

Liste ISO – Spécifications

Ce document décrit le langage de programmation interprété par ISO/CNC.

Version: **1.1.1.0**

Mise à jour: **14.02.2017**

I. Liste ISO. Spécifications

I.0 Sommaire

1. Programme ISO. Caractères admis. Lettres majuscules et minuscules
2. Format d'une ligne ISO
 - 2.0. Numéros de ligne
 - 2.1. Valeurs numériques
 - 2.2. Mots
 - 2.3. Commentaires
3. G modales et non modales
 - 3.1 Unité de mesure pour les linéaires (G70, G71)
 - 3.2 Référentiels : référentiel de machine, référentiel de pièce (G92) et référentiel relatif (G24, G27, G28, G29)
 - 3.3 Dimensions absolues (G90) et incrémentales (G91)
 - 3.4 G de mouvement (G00, G01, G02, G03)
 - 3.4.1 Positionnement rapide (G00)
 - 3.4.2 Interpolation linéaire (G01)
 - 3.4.3.a Interpolation circulaire (hélicoïdale) horaire et antihoraire (G02, G03) et sélection du plan (G17, G18, G19)
 - 3.4.3.b Interpolation hélicoïdale
 - 3.4.3.c Interpolation circulaire (hélicoïdale) avec variation des cotes des rotatifs
 - 3.5 Type d'interpolation (G48, G49)
 - 3.7 Mode d'attribution de la vitesse d'avance (G93, G94, F)
 - 3.8 Arrêt à la fin du bloc (G09)
 - 3.9 Application des instructions MDI (G909)
 - 3.10 Attente (G04)
 - 3.11 Mise à jour des paramètres technologiques par module cyclique (G990)
 - 3.12 Établir l'état d'attente de la machine – « Pending » à la fin du programme (G200)
4. Fonctions M
 - 4.1 Fin du programme (M02)
 - 4.2 Démarrage et arrêt de la broche (M03, M04, M05), gestion de la vitesse (S)
 - 4.3 Changement de l'outil (M06)
 - 4.4 M définie par l'utilisateur
5. Instruction de saut à étiquette conditionné – IF condition GOTO étiquette
6. Registres
7. Erreurs ISO

Cette spécification définit les règles orthographiques, syntactiques et logiques du langage ISO interprété par ISOCNC. N'importe quelle violation de ces règles, lorsqu'elle est détectée, comporte l'interruption de l'exécution du programme et la contemporaine notification à l'utilisateur de l'erreur trouvée. A chaque possible type d'erreur correspondent un code, un message synthétique d'erreur et un message informatif complémentaire (cf. I.6)

I.1. Programma ISO. Caractères admis. Lettres majuscules et minuscules

Le langage de programmation interprété par ISOCNC est basé sur lignes de texte conclues par un terminateur (retour chariot, saut de ligne ou les deux). Une *ligne* qu'inclue commandes et/ou données pour le contrôle numérique est aussi définie « *bloc* » ; puis il peut y avoir des lignes entièrement commentées (cf. I.2.3) ou vides (c'est à dire, qui contiennent éventuellement seulement des espaces et/ou des caractères de tabulation) : dans les deux cas, elles sont ignorées par l'interpréteur. Plusieurs lignes séquentielles de code (liste ISO) forment un *programme*, qui peut être mémorisé dans un fichier texte. A titre d'illustration, le suivant est un simple programme ISO conforme aux spécifications qui seront exposées plus loin¹ :

```
G0 X100.00 Y100.00 Z+5.65 ;positionnement rapide
G28 X100.00 Y100.00 Z0.00 ;référentiel de pièce
S5000 ;tr/min (configuration vitesse rotation mandrin)
M03 ;démarrage rotation mandrin (dans le sens des aiguilles d'une
montre)
G01 Z-3.00 ;mouvement en interpolation
; je trace un carré:
G91 (pas à coordonnées incrémentales) G1 X+10.50 (interpolation)
(une G1 est utilisée) Y+10.50
X-10.50
Y-10.50
M05 ;arrêt rotation mandrin
M02 ;fin du programme
```

