

→ J. Marsot, E. Parisot, service Machines et dispositifs de protection, centre de recherche de l'INRS, Nancy

# Programmateurs à cames

## Analyse fonctionnelle et résultats d'essais

### CAM PROGRAMMER

On some machines, particularly presses, cam programmers perform safety functions. These programmers are either designed and produced by the manufacturers of the machines on which they are installed, or manufactured as separate, ready-to-use modules. In the latter case, new so-called «safety» programmers, or those considered as new, must meet the relevant essential safety requirements set forth in the Machinery Directive, as amended.

This paper describes the functional analysis and test carried out on four «safety programmers». Based on these results and on the standards applicable, recommendations are given for the design, selection and installation of these devices.

● cam programmer ● testing  
● presses ● operation ● safety component

**S**ur certaines machines, et plus spécialement sur les presses, les programmeurs à cames assurent des fonctions de sécurité.

Ces programmeurs sont soit conçus et réalisés par le constructeur de la machine sur laquelle ils vont être installés, soit commercialisés sous forme de module «prêt à l'emploi». Dans ce second cas, les programmeurs à cames dits de sécurité, neufs ou considérés comme neufs (1) doivent satisfaire aux exigences essentielles de sécurité, qui leurs sont applicables, énoncées par la directive «Machines» modifiée [1].

Cet article décrit l'analyse fonctionnelle et les essais réalisés sur les quatre programmeurs dits «de sécurité» qui ont été recensés. A partir de ces résultats et en s'appuyant sur des prescriptions normatives applicables à ce type de composant, il donne des recommandations pour leur conception, leur choix et leur installation.

● programmeur à came ● essai ● presses ● fonctionnement ● composant de sécurité

**L**a fonction d'un programmeur à cames est de délivrer, suivant la position angulaire d'un arbre ou d'un vilebrequin, des ordres au circuit de commande d'une machine. Ces ordres ont généralement pour but d'assurer des fonctions d'automatisme (comptage, synchronisation de mouvements, etc.), mais ils peuvent également assurer des fonctions de sécurité. C'est notamment le cas pour les presses mécaniques où ce type de composant est utilisé, entre autres, pour assurer les fonctions suivantes : remontée automatique et arrêt point mort haut.

Dans ce cas, une défaillance ou une détérioration du programmeur à cames peuvent être à l'origine de situations très dangereuses pour l'opérateur.

## 1. Principe de fonctionnement

Les programmeurs à cames disponibles sur le marché peuvent être classés selon deux principes technologiques : électroniques et électromécaniques.

**Les programmeurs électroniques** sont généralement conçus à partir d'un codeur angulaire et d'une carte électronique (cf. fig. 1). Le codeur délivre un signal numérique spécifique à chaque portion angulaire (résolution). La carte électronique, généralement programmable, reçoit et traite ce signal pour activer ou désactiver différents relais de sortie.

**Les programmeurs électromécaniques** sont généralement constitués des éléments suivants (cf. fig. 2) :

- des interrupteurs ① qui délivrent un signal électrique au circuit de commande de la machine. Ils sont soit mécaniques, soit inductifs ;

(1) Un composant usagé mis en service pour la première fois dans l'Union Européenne est considéré comme neuf.

## GLOSSAIRE

### Action mécanique dépendante

La vitesse de déplacement des contacts dépend du mouvement de l'organe de commande. On parle également de contacts à ouverture lente. Le plus souvent la partie mobile des contacts est rendue solidaire de l'organe de commande [16].

### Action mécanique rapide

La vitesse de déplacement des contacts est pratiquement indépendante de la vitesse du mécanisme transmetteur. On l'appelle souvent contact à ouverture brusque. C'est le plus souvent la détente d'un ressort qui coupe ou établit la liaison électrique [16].

### Composant de sécurité (Directive 89/392/CEE)

Aux fins de la présente directive, on entend par composant de sécurité, un composant, pour autant qu'il n'est pas un équipement interchangeable, que le fabricant, ou son mandataire établi dans la Communauté, met sur le marché dans le but d'assurer, par son utilisation, une fonction de sécurité et dont la défaillance ou le mauvais fonctionnement met en cause la sécurité ou la santé des personnes exposées.

### Action mécanique positive (NF EN 292-2 [17])

Si un organe en mouvement entraîne inévitablement un autre organe, par contact direct ou par l'intermédiaire d'éléments rigides, on dit que ces organes sont liés suivant le mode positif (ou positivement). Il en est de même lorsqu'un organe s'oppose uniquement par sa présence à tout mouvement d'un autre organe.

Dans le cas contraire, lorsqu'un organe mécanique, en se déplaçant, en laisse un autre libre de se déplacer (par gravité, sous l'effet d'un ressort, etc.), il n'y a pas d'action mécanique positive du premier sur le second.

### Manœuvre positive d'ouverture (NF EN 60204-1)

Accomplissement de la séparation des contacts résultant directement d'un mouvement spécifié de l'organe de commande et effectué au moyen de pièces non élastiques (par exemple, sans l'intermédiaire de ressorts).

