d'interverrouillage (voir § 2.4).

L'accès à la zone d'usinage doit normalement n'être autorisé que lorsque la machine est arrêtée ; néanmoins, certaines conditions particulières d'accès peuvent être envisagées selon le mode de fonctionnement sélectionné.

Mode automatique

L'interverrouillage interdit la pénétration dans la zone d'usinage.

Pour cette raison, il est obligatoire d'équiper les protecteurs mobiles d'un dispositif d'interverrouillage.

Le verrou immobilise la porte en position fermée dès le départ du cycle de la

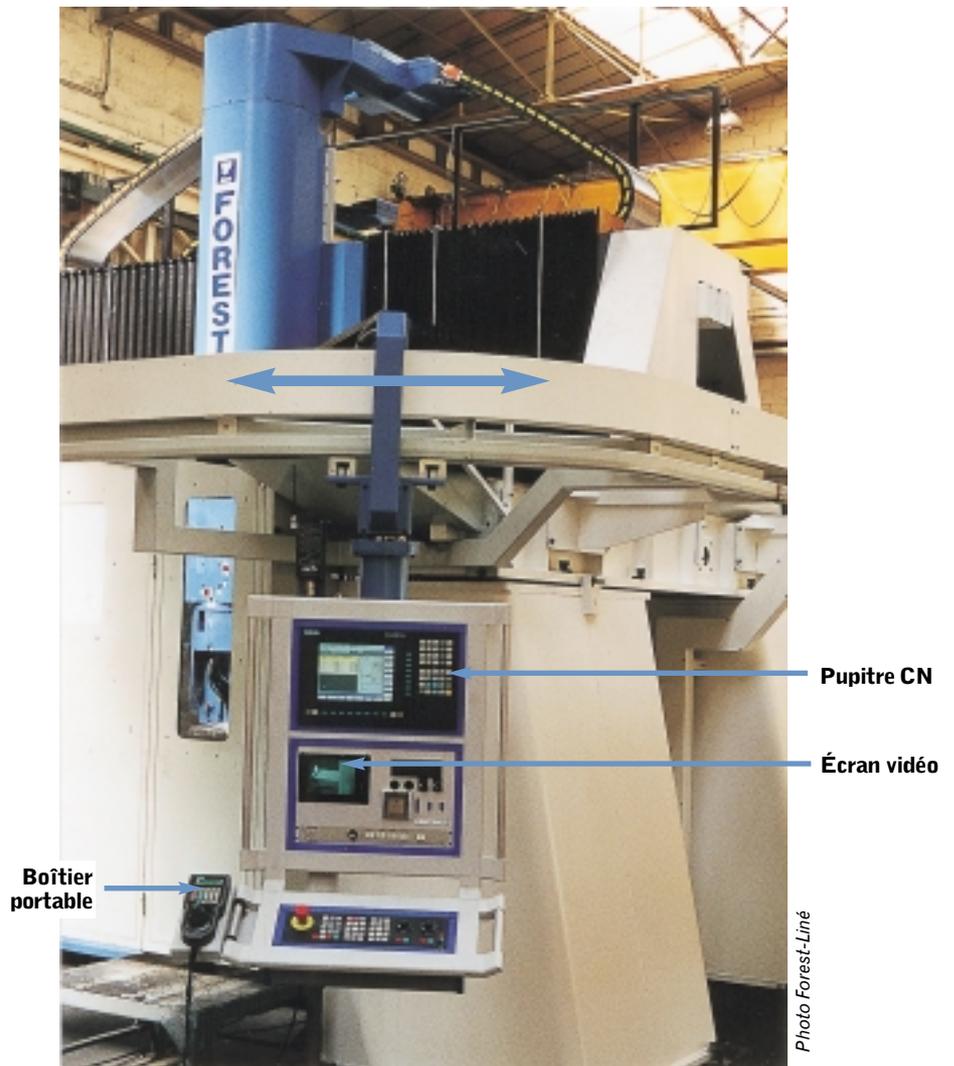


Fig. 4. Pupitre mobile regroupant les fonctions principales de commande de la machine - Mobile control panel grouping the main control functions of the machine

machine. L'ouverture du verrou ne se fera que sur demande de l'opérateur, après contrôle de l'arrêt par l'automatisme machine de tous les mouvements dangereux (broche, axe, périphériques). Mais, cela nécessite de disposer d'une commande d'axes et de broche sécurisés ou d'utiliser une commande avec gâchette de sécurité (système homme-mort).