En lisant une liste ISO, il faut distinguer entre les parties qui sont purement constituées d'instructions et celles de commentaires (cf. I.2.3). Dans les premières, on admet seulement les lettres majuscules² ; celles minuscules sont admises seulement dans les commentaires. Durant le chargement d'un fichier ISO, toutes les lettres minuscules hors des parties commentées sont converties par ISOCNC en leurs correspondantes majuscules ; en cours d'édition assistée, c'est possible d'entrer seulement les majuscules. Donc, dans la liste même apparaîtront seulement des lettres majuscules, que seront mémorisées comme ça en cas d'enregistrement du fichier. Le formatage des caractères dans les parties de commentaire est ignoré.

Un *mot*, composé d'une lettre suivie par un numéro (par exemple: **G02**, **T503008**, **S5000**, **M30**, **X-150.11**), peut alternativement se traduire par une commande ou servir d'argument à une commande. Par exemple, la séquence

¹ En utilisant les commentaires (cf. I.2.3), les actions demandées au compilateur sont sommairement expliquées. Les instructions présentes dans cette brève liste d'exemple sont illustrées en détail au suivi de la spécification.

² Pour les caractères alphabétiques admis, voir la partie I.2.2.

des deux mots **G0 Z-5.65**, partie d'une ligne valide, précise une commande (**G0** : mouvement en rapide, cf. I.3.4.1) et un argument de cette commande (**Z-5.65** : la valeur de Z à la fin du mouvement doit être -5.65). Une *instruction* est définie par une commande et par les arguments éventuellement associés.

La plupart des instructions interprétées par ISOCNC commence par **G** ou **M**. Les mots correspondants s'appellent « codes G » (G signifie « générale ») et « codes M » (M signifie « multiple », au sens de « variée »).

Espaces et caractères de tabulation sont admis partout dans une ligne de code, et dans une instruction ils ne changent pas sa signification en aucun cas : par exemple, écrire **G 0 Z - 5 . 65** c'est complètement pareil qu'écrire **G0Z-5.65**.

Un programme constitué de blocs avec leurs relatifs mots, groupés en instructions, doit obéir aux règles de la structure, syntaxe et formatage. Tous ces éléments qui ne sont pas explicitement mentionnés et figurent dans les instructions de la liste sont signalés par l'interpréteur ISO comme erreur.

I.2. Format d'une ligne ISO

I.2.0. Numéros de ligne

Ils sont admis (sans être obligatoires en aucun cas) et sont spécifiés avec une séquence composée de la lettre **N** suivie par un numéro entier non négatif sans séparateurs de milliers (**N20000** est valide ; **N-20000** et **N20,000** ne sont pas valides)³.

La séquence qui précise le numéro de ligne peut se trouver en n'importe quelle position dans le bloc (à condition qu'elle n'interrompt pas la série des arguments des **G** qui les requièrent ; voir plus loin), bien qu'elle couramment soit positionnée au début du même. Des blocs suivants devraient avoir nécessairement des numéros de ligne divers et croissants. Cependant, à ce sujet, maintenant il n'est pas effectué aucun contrôle.

Il convient de noter que la séquence qui précise le numéro de ligne n'est pas proprement un mot (cf. I.2.3), même s'elle partage le format avec ce dernier.

I.2.1. Valeurs numériques

Un numéro reconnu par ISOCNC est une séquence de caractères commencée éventuellement avec un signe (« + » « - ») et suivie par un nombre variable de chiffres et un éventuel séparateur décimal. Pour le format des valeurs numériques décimales, on prévoit que la partie entière et celle décimale soient séparées par un point (« . ») : la virgule (« , ») n'est pas admise comme séparateur décimal. Pour ceux valeurs décimales compris (en module) entre 0 et 1, le séparateur peut être ou n'être pas précédé par un zéro (c'est valide et la forme **0.35** et la forme **.35**). Ce n'est pas prévue aucune limitation au nombre de chiffres significatives⁴.