### Redondance (NF EN 60204-1)

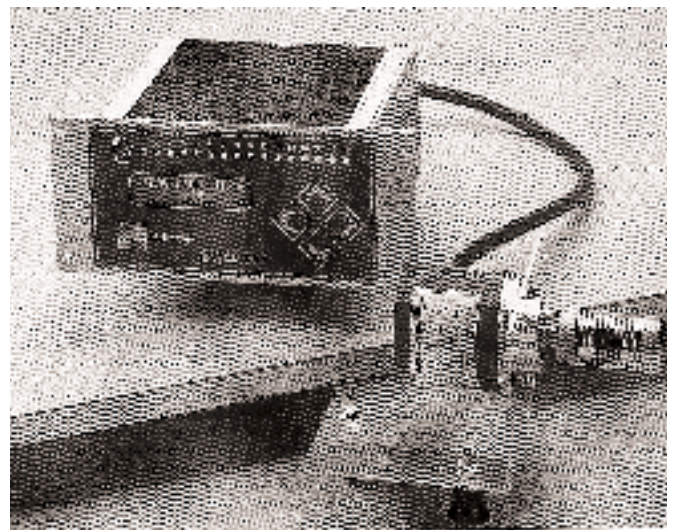
Duplication de dispositifs ou systèmes, visant à garantir que, dans l'éventualité d'une défaillance dans l'exécution de sa fonction, un autre est disponible pour exécuter la dite fonction.

- des disques de cames ② qui permettent le réglage des points de commutation des interrupteurs;
- des poussoirs également appelés «suiveurs» ③ qui suivent le profil des disques de came et viennent actionner les interrupteurs;
- un arbre ④, qui supporte les différents disques de cames et qui permet l'accouplement du programmeur à l'élément de transmission à contrôler;
- un carter ⑤, qui permet la protection et la fixation de l'ensemble.

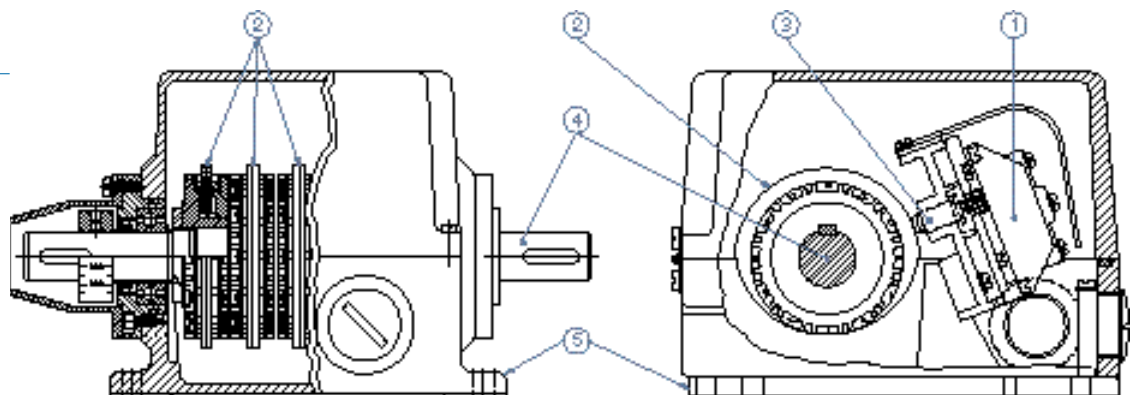
Entre 1996 et 1997, période de déroulement de ces travaux, quatre fabricants de programmeurs à cames dits «de sécurité» ont été recensés. Ils proposent tous des programmeurs de type électromécanique. Ils nous ont transmis un ou plusieurs exemplaires de leurs appareils équipés des différents types d'interrupteurs possibles (mécanique à action dépendante, mécanique à action rapide, inductif, etc.).

Aucun fabricant de programmeur électronique ne revendiquait le qualificatif de composant de sécurité au sens de la directive «Machines» modifiée.

Cette sélection effectuée au moment de la campagne d'essais n'a aucun caractère exhaustif. Il s'agissait de constituer un échantillon représentatif des programmeurs à cames dits «de sécurité» alors commercialisés sur le marché français.



**Fig. 1.**  
Programmeur électronique  
(document Sofradec)



**Fig. 2.** Exemple d'un programmeur à cames électromécanique  
(document Balluff)

- ① interrupteurs
- ② disques de cames
- ③ poussoirs ou «suiveurs»
- ④ arbre
- ⑤ carter

## 2. Analyse fonctionnelle et essais

Afin d'identifier et d'évaluer les différentes solutions techniques retenues pour la conception et la réalisation des programmeurs à cames recensés, une analyse fonctionnelle et des essais ont été réalisés sur chacun d'eux.

Les résultats obtenus contribuent à l'élaboration de recommandations pour la conception, le choix et l'installation de ce type de composant.