Dans ce mode, le redémarrage est impossible tant que la porte opérateur est ouverte.

En cas de besoin, une commande d'« arrêt d'usinage » ou d'« arrêt d'avance » permet à l'opérateur d'arrêter les avances sans arrêter la broche, les dispositifs de sécurité restant actifs.

Mode manuel (et modes assimilés)

Pour les machines à grande vitesse, le constructeur doit définir les paramètres

dynamiques (accélération, vitesse de broche et vitesse d'avance) qui soient acceptables pour les opérations de réglage en mode de fonctionnement manuel (portes fermées).

Lorsque ce mode est sélectionné, il est possible d'ouvrir les protecteurs mobiles donnant accès à la zone d'usinage mais, dans ce cas, les conditions de fonctionnement sont les suivantes :

- Les mouvements d'avance sont limités à une valeur inférieure ou égale à 2 m/min et commandés, pour chaque axe, par action maintenue sur des boutons de commande (ou par manivelle électronique) ; ces opérations sont commandées, soit depuis le pupitre principal si l'opérateur a une visibilité totale depuis celui-ci sur la zone d'usinage, soit à l'aide d'un pupitre portatif (fig. 4) ; l'utilisation de ce pupitre rend alors **inopérantes toutes les autres commandes.**

■ Le mode manuel doit utiliser le mode commande d'axes et de broche sécurisés ou la commande avec gâchette de sécurité (système homme-mort).

■ La rotation de broche n'est autorisée qu'à la plus faible vitesse possible définie par le constructeur et doit être obtenue par action maintenue sur un organe de commande, cette possibilité étant réservée aux réglages.

■ Les changements d'outil et de palette sont possibles à condition d'utiliser les vitesses réduites préconisées par le constructeur. Ils doivent être commandés mouvement par mouvement et par action maintenue sur un organe de commande.

Mode bloc à bloc

Ce mode, qui est principalement utilisé pour les mises au point de programmes, est assimilable à un mode automatique. En effet, durant l'exécution d'un bloc, la machine fonctionne à pleine vitesse et divers mouvements peuvent s'exécuter simultanément.

La gestion des protecteurs est identique à celle du mode automatique (voir § 6.2 « Mode automatique »). Par contre, il doit être possible de demander l'ouverture des protecteurs après l'arrêt contrôlé des mouvements et de la broche tout en restant en mode bloc à bloc, mais cela nécessite d'avoir la commande d'axes et de broche sécurisés (voir encadré 1, § 11) ou la commande avec gâchette de sécurité. Après fermeture des protecteurs, il est possible de commander le bloc suivant.

7. Règles concernant la zone de chargement des pièces

Pour le chargement des pièces, la hauteur et la profondeur de la table et/ou de la palette doivent respecter les données anthropométriques (voir prNF EN ISO 14738).

Suivant le poids des pièces et la répétitivité des opérations de chargement, des dispositifs d'aide à la manutention seront à mettre en place.

Ces deux principes permettent d'éviter des postures pénibles et une charge physique excessive pour l'opérateur.

7.1. Poste de chargement manuel sans palette

Avant de monter les pièces directement sur la table de la machine, l'opérateur doit mettre la machine en arrêt normal (pour éviter tout risque de déplacement des axes). L'ouverture des protecteurs interdit toute remise en service de la machine. Après refermeture des protecteurs, le départ du cycle ne peut être obtenu que par une action volontaire sur un organe de commande.