Pour les valeurs numériques autant entières que décimales, les éventuels zéros initiaux ou finaux sont simplement ignorés : écrire **G001 Z-05.6500** ou **G1 Z-5.65** est absolument pareil.

³ Si un numéro de ligne est attribué dans un format non valide, on signale erreur [ISO056 ; cf. I.6].

⁴ Un numéro qui n'adhère pas aux spécifications indiquées ci-dessus génère un message d'erreur [ISO006 ; cf. I.6].

I.2.2. Mots

Un mot, validement interprété par ISOCNC, se compose d'une des lettres énumérées dans le tableau ci-dessous⁵ suivi par un numéro⁶. La lettre est aussi dite *code* du mot.

Lettre	Sens
A	Axe A (rotatif, autour de X), composant du vecteur unitaire \mathbf{i}_F concordant avec X (G24)
B	Axe B (rotatif, autour de Y), composant du vecteur unitaire \mathbf{i}_F concordant avec Y (G24)
C	Axe C (rotatif, autour de Z), composant du vecteur unitaire \mathbf{i}_F concordant avec Z (G24)
F	Vitesse d'avance
G	Fonction générale (cf. I.3)
I	Coordonnée X du centre d'un arc (G02/G03), composant du vecteur unitaire \mathbf{j}_F concordant avec X (G24, G28)
J	Coordonnée Y du centre d'un arc (G02/G03), composant du vecteur unitaire \mathbf{j}_F concordant avec Y (G24, G28)
K	Coordonnée Z du centre d'un arc (G02/G03), composant du vecteur unitaire \mathbf{j}_F concordant avec Z (G24, G28)
M	Fonction variée (cf. I.4)
P	Composant du vecteur unitaire \mathbf{k}_F concordant avec X (G24, G28), temps d'attente en secondes (G04)
Q	Composant du vecteur unitaire \mathbf{k}_F concordant avec Y (G24, G28)
R	Rayon d'un arc de cercle (G02/G03), composant du vecteur unitaire \mathbf{k}_F concordant avec Z (G24, G28)
S	Vitesse du mandrin (spindle speed)
T	Sélection d'outil (tool)
X	Axe X (linéaire), coordonnée X de l'origine du plan (G24), composant du vecteur unitaire \mathbf{i}_F concordant avec X (G28)
Y	Axe Y (linéaire), coordonnée Y de l'origine du plan (G24), composant du vecteur unitaire \mathbf{i}_F concordant avec Y (G28)

⁵ Si ISOCNC relève un mot qui ne commence pas avec une des lettres énumérées, on signale erreur [ISO003 ; cf. I.6].

⁶ Si à une lettre ne suit pas un numéro, on signale erreur [ISO004 ; cf. I.6] ; s'il y a un numéro qui n'est précédé pas par une lettre, on signale erreur [ISO005 ; cf. I.6].

Z	Axe X (linéaire), coordonnée X de l'origine du plan (G24), composant du vecteur unitaire \mathbf{i}_F concordant avec Y (G28)
----------	---

TAB. 1. Caractères alphabétiques interprétés par ISOCNC comme valide début d'un mot

La lettre **G** (cf. I.3) peut être suivie par un numéro *entier* d'un *maximum de trois chiffres*⁷ ; la lettre **M** (cf. I.4) peut être suivie seulement par un numéro *entier* d'un *maximum de trois chiffres*⁸. La lettre **T** (cf. I.4.3) peut être suivie seulement par un numéro *entier* d'*exactement six chiffres*⁹. Numéros entiers que décimales peuvent suivre à toutes les autres lettres sans particulières limitations de longueur.

I.2.3. Commentaires

Les commentaires sont autorisés en deux formes:

- a) entre parenthèses : tout ce qui c'est compris entre la parenthèse d'ouverture, comprise, et la parenthèse de clôture, comprise, est ignoré lors la compilation. On trouvera ci-après un exemple de ligne correcte avec un commentaire dans cette forme :

G1 X82.5393 (commentaire) Y87.9137 (autre commentaire) Z0

A la parenthèse d'ouverture (« (») doit correspondre la parenthèse de clôture («) ») *avant de la fin de la ligne même* et vice versa¹⁰.