En ce qui concerne le mécanisme à came proprement dit, les différents principes rencontrés sont illustrés *figure 3*. Le mode d'entraînement en rotation des disques de cames, le type de contact entre la came et le suiveur et le type et le mode d'actionnement des interrupteurs ont fait l'objet d'une analyse fonctionnelle détaillée.

### 2.1. Le mode d'entraînement en rotation des disques de cames

Les programmeurs étudiés doivent pouvoir s'adapter au cycle des machines sur lesquelles ils vont être installés. De ce fait, la position angulaire de leurs disques de cames est réglable de 0° à 360°.

Les cames sont en fait constituées de deux demi-disques (*cf. fig. 4*). Des repères (graduations) facilitent le réglage, qui peut se faire sans influencer la position du demi-disque voisin, grâce à une entretoise dont la position angulaire est fixe par rapport à l'arbre du programmeur. Les demi-disques sont entraînés en rotation par l'intermédiaire de bagues supports, elles-mêmes entraînées en rotation par l'arbre. Dans tous les cas, ces bagues supports sont liés positivement à l'arbre, soit par «carré», soit par clavetage.

En ce qui concerne la liaison entre les bagues supports et les demi-disques de came, elle n'est assurée de façon positive que sur un seul des programmeurs étudiés (P3), où elle est obtenue par crénelage (*cf. fig. 5*). Sur les trois autres appareils (P1, P2 et P4) cette liaison est obtenue par adhérence (*cf. fig. 6*).

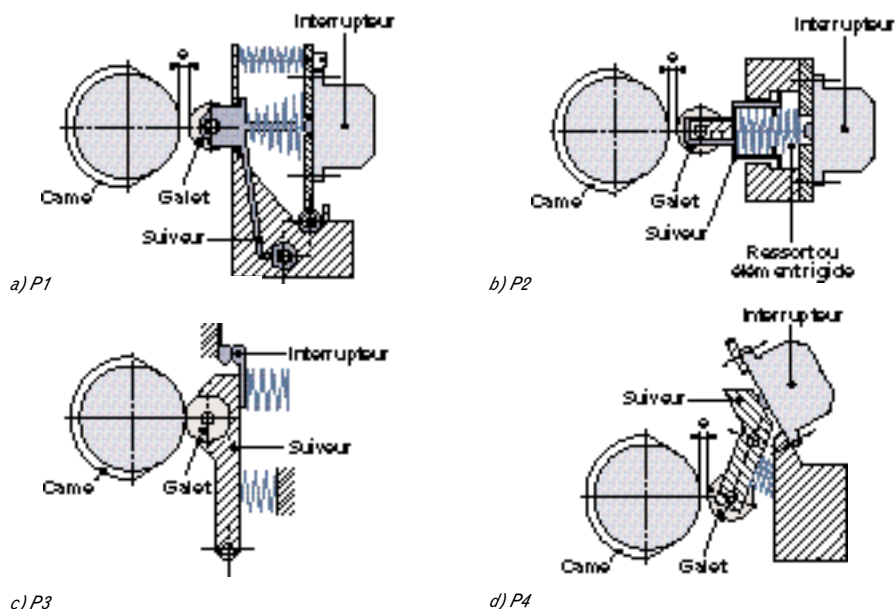


Fig. 3. Illustration des mécanismes à cames rencontrés

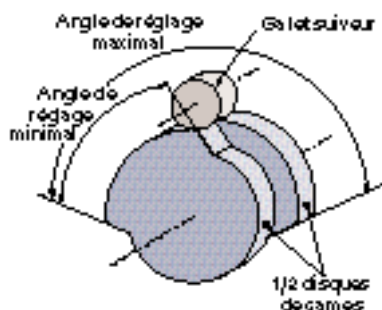


Fig. 4. Exemple de came réglable

Fig. 5. Liaison positive par crénelage

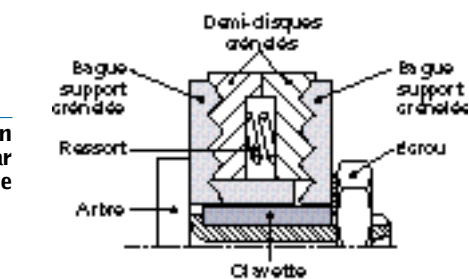
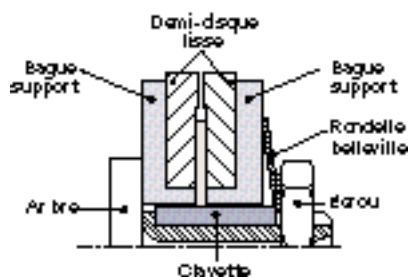


Fig. 6. Liaison par adhérence

Il était donc intéressant, pour ces trois appareils, de déterminer le couple exercé par le galet de contact sur les disques et de le comparer à celui nécessaire à leur glissement. Ce dernier est fonction du couple de serrage appliqué à l'écrou qui comprime, via des éléments élastiques (ressorts, rondelles bellevilles), l'empilage des demi-disques de cames (cf. fig. 7).