Dans le cas de machines travaillant en mode pendulaire (un poste en usinage, un poste en chargement-déchargement), la zone de chargement-déchargement doit être sécurisée.

7.2. Poste de chargement manuel sur palette (zone de palettisation)

L'opérateur charge la pièce en temps masqué sur une palette située sur un poste de chargement, pendant qu'une autre pièce est en cours d'exécution sur une autre palette à l'intérieur de la zone d'usinage. L'échange des palettes s'exécute automatiquement.

Lorsque le mouvement des palettes engendre un risque, il y a lieu d'empêcher l'accès aux zones dangereuses en mettant en place :

- soit une protection par obstacle (protecteurs fixes ou protecteurs mobiles équipés d'un dispositif de verrouillage) ;
- soit un dispositif sensible détecteur de présence (barrage immatériel, tapis sensible), provoquant l'arrêt des mouvements dangereux ou rendant ces mouvements impossibles tant qu'une personne se trouve dans la zone dangereuse.

Si une personne intervient dans la zone de palettisation quand le programme appelle un changement de palette, le cycle est interrompu en arrêt contrôlé et ne pourra se poursuivre qu'après retrait de la personne et action volontaire sur un bouton de réarmement.

Lorsqu'un écran sépare la zone de palettisation de la zone d'usinage, le mouvement de cet écran ne doit pas se produire tant que l'opérateur est dans la zone de palettisation.

8. Règles concernant la zone du magasin d'outils

Cette zone comporte des éléments mobiles, dont les mouvements engendrent des risques mécaniques importants :

- entraînement et coupure par les outils en déplacement,
- coincement ou cisaillement par les éléments mobiles : godets, galets/chemin de roulement, bras-transfert, protecteurs automatiques internes.

L'accès à cette zone doit être empêché par la mise en place de protecteurs fixes ou mobiles interverrouillés.

L'ouverture du protecteur mobile, qui donne accès à cette zone pour les opérations de chargement et déchargement manuel des outils, provoque l'arrêt normal de tout mouvement dangereux et interdit tout redémarrage (rotation de chaîne ou de tourelle, changement automatique d'outil...).

La chaîne (ou la tourelle) peut néanmoins être mise en mouvement par action maintenue sur un organe de commande, et de préférence à vitesse lente.

Ce protecteur mobile doit être conforme aux prescriptions du § 4.2.

Si une personne intervient dans la zone du magasin d'outils quand le programme appelle un changement d'outil, le cycle est interrompu en arrêt contrôlé et ne pourra se poursuivre qu'après retrait de la personne et action volontaire sur un bouton de réarmement.

Lorsqu'un écran sépare la zone du magasin d'outils de la zone d'usinage, le mouvement de cet écran ne doit pas se produire tant que l'opérateur est dans la zone du magasin d'outils.

9. Règles concernant la zone opérateur (et au-delà)

Limitation des risques pour l'environnement

Risques dus au bruit

Le constructeur doit informer l'utilisateur du bruit émis par sa machine suivant la directive européenne 98/37.

La norme NF EN 12417 offre dans son annexe D une méthode de mesure de l'émission sonore des centres d'usinage qui est applicable aux centres UGV.

Il est recommandé de l'utiliser pour déterminer les valeurs d'émission sonore des centres UGV qui doivent figurer dans la documentation technique décrivant la machine et dans la notice d'instructions.

Si une réduction de bruit est nécessaire, il est possible de l'obtenir par :

- l'utilisation d'outils et de conditions de coupe adéquats,
- une mise à l'écart de certains périphériques bruyants, comme l'ensemble de filtration et la pompe,
- une isolation phonique, si nécessaire.

Risques dus aux brouillards d'huile et aux poussières

Nécessité d'utiliser des systèmes d'aspiration suivant la réglementation en fonction des matériaux usinés et des conditions d'arrosage.

Pour les brouillards d'huile, se reporter au document INRS ED 680 (voir références dans l'encadré Documentation).