- b) après le point-virgule (" ; ") : tout ce qui suit dans la ligne est considéré commenté:

X82.4165 Y88.0227 Z0 ;C48.4241 B87.742

I.3 G modales et non modales

Les fonctions **G** se distinguent entre *modales* et *non modales*.

G modales

Les fonctions **G** de type *modal* définissent une configuration opérationnelle persistante : elles restent « actives » aussi longtemps que ne soient pas substituées par la « mise en fonction » d'autres **G** spécifiques. C'est-à-dire, typiquement il y a des groupes de **G** alternatives et mutuellement exclusives (*groupes* ou *familles modales*). Par exemple, les **G70** et **G71** (cf. I.3.1) définissent comment interpréter les valeurs des cotes, *choisissant une option* respectivement entre unités de mesure anglo-saxonnes ou SI, et constituent donc un groupe modal.

Pour presque toutes les familles des **G** modales il y a une *G par défaut* qui est implicitement active depuis le début même du programme (le groupe de mouvement fait exception, cf. I.3.4) : dans le cas des **G70** et **G71**, par exemple, la **G71** est active par défaut (unité SI).

En réaffirmant le concept avec autres mots, on peut dire que les **G** modales sont organisables logiquement en *groupes modaux*: pour chacun de ces

⁷ En cas contraire, on signale erreur [IS0007 ; cf. I.6].

⁸ En cas contraire, on signale erreur [IS0008 ; cf. I.6].

⁹ En cas contraire, on signale erreur [IS0009 ; cf. I.6].

¹⁰ En cas contraire, on signale erreur [IS0001, IS0002 ; cf. I.6].

groupes, à un instant donné, seulement un des éléments peut être « en fonction » (en d'autres termes, pour deux membres d'un groupe modal il est logiquement impossible d'être actifs de façon concomitante). Les groupes sont affichés dans le tableau suivant (lorsqu'il existe, le code **G** de défaut est indiqué en gras).

Groupe	Code G	Sens
Mouvement ¹¹	G00	Positionnement rapide
	G01	Interpolation linéaire
	G02	Interpolation circulaire (hélicoïdale) horaire
	G03	Interpolation circulaire (hélicoïdale) antihoraire
Sélection plan interpolation circulaire	G17	Plan XY (défaut)
	G18	Plan ZX
	G19	Plan YZ
Prise du référentiel de face	G24	Orientation générique des axes avec origine définie par l'instruction
	G27	Coïncidant avec ce de la pièce (défaut)
	G28	Orientation générique des axes avec origine dans le positionnement courant
	G29	Translation rotative du référentiel
Réduction du profil	G38	Non active (défaut)
	G39	Active
Correction rayon fraise	G40	Aucune correction (défaut)
	G41	A gauche du profil
	G42	A droite du profil
Type d'interpolation	G48	3 axes (défaut)
	G49	5 axes
Unité de mesure	G70	Anglo-saxons : in, in/min
	G71	SI : mm, mm/min (défaut)
Dimensions	G90	Absolues (défaut)
	G91	Incrémentales
Prise du référentiel de pièce	G92	Par défaut, la G92 X0 Y0 Z0 est active (le référentiel de pièce coïncide avec ce de machine, cf. I.3.2)
Vitesse d'avance	G93	A l'inverse du temps d'exécution
	G94	Unité de mesure/min (défaut)

TAB. 2. Groupes de G modales interprétées par ISO/CNC

La **G92** mérite un discours particulier : le groupe dont elle fait partie, pour ce que nous avons indiqué dans le tableau 2, apparemment a l'air d'être composé par un seul élément. En réalité, ce groupe, en tenant compte de la possibilité de préciser des arguments pour la **G92** (comme indiqué dans § I.3.2), il est constitué par éléments infinis.

G non modales

¹¹ Sans défaut.

Autres fonctions **G** indiquées comme *non modales* sont actives seulement dans le bloc dans lequel elles sont programmées.