Selon la théorie des mécanismes à cames [2], les différents efforts qui s'appliquent au point de contact entre le galet et la came sont :

- l'effort de levée  $\vec{F}_1$  principalement dû au ressort de rappel du suiveur,
- l'effort d'inertie  $\vec{F}_i$  dû à la masse  $M$  entraînée par le suiveur. Il est fonction de l'accélération  $\vec{a}$  du suiveur,  $\vec{F}_i = M \cdot \vec{a}$ . Cet effort peut être prépondérant dès que la vitesse de rotation de la came est supérieure à quelques centaines de tours par minute,
- l'effort de frottement  $\vec{F}_f$  du suiveur sur la came et du suiveur dans ses guidages. Lorsque le contact se fait par un galet, ce qui est le cas de tous les mécanismes étudiés, cet effort est alors très faible et il peut être négligé.

L'effort résistant total  $\vec{F}_r$  est égal à la somme de ces efforts soit :

$$\vec{F}_r = \vec{F}_1 + \vec{F}_i + \vec{F}_f$$

Le couple  $C$  qui s'exerce sur l'axe de la came est égal à l'effort tangentiel  $\vec{F}_t$  multiplié par la distance  $d$  séparant le point de contact de l'axe de rotation de la came (cf. fig. 8), soit <sup>(2)</sup> :

$$|C| = |F_t| \cdot d$$

<sup>(2)</sup> Dans le cas des cames à suiveur oscillant (fig. 3a, 3c, 3d), on néglige dans cette formule un terme multiplicateur en  $\cos(\delta + \gamma)$ , où  $\gamma$  est l'angle de pente entre la normale à la trajectoire du suiveur et le rayon polaire. Cette simplification va dans le sens de la sécurité puisque l'on surestime le couple  $C$ .

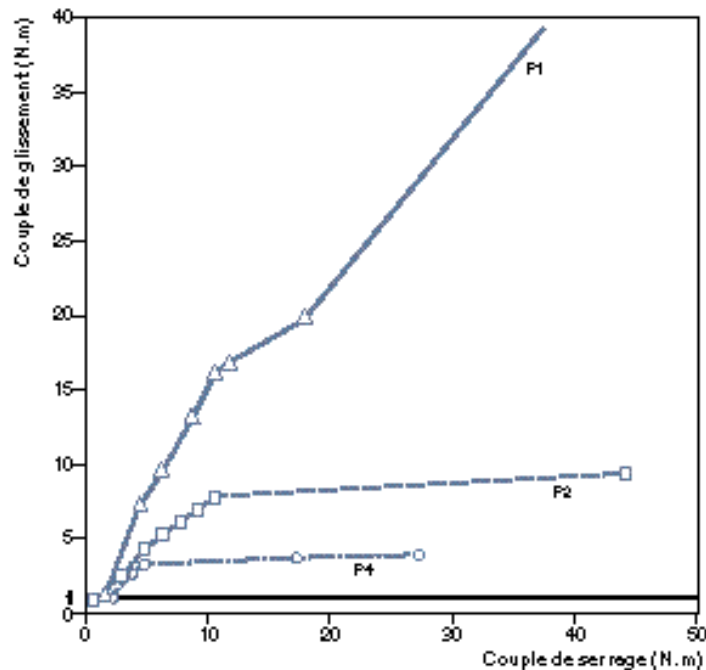


Fig. 7. Couple de glissement des cames en fonction du couple de serrage de l'écrou

ou encore :

$$|C| = |F_t| \cdot \text{tg}(\delta) \cdot d$$

Sur tous les mécanismes étudiés, ce couple  $C$  ne dépasse pas 1 N.m (tableau I).

Les essais réalisés montrent que cette valeur est bien inférieure à celle nécessaire pour provoquer le glissement, donc le dérèglement, des demi-disques de cames (cf. fig. 7).

Il n'est cependant pas exclu que les disques de cames maintenus par friction puissent se dérégler. En effet, un corps étranger (vis, rondelle, écrou, etc.) peut venir bloquer un disque, notamment lorsque l'espace libre «e» entre celui-ci et le boîtier est très faible (cf. fig. 9).