10. Formation - Information

10.1. Aspects réglementaires

Conformément à la réglementation et en particulier à l'article L. 231-3.1 du Code du travail, tout chef d'établissement utilisateur est tenu d'organiser une formation pratique et appropriée en matière de sécurité.

L'article R. 231-36 précise que la formation à la sécurité, relative à l'exécution du travail, a pour objet :

- d'enseigner au salarié, à partir des risques auxquels il est exposé, les comportements et les gestes les plus sûrs en ayant recours, si possible, à des démonstrations,
- de lui expliquer les modes opératoires retenus, s'ils ont une incidence sur sa sécurité ou celle des autres salariés,
- de lui montrer le fonctionnement des dispositifs de protection et de secours et de lui expliquer les motifs de leur emploi (par conséquent, la nécessité de les conserver en bon état et de vérifier périodiquement leur bon fonctionnement).

Cette formation doit s'intégrer dans la formation ou les instructions profession-

nelles que reçoit le salarié ; elle est dispensée sur les lieux de travail ou, à défaut, dans des conditions équivalentes.

De plus, l'article R. 233-2 précise que le chef d'établissement doit informer de manière appropriée les travailleurs chargés de la mise en œuvre ou de la maintenance des équipements de travail :

- des conditions d'utilisation ou de maintenance de ces équipements de travail ;
- des instructions ou consignes les concernant ;
- de la conduite à tenir face aux situations anormales prévisibles ;
- des conclusions tirées de l'expérience acquise permettant de supprimer certains risques.

L'article R. 233-3 ajoute que la formation à la sécurité, dont bénéficient les travailleurs chargés de la mise en œuvre ou de la maintenance des équipements de travail, doit être renouvelée et complétée aussi souvent qu'il est nécessaire, pour prendre en compte les évolutions des équipements de travail dont ces travailleurs ont la charge. L'opérateur devra en particulier être tenu informé des risques nouveaux pouvant être générés par des transformations apportées aux machines.

10.2. Formation spécifique aux centres UGV

Sur les centres UGV, la moindre erreur est potentiellement dangereuse.

L'analyse des accidents sur une dizaine d'années a fait ressortir que nombre d'accidents graves touchent du personnel inexpérimenté ou intérimaire, d'où l'importance de la formation et de l'information des opérateurs.

La qualification des opérateurs joue un rôle prépondérant pour assurer leur sécurité sur ces machines.

- De ce fait, devront être assurées :
- une formation pour l'opérateur,
 - une formation pour le service « Méthodes »,
 - une formation sur l'équilibrage de l'ensemble outil et porte-outil et sur le montage du tube d'arrosage pour les pré-régulateurs d'outils,
 - une formation pour le service maintenance.

La formation initiale, opérateur et maintenance, peut être assurée par le construc-

teur. Il est conseillé à l'utilisateur de l'envisager lors de la commande de la machine.

Remarque

La philosophie d'utilisation de ces machines n'est plus la même en grande vitesse. Bien souvent les utilisateurs ne font pas seulement de la série mais aussi de la mise au point de programmes.

Pour les mises au point, il est impératif de respecter les procédures de sécurité définies par les modes de marche.

10.3. Informations, consignes au poste

■ Gammes de contrôle préventif et consignes de poste écrites. Ces gammes et consignes de poste doivent être disponibles au poste de travail.

■ Pour chaque machine : manuel d'instructions qui définit les procédures de maintenance de 1^{er} niveau, de réglage et de fonctionnement ainsi que les conditions de sécurité à respecter.

■ Pour la bonne conduite de ces machines, il est nécessaire pour l'opérateur d'être formé à l'utilisation de la commande numérique.

■ On considère qu'un implant actif (stimulateur cardiaque en particulier) peut voir son fonctionnement perturbé par un champ magnétique supérieur à 0,5 mT et qu'un implant passif en matériaux ferromagnétiques peut éventuellement se déplacer ou se déformer dès 3 mT.