Dans le tableau suivant sont indiquées les **G** non modales interprétées par ISOCNC¹².

Code G	Sens
G04	Attente
G09	Arrêt à fin du bloc

TAB. 3. G non modales interprétées par ISOCNC

Ordre des arguments

On précise immédiatement que, pour les instructions **G** qui exigent ou autorisent deux ou plusieurs arguments (**G00** [cf. I.3.4.1], **G01** [cf. I.3.4.2], **G02**, **G03** [cf. I.3.4.3], **G28**, **G29** et **G92** [cf. I.3.2]), ces arguments peuvent être spécifiés dans n'importe quel ordre. Par exemple, écrire

G00 X3.57 Y-8.99 C45.7 B-18.9

ou

G00 B-18.9 C45.7 X3.57 Y-8.99

est absolument équivalent, bien qu'il est souhaitable, une fois établi un ordre, de le suivre constamment (aussi pour faciliter l'identification des cotes omises).

Ci-après sont discutés seulement les groupes de **G** présentés selon un ordre logique.

I.3.1 Unité de mesure pour les linéaires (**G70**, **G71**)

C'est possible de préciser le type d'unité de mesure pour les dimensions associées aux axes linéaires (mots **X**, **Y**, **Z**, **I**, **J**, **K**, **P**, **Q** et **R**) ou aux vitesses linéaires (mot **F**, cf. I.3.7) au moyen des instructions **G70** (anglo-saxons : mesure en *pouces*, *pouces par minute*) et **G71** (SI : mesure en *millimètres*, *millimètres par minute*)¹³. Comme indiqué dans le tableau 2, on utilise les unités du SI par défaut (**G71** en fonction) ; l'emploi des unités anglo-saxonnes doit être demandé explicitement en utilisant la **G70**.

On peut trouver les **G70** et **G71** dans n'importe quelle ligne, mais, si dans cette ligne il y a n'importe laquelle de ces **G** qui peuvent avoir comme arguments des dimensions linéaires, elle doit nécessairement la précéder¹⁴. C'est-à-dire, on peut écrire, par exemple

G71 G00 X2.27 Y30.99 (correcte) mais pas
G00 X2.27 Y30.99 G71 (erroné)

Dans le premier cas, les coordonnées X et Y seront interprétées en pouces.

¹² Les **G04** et **G09** sont discutées après les **G** modales (cf. respectivement I.3.9 et I.3.8).

¹³ Pour les angles, les dimensions restent exprimées en degrés.

¹⁴ Si cela ne se fait pas, on signale erreur [**ISO010** ; cf. I.6].

Si on répète une entre les **G70** et **G71** lors que la même est déjà en fonction, on signale erreur (warning).

I.3.2 Référentiels : référentiel de machine, référentiel de pièce (G92) et référentiel relatif (G24, G27, G28, G29)

Référentiel de machine et référentiel de pièce

Pendant le démarrage, le contrôle engage que les coordonnées précisées par l'utilisateur soient relatives au *référentiel de machine* (origine Ω_M , coïncidant avec le point de consigne, et axes cartésiens orthogonaux X_M , Y_M et Z_M à former une triade cartésienne orthogonale droite).

Toutefois, puisqu'il peut être utile d'utiliser un référentiel spécifique pour la pièce sur laquelle on prévoit au cas par cas la mécanisation (programme), la **G92** permet de préciser les coordonnées cartésiennes orthogonales de l'origine Ω_P (X_{Ω_P} , Y_{Ω_P} et Z_{Ω_P}), précisées dans le référentiel de machine, d'un *référentiel de pièce* (ou *de programme*), simplement *transféré* du premier. Après de la ligne ¹⁵

G92 $X_{X_{\Omega_P}}$ $Y_{Y_{\Omega_P}}$ $Z_{Z_{\Omega_P}}$

l'exécution, par exemple, d'une **G00 X0 Y0 Z0** conduira la pointe de l'outil dans la position (X_{Ω_P} , Y_{Ω_P} , Z_{Ω_P}) relativement au référentiel de machine ; ensuite, et symétriquement, une **G00 X- X_{Ω_P} Y- Y_{Ω_P} Z- Z_{Ω_P}** ramènera la pointe de l'outil en correspondance du zéro de la machine (Ω_M).