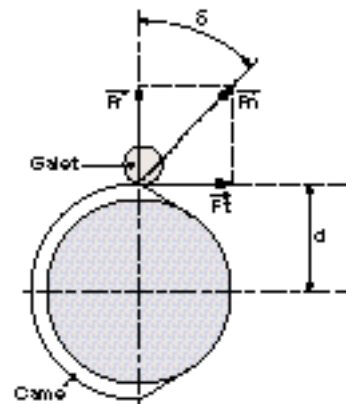


Fig. 8. Efforts au point de contact galet-came

TABLEAU I

#### COUPLE GÉNÉRÉ SUR LE DISQUE DE CAME PAR LE CONTACT DU GALET

Programmeur	$\delta$ (*) max	a	M	$ F_i $ M.a	$ F_1 $	$ F_r $ (**) $F_i + F_1$	d	$ C $ $\text{tg}(\delta) \cdot F_r \cdot d$
	degrés	m/s <sup>2</sup>	kg	N	N	N	m	N.m
A	33	800	0,012	9,6	10	20	0,500	0,65
B	8	40	0,010	0,4	15,1	15,5	0,400	0,09
C	30	50	0,020	1	4,6	5,6	0,255	0,08
D	33	300	0,010	3	6	9	0,300	0,18

(\*)  $\delta$ ,  $M$ ,  $F_1$  et  $d$  : obtenus par mesure. (\*\*)  $F_r$  non pris en compte car sur tous les mécanismes étudiés le contact est obtenu par un galet.

La détection visuelle de ce corps étranger est difficile, voire impossible sur les programmeurs équipés d'un couvercle (ouverture sur le dessus).

Afin de pallier ce type de dysfonctionnement, il est déjà recommandé de fixer positivement sur l'arbre les cames qui assurent une fonction de sécurité [3, 4]. De ce fait, il existe sur deux de ces appareils des dispositifs complémentaires qui assurent cette liaison positive (tableau II).

En complément de cette recommandation, il est également souhaitable :

- de protéger le mécanisme à came contre les poussières par un boîtier dont l'indice de protection est au moins IP 54 [5]. Cet indice doit être conservé après le raccordement électrique du programmeur;
- de prévoir un espace libre suffisant entre les cames et ce boîtier pour d'une part éviter un risque de blocage et d'autre part, permettre une inspection visuelle. Celle-ci est facilitée avec un boîtier équipé d'ouvertures latérales.

## 2.2. Le type de contact entre la came et le suiveur

Tous les mécanismes étudiés possèdent un contact de roulement (galet) entre la came et le suiveur. Ce type de contact est en effet recommandé car il minimise les efforts de frottement. Il évite donc les risques d'arc-boutement que l'on peut rencontrer avec un contact à glissement (sans galet). Ce risque est encore réduit avec un suiveur oscillant (cf. fig. 3a, 3c, 3d) par rapport à un suiveur linéaire (cf. fig. 3b).

Dans le cas où l'interrupteur est directement actionné par la came, il est très important de vérifier la compatibilité entre les caractéristiques de la came et celles de l'interrupteur (cf. fig. 10), à savoir :

- l'angle de pente maximal  $\delta$  (°) de la came doit être inférieur à l'angle d'attaque  $\alpha$  (°) de l'interrupteur;
- la vitesse de rotation  $\omega$  (tours/min) de la came doit être inférieure à la fréquence maximale de commutation (manœuvres par min) de l'interrupteur;
- la vitesse linéaire  $2\pi.R.\omega$  (m/min) de la came doit être inférieure à la vitesse d'attaque  $V$  (m/min) de l'interrupteur.

Il est bien entendu que les prescriptions de montage figurant dans la notice d'instructions de ces interrupteurs doivent être respectées par le concepteur du programmeur à cames.

A titre d'information, le tableau III donne un ordre de grandeur pour les valeurs d'angle et de vitesse d'attaque maximales recommandées par la plupart des fabricants d'interrupteurs.

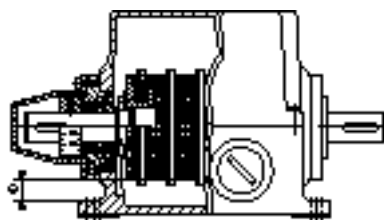


Fig. 9. Espace libre entre le boîtier et la came

TABLEAU II

### CARACTÉRISTIQUES DU MONTAGE DES CAMES PAR RAPPORT AU BÔITIER

Programmeur	Espace libre e	Ouverture	Type de liaison disque de came/arbre
P1	4 mm	dessus	Friction (aucune possibilité de blocage)
P2	15 mm	dessus	Friction (possibilité de blocage par languette)
P3	30 mm	latérales (2 côtés)	Positive (crânelage)
P4	21 mm	dessus	Friction (possibilité de blocage par goupille)

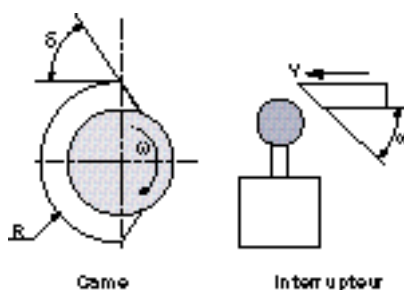


Fig. 10. Caractéristiques mécaniques des cames et des interrupteurs

TABLEAU III

### ANGLE ET VITESSE D'ATTAQUE MAXIMALE RECOMMANDÉS

Type de contact suiveur/came	Glissement		Roulement	
	Bille ou Dôme	Toit	Galet (à roulement)	Galet long (palier lisse)
Angle d'attaque maxi.	30°	30°	30°	30°
Vitesse d'attaque maxi.	10 m/min	40 m/min	20 à 120 m/min (roulement à aiguille)	20 à 60 m/min

Selon les règles de l'art pour la conception des mécanismes à cames [2], pour obtenir une durée de vie importante, il est recommandé de ne pas dépasser 40 % de la pression maximale de contact admissible pour le matériau de la came et/ou du galet.