Sur les centres d'usinage, on peut observer un champ magnétique permanent à proximité des moteurs linéaires.

Il serait souhaitable que le constructeur indique dans la notice de la machine les distances à respecter pour rester en dessous de ces valeurs. Le pictogramme d'avertissement de la présence du champ magnétique statique, ainsi que celui d'interdiction pour les porteurs de stimulateur cardiaque, devront être apposés sur la machine, dans les zones à signaler respectives (*fig. 5, page suivante*). Ces zones devront être matérialisées. Une information spécifique devra être dispensée aux salariés concernés.

A titre préventif : éviter l'utilisation des téléphones portables à proximité des centres UGV.

Il appartient au **constructeur** de définir les procédures de sécurité lors de la première mise au point d'une machine.

Exemples :

- mise en place de carter en tôle de protection peint en jaune strié noir,
- balisage de la zone,
- mise en place de panneau synthétisant les principaux risques,
- mise en place de consignes de sécurité pour :
 - l'utilisation de contrôle laser,
 - l'utilisation de liquides dangereux (glycol pour systèmes de refroidissement, huile soluble pour usinage),
 - les travaux en hauteur avec balisage par barrière,
 - l'utilisation d'aimants et de champs magnétiques.

Le constructeur doit définir pour l'utilisateur les mesures de sécurité correspondant aux opérations de mise au point d'un centre UGV.

Toute intervention de l'utilisateur sur les fonctions de sécurité de la machine doit faire l'objet d'une validation et d'un accord écrit du constructeur ou d'une homologation d'un organisme agréé.

11. Notice

Pour l'élaboration de la notice, il faut se reporter à la norme NF X 60-200. En outre, il faut que cette notice soit fournie par le constructeur ou l'importateur dans la langue de l'utilisateur (comme l'impose la réglementation).

La rédaction de la notice technique d'utilisation a une grande importance sur le plan de la sécurité. Elle doit lever toute

ambiguïté pour permettre à l'utilisateur averti de faire fonctionner la machine en toute sécurité.

L'attention des concepteurs est donc spécialement attirée sur le fait qu'il ne suffit pas de mettre en place des moyens de prévention, aussi efficaces soient-ils, il faut que leurs conditions d'utilisation dans les différentes configurations de marche de la machine soient clairement spécifiées dans la notice.

La notice doit donc comporter une description aussi claire et détaillée que possible des diverses protections standard ou optionnelles équipant la machine ainsi que l'usage qui doit en être fait :

- protecteurs fixes (consignation avant démontage, description, etc.) ;
- protecteurs mobiles à verrouillage (description, type du matériel utilisé, essai périodique, etc.) ;
- arrêts d'urgence (nombre, types, emplacements, etc.) ;
- dispositifs sensibles ;
- commande bimanuelle ;
- options éventuelles.

Les passages de la notice concernant la sécurité sont mis en valeur en faisant figurer en marge le *signe distinctif* :



Les auteurs remercient Aérospatiale-Matra-Airbus, Dassault Aviation, Forest-Liné, PCI-SCEMM, PSA Peugeot-Citroën, Ratier, Renault, Renault Automation-Comau, Symap, d'avoir contribué à l'élaboration de ce document.

Fig. 5. Pictogrammes de signalisation

Signalisation de proximité d'un champ magnétique statique



Signalisation d'interdiction aux porteurs de stimulateur cardiaque



DOCUMENTATION UTILE POUR LA FABRICATION DES CENTRES UGV

NORMES

NF EN 292-1 - Sécurité des machines. Notions fondamentales, principes généraux de conception. **Partie 1** : terminologie de base, méthodologie. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, déc. 1991, 33 p.

NF EN 292-2 - Sécurité des machines. Notions fondamentales, principes généraux de conception. **Partie 2** : principes et spécifications techniques. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, juin 1995, 86 p.