Sur les mécanismes étudiés, cette pression de contact ne dépasse pas 1 MPa. Elle est donc bien inférieure aux pressions maximales préconisées pour les matériaux rencontrés (cf. tableau IV).

Dès lors qu'un mécanisme à came respecte les recommandations mécaniques citées précédemment, ce qui est le cas des quatre appareils étudiés, il ne devrait pas présenter de dysfonctionnement du fait d'une usure prématurée.

Ceci a été confirmé par les essais d'endurance (fig. 11) et de robustesse mécanique (tableau V) qui ont été réalisés sur ces appareils (3).

(3) Plus de 20 millions de tours à la vitesse de rotation maximale préconisée par les fabricants (200 à 600 tr/min).

TABLEAU IV

#### PRESSIONS DE CONTACT PRECONISÉES

Matériau	Pression de contact ( $0,4 \times p_{\max}$ )
Acier inox	260 MPa
Acier traité	640 à 800 MPa
Fonte grise	160 à 280 MPa
Aluminium	25 à 150 MPa
Polyamide	10 MPa

TABLEAU V

#### RÉFÉRENTIELS UTILISÉS POUR LES ESSAIS (\*) DE PERTURBATIONS ENVIRONNEMENTALES

Essais		Référentiels	
Robustesse mécanique	Vibrations sinusoïdales	NF EN 60068-2-6	[8]
	Secousses	NF EN 60068-2-29	[9]
Compatibilité électromagnétique	Décharges électrostatiques	NF EN 61000-4-2	[10]
	Champs électromagnétiques rayonnés	NF EN 61000-4-3	[11]
	Transitoires rapides en salves	NF EN 61000-4-4	[12]
	Ondes de chocs	NF EN 61000-4-5	[13]
	Perturbations conduites induites	NF EN 61000-4-5	[14]

(\*) Référentiels utilisés dans le cadre de l'examen «CE» de type composants de sécurité.

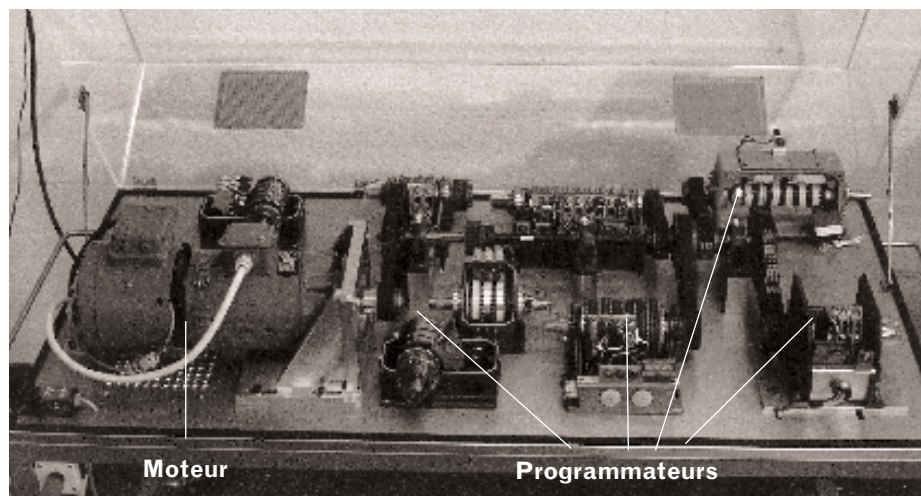


Fig. 11. Banc d'essais d'endurance mécanique des programmeurs à cames

### 2.3. Le type et le mode d'actionnement des interrupteurs

Les détecteurs rencontrés sont soit des interrupteurs à commande mécanique, soit des détecteurs inductifs.

#### Interrupteurs à commande mécanique

Dès lors qu'ils doivent assurer des fonctions de sécurité, il est préconisé (NF EN 60204-1) [6], que ces interrupteurs soient à manœuvre positive d'ouverture et actionnés suivant le mode positif (ou action mécanique positive).

Sur l'un des programmeurs étudiés (fig. 3d), le changement d'état du contact électrique est obtenu soit par le ressort de rappel de l'interrupteur, soit par le ressort de rappel du suiveur. Ce type de montage ne répond pas au principe d'action mécanique positive. Les trois autres appareils répondent à ce principe (fig. 3a, 3b, 3c).

#### Détecteurs inductifs

Ils présentent l'avantage de ne pas nécessiter de contact physique pour le processus de commutation. Il n'y a donc plus de risque de dysfonctionnement dû à une usure mécanique du détecteur et/ou de la came. Ce type de détecteur possède également une fréquence de commutation maximale bien supérieure (4 à 5 fois) à celle des interrupteurs à commande mécanique. Il autorise donc une cadence machine plus élevée.

Pendant les détecteurs inductifs ne répondent pas au principe de manœuvre positive d'ouverture. Il est donc recommandé de ne pas utiliser un seul détecteur de ce type pour assurer une fonction de sécurité; il conviendra d'appliquer le principe de redondance, et de choisir les détecteurs conçus pour résister aux perturbations qui pourraient les affecter simultanément [7].

En conséquence, les programmeurs à cames recensés qui pouvaient être équipés de détecteurs inductifs ont été soumis à des essais de comportement en présence de perturbations électriques conduites et rayonnées (cf. tableau V). Lors de ces essais, ces détecteurs inductifs ont tous présenté des dysfonctionnements pouvant conduire à la perte de la fonction de sécurité assurée (passage de l'état «activé» à l'état «repos» et inversement).

### 3. Discussion et conclusions

Il est important de rappeler que, réglementairement, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1997 (4), il appartient au fabricant de décider d'attribuer ou non au produit qu'il met sur le marché, le qualificatif de «composant de sécurité» au sens de la directive «Machines» modifiée.

Dans le cas d'un programmeur à cames déclaré comme tel, le fabricant doit alors établir, sous sa seule responsabilité, une déclaration «CE» de conformité (procédure d'autocertification). Par cette procédure, il déclare que le composant mis sur le marché respecte toutes les exigences essentielles de sécurité et de santé, qui lui sont applicables, exprimées à l'annexe I de la directive «Machines» modifiée.

#### 3.1. Programmeurs électroniques

Fin 1997, aucun fabricant de programmeur électronique ne revendiquait le qualificatif de composant de sécurité au sens de la directive «Machines».

Toutefois, si un fabricant de machine souhaite utiliser un programmeur électronique pour assurer des fonctions de sécurité, il doit veiller à ce que ce programmeur et son interconnexion avec le circuit de commande de la machine, satisfassent aux prescriptions de sécurité applicables à la catégorie, selon la norme NF EN 954-1, retenue pour cette partie du système de commande de la machine [15].

#### 3.2. Programmeurs à cames électromécaniques

Ils doivent, pour pouvoir assurer des fonctions de sécurité, satisfaire à certaines prescriptions de sécurité. Celles-ci sont à la fois relatives à la conception du programmeur et à son installation.

##### a) Prescriptions relatives à la conception

Il s'agit principalement de respecter le principe d'action mécanique positive et les règles de l'art pour la conception des mécanismes à cames.

Le principe d'action mécanique positive doit être appliqué à :

- la liaison du disque de came sur l'arbre d'entraînement, ceci afin d'éviter tous risques de dérèglement involontaire,
- l'action de la came sur l'interrupteur,
- l'ouverture du contact de l'interrupteur.

Ce principe n'est pas respecté sur deux des appareils étudiés. Sur l'un (P1), les disques de cames sont uniquement entraînés par friction. Sur l'autre (P4), c'est l'interrupteur qui est actionné, dans les deux sens, par un ressort.

Pour les programmeurs à cames équipés de détecteurs inductifs, tant que ces détecteurs présenteront des dysfonctionnements tels que ceux constatés en présence de perturbations électriques et/ou électromagnétiques, il n'est pas conseillé de les utiliser, même en appliquant le principe de redondance, pour assurer des fonctions de sécurité.

En ce qui concerne les règles de l'art pour la conception du mécanisme à came, elles peuvent se résumer par :

- un contact de roulement entre le suiveur et la came,
- un angle de pente de came maximal voisin de 30°,
- une vitesse circonférentielle de la came inférieure à celle admissible pour le mécanisme suiveur.
- un profil de came symétrique pour permettre l'inversion du sens de marche,
- une pression de contact inférieure à 40 % de la pression admissible pour le matériau retenu pour la came et/ou le galet suiveur,
- la protection du mécanisme par un boîtier dont le degré de protection est au moins IP 54,
- le freinage et l'imperdabilité ? des éléments de fixation (vis, écrous).

Sur les quatre programmeurs à cames recensés, deux répondent à l'ensemble de ces recommandations relatives à la conception. Il s'agit des modèles suivants :

##### *Programmeur BSW 113-493-X64*

BALLUF Automation  
2, rue du Vallon  
94440 MAROLLES EN BRIE  
Tél. 01 45 69 23 32  
Fax : 01 45 99 08 64

##### *Programmeur XR2PA*

SCHNEIDER ELECTRIC SA  
5, rue Nadar  
92566 RUEIL MALMAISON  
Tél. 01 41 29 82 00  
Fax : 01 41 29 84 83

##### b) Prescriptions relatives à l'installation

Le principe d'action mécanique positive doit également être appliqué à la liaison assurant l'entraînement du programmeur par la machine. Il est donc préconisé de relier de façon positive et directe l'arbre du programmeur au vilebrequin (clavettes, cannelures, etc.). Afin d'éviter tout désalignement entre l'axe du vilebrequin et celui du programmeur, il est également recommandé de positionner ce dernier par des «pions» de centrage.