NF EN 294 - Sécurité des machines. Distances de sécurité pour empêcher l'atteinte des zones dangereuses par les membres supérieurs. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, sept. 1992, 13 p.

NF EN 418 - Sécurité des machines. Équipement d'arrêt d'urgence, aspects fonctionnels. Principes de conception. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, févr. 1993, 10 p.

NF EN 953 - Sécurité des machines. Protecteurs. Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, déc. 1997, 33 p.

NF EN 954-1 - Sécurité des machines. Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. **Partie 1** : principes généraux de conception. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, févr. 1997, 38 p.

NF EN 1050 - Sécurité des machines. Principes pour l'appréciation du risque. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, janv. 1997, 28 p.

NF EN 1088 - Sécurité des machines. Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs. Principes de conception et de choix. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, juin 1996, 39 p.

NF EN 12417 - Machines-outils. Sécurité. Centres d'usinage. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, nov. 2001, 48 p.

NF EN 60204-1 - Sécurité des machines. Équipements électrique des machines. **Partie 1** : prescriptions générales. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, avril 1998 (réédition 1999), 104 p.

NF EN 61000-6-2 - Compatibilité électromagnétique (CEM). **Partie 6-2** : normes génériques. Immunité pour les environnements industriels. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, févr. 2002, 17 p.

NF EN 61000-6-4 - Compatibilité électromagnétique (CEM). **Partie 6-4** : normes génériques. Norme sur l'émission pour les environnements industriels. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, janv. 2002, 11 p.

NF EN 61131-2 - Automates programmables. **Partie 2** : spécifications et essais des équipements. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, oct. 2000, 124 p.

NF EN ISO 15641 - Fraises pour usinage à grande vitesse. Prescriptions de sécurité. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, nov. 2001, 22 p.

CEI 61508-1 à 61508-7 - Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité. **Partie 1** : prescriptions générales. **Partie 2** : prescriptions pour les systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité. **Partie 3** : prescriptions concernant les logiciels. **Partie 4** : définitions et abréviations. **Partie 5** : exemples de méthodes de détermination des niveaux d'intégrité de sécurité. **Partie 6** : lignes directrices pour l'application de la CEI 61508-2 et de la CEI 61508-3. **Partie 7** : Prescriptions de technique et mesures. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR - **Partie 1** : déc. 1998, 115 p. **Partie 2** : mai 2000, 143 p. **Partie 3** : déc. 1998, 95 p. **Partie 4** : nov. 1998, 53 p. **Partie 5** : nov. 1998, 57 p. **Partie 6** : avr. 2000, 145 p. **Partie 7** : mars 2000, 229 p.

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. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, avr. 1985, 26 p.

PROJETS DE NORMES

prNF EN 954-2 - Sécurité des machines. Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. **Partie 2** : validation. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, mars 2001, 70 p.

prNF EN ISO 14738 - Sécurité des machines. Prescriptions anthropométriques relatives à la conception des postes de travail sur les machines. Paris - Saint-Denis-La-Plaine, AFNOR, févr. 1998, 33 p.

DOCUMENTS INRS

Sécurité des machines et des équipements de travail. Moyens de protection contre les risques mécaniques. Paris, INRS, 2001, ED 807, 104 p.

Captage et traitement des brouillards d'huiles entières. Paris, INRS, 3^e éd. 1995, ED 680, 24 p.

Fiche pratique de sécurité - L'autocertification « CE ». Paris, INRS, ED 54, 4 p.

Fiche pratique de sécurité - Les machines d'occasion et composants de sécurité. Paris, INRS, ED 89, 4 p.

PAGLIERO D. et coll. - Analyse du niveau de sécurité d'une commande d'axe à sécurité intégrée. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 2003, 190, ND 2187, pp. 33-50.