Pour les entraînements susceptibles de se rompre ou de se désolidariser (chaîne, courroie crantée, etc.), il est nécessaire de contrôler la rotation du programmeur, ainsi que son synchronisme par rapport au(x) mode(s) de fonctionnement de la machine.

Ce contrôle peut notamment être obtenu par la vérification de la concordance d'un signal électrique (analogique ou numérique), émis par la rotation du programmeur avec un signal émis par le vilebrequin.

Les liaisons susceptibles de glissement ou peu sûres (courroie lisse, disques de friction, collage, vis de pression) sont à exclure impérativement.

Il est possible de trouver dans un programmeur à cames des interrupteurs qui sont à manœuvre positive d'ouverture (fonctions de sécurité) et d'autres qui ne le sont pas (fonctions d'automatismes). Sur trois des programmeurs étudiés (P1, P2, et P4), il est possible de monter indifféremment ces deux types d'interrupteurs et il est difficile de les différencier autrement que par leur référence. En conséquence, lors du remplacement d'un interrupteur à manœuvre positive d'ouverture, il est très important de s'assurer que le nouvel interrupteur installé répond également à ce principe.

(4) Du 1<sup>er</sup> janvier 1995 au 31 décembre 1996, les fabricants pouvaient pendant cette période dite transitoire appliquer au choix la réglementation européenne ou française en vigueur à cette date.



**BIBLIOGRAPHIE**

1. Directive 89/392/CEE du 14 juin 1989. Rapprochement des législations des états membres relatives aux machines modifiée par la directive 91/368/CEE du 20 juin 1991 et par la directive 93/44/CEE du 14 juin 1993. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, n°s L. 183 du 29/06/1989, pp. 9-32, L. 305 du 06/11/1991, pp. 16-32, L. 175 du 19/07/1993, pp. 12-20.
2. MARTIN J. - Mécanismes de transformation de mouvement à contact local. Cames, coulisses et indexeurs. Paris, *Techniques de l'Ingénieur*, 1988, n°s B 5910, B 5911, B 5912.
3. EN 692 - Presses mécaniques - sécurité. Bruxelles, CEN, juin 1996, 80 p.
4. Presses pour le travail à froid des métaux. Amélioration de la sécurité sur les presses en service dans le cadre de leur rénovation. Spécifications techniques à l'usage des préventeurs et des rénovateurs. Paris, INRS, 1995, ED 782, 31 p.
5. NF EN 60529 - Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP). Paris - La Défense, AFNOR, oct. 1992, 43 p.
6. NF EN 60204-1 - Sécurité des machines. Equipement électrique des machines. Partie 1 : règles générales. Paris - La Défense, AFNOR, fév. 1993, 105 p.
7. MOUGEOT B., PEROTTO D. - Détecteurs de proximité inductifs. Etude des dispositifs d'usage général. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1988, 138, pp. 277-297.
8. NF EN 60068-2-6 - Essais d'environnement. Partie 2 : essais - essai Fc : Vibrations (sinusoïdales). Paris - La Défense, AFNOR, sept. 1995, 45 p.
9. NF EN 60068-2-29 - Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique. Partie 2 : essais - essai Eb et guide : secousses. Paris - La Défense, AFNOR, janv. 1994, 17 p.
10. NF EN 61000-4-2 - Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4 : techniques d'essai et de mesure - Section 2 : essais d'immunité aux décharges électrostatiques. Paris - La Défense, AFNOR, juin 1995, 37 p.
11. NF EN 61000-4-3 - Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4 : techniques d'essai et de mesure - Section 3 : essais d'immunité champs électromagnétiques rayonnés. Paris - La Défense, AFNOR, fév. 1997, 40 p.
12. NF EN 61000-4-4 - Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4 : techniques d'essai et de mesure - Section 4 : essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves. Paris - La Défense, AFNOR, juin 1995, 33 p.
13. NF EN 61000-4-5 - Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4 : techniques d'essai et de mesure - Section 5 : essais d'immunité aux ondes de choc. Paris - La Défense, AFNOR, juin 1995, 42 p.
14. NF EN 61000-4-6 - Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4 : techniques d'essai et de mesure - Section 5 : immunité aux perturbations conduites induites par les radioélectriques. Paris - La Défense, AFNOR, fév. 1997, 46 p.
15. NF EN 954-1 - Sécurité des machines. Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1 : Principes généraux de conception. Paris - La Défense, AFNOR, déc. 1996, 44 p.
16. Interrupteurs de position à ouverture forcée et à commande mécanique positive utilisés pour la protection des personnes. Choix et montage. Paris, INRS, 1989, ED 015, 4 p.
17. NF EN 292-2 - Sécurité des machines. Notions fondamentales - Principes généraux de conception. Partie 2 : Principes et spécifications techniques. Paris - La Défense, AFNOR, déc. 1991, 56 p.