Annexe : page suivante >>>

MACHINES DE GRANDES DIMENSIONS - APPENDIX: LARGE-SIZE MACHINES (volume de travail ou pièce > 2 m³ - Volume of work or workpiece > 2 m³)

Si l'on affecte aux centres d'usinage à grande vitesse de petites dimensions (volume de travail ou pièce ≤ 2 m³) la catégorie 1, pour les machines de grandes dimensions on peut distinguer trois catégories de machines :

- ◆ celles qui peuvent être totalement carénées comme pour les centres d'usinage de catégorie 1 (soit catégorie 2);
- ◆ celles qui peuvent être protégées sur leur périphérie (catégorie 3);
- ◆ celles de très grandes dimensions (catégorie 4).

Machine de catégorie 2 (fig. A1)

Les règles de la catégorie 1 s'appliquent, seule la vitesse d'avance en présence opérateur peut être portée à 4 m/min vu la longueur des courses et le volume machine.

Machine de catégorie 3 (fig. A2)

Souvent dédiée à la fabrication de pièces unitaires, l'accès de l'opérateur dans la zone d'usinage est plus fréquente. La taille machine ne permet pas de fermer complètement la zone de travail. Une protection périmétrique protège l'opérateur.

Comme dans le cas de la photographie, la partie supérieure de la machine peut être protégée contre la sortie des copeaux de la zone d'usinage.

L'opérateur est protégé contre les projections de copeaux et les projections directes d'éléments d'outil. Vu le volume de la machine, comme pour la catégorie 2, la vitesse d'avance en présence de l'opérateur peut être limitée à 4 m/min.

Machine de catégorie 4 (fig. A3)

Ces machines sont dédiées à l'usinage de pièces de très grandes dimensions, très souvent unitaires (exemple : 10 m x 5 m x 1 m). Il est difficile d'élaborer des règles générales, une étude sécurité doit être faite à chaque fois en collaboration avec le client et avec l'aide d'un organisme agréé, ce guide technique de sécurité servant de support à l'analyse.

Pour la fraiseuse 5 axes horizontale dont l'image CAO est jointe, la démarche sécurité consiste à isoler l'opérateur dans une cabine sécurisée. La machine est isolée dans un local fermé. L'accès à ce local est sous la responsabilité de l'opérateur machine. Comme pour les autres catégories, la formation du personnel aux risques est très importante.

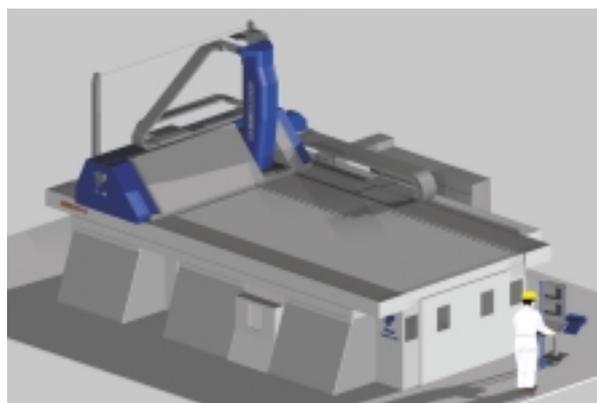
Pour les machines de catégorie 3 et 4, lorsque la présence de l'opérateur dans la zone d'usinage est indispensable, broche en rotation, machine en mode automatique continu, il faut :

- ◆ sécuriser au maximum les outils et porte-outils (équilibrage, contrôle de vibrations) ;
- ◆ sécuriser au maximum la programmation ;
- ◆ utiliser une commande d'axes et de broche sécurisés ou une commande avec gâchette de sécurité (système homme-mort) ;
- ◆ limiter les interventions au strict minimum nécessaire ;
- ◆ former spécifiquement les opérateurs aux risques encourus ;
- ◆ adapter la protection individuelle (lunettes, gants, casque...).

Fig. A1. Machine D Flexiix de catégorie 2 - Category 2 D Flexiix machine



Fig. A2. Machine Minumac de catégorie 3 - Category 3 Minumac machine



Document Forest-Liné

Fig. A3. Machine de catégorie 4 - Category 4 machine