Dans une ligne, l'instruction **G92** doit être la seule présente¹⁶ : en d'autres termes, dans une ligne, ou une **G92** est programmée, autres mots au-delà de ceux qui en précisent ses arguments ne sont pas autorisés. De ceux-ci, au moins un est demandé (éventuellement même nul)¹⁷ ; ceux omis sont considérés nuls¹⁸.

Comme déjà mentionné, les axes du référentiel de pièce (X_P , Y_P et Z_P) restent de toute façon parallèles de manière ordonnée aux correspondants du référentiel de machine (X_M , Y_M et Z_M). Puis il convient de noter que les arguments de la **G92** sont *toujours coordonnées absolues* (non incrémentales), indépendamment du fait que la **G90** ou la **G91** soient en fonction (cf. I.3.3)¹⁹.

Pour retourner à utiliser coordonnées rapportées au référentiel de machine, il suffira écrire²⁰

G92 X0 Y0 Z0

Par défaut, le référentiel de la pièce coïncide avec ce de la machine (en d'autres termes, pendant le démarrage une **G92 X0 Y0 Z0** est en fonction, comme précisé dans le tableau 2).

¹⁵ Avec le caractère *italique*, ici et à partir d'ici, on indique *symboliquement* une valeur numérique (d'une coordonnée ou autre).

¹⁶ En cas contraire, on signale erreur [ISO018 ; cf. I.6].

¹⁷ En l'absence, on signale erreur [ISO025 ; cf. I.6].

¹⁸ Pour cette instruction, mais plus pour celles qui demandent un certain nombre d'arguments, bien qu'il est possible de les entrer dans n'importe quel ordre, c'est recommandable de les entrer suivant une succession univoque.

¹⁹ La présence d'une **G91** (ou **G90**), qui pourrait ramener à une interprétation erronée, dans une ligne qui précise un changement de référentiel, n'est pas autorisée de toute façon, en vertu de la règle générale qui demande l'unicité dans une ligne de n'importe quelle instruction déterminant un changement de référentiel.

²⁰ On réitère que les arguments de la **G92** sont toujours absolus et rapportés au référentiel de machine, mais pas à ce couramment en fonction.

Il convient de noter que pour aller d'un référentiel de pièce à un autre ce n'est pas nécessaire de « démonter » le référentiel en fonction (différemment que ce qui passe pour les référentiels de face, comme indiqué ci-après). C'est-à-dire, c'est possible que deux **G92** se suivent sans passer pour une **G92 X0 Y0 Z0** :

```

;j'active un référentiel de pièce
;avec origine dans le point (15.33, -8.9, 25.00)
;[coordonnées relatives au référentiel de machine] :
G92 X15.33 Y-8.9 Z25.00
[j'exécute instructions de mouvement avec cotes relatives au référentiel
actif]
;j'active un référentiel de pièce
;avec origine dans le point (-29.82, 0.77, -11.3)
;[coordonnées relatives au référentiel de machine] :
G92 X-29.82 Y0.77 Z-11.3
[j'exécute instructions de mouvement avec cotes relatives au référentiel
en fonction]

```

Référentiel de face

Une fois établi un référentiel de pièce, il peut être utile (pour faciliter l'écriture et l'intelligibilité des instructions) adopter au cas par cas des référentiels spécifiques pour les *faces* que seront usinées sur la pièce. Pour ce faire, il y a trois modalités, correspondants aux **G24**, **G28** e **G29**.

Référentiel de face : G24

La première modalité (**G24**) permet d'établir un référentiel avec l'origine dans le point des coordonnées X, Y, Z et des axes X_F , Y_F et Z_F généralement orientés comme ceux cartésiens orthogonaux du référentiel de pièce. Après avoir indiqué respectivement avec (i_{XF}, i_{YF}, i_{ZF}) , (j_{XF}, j_{YF}, j_{ZF}) et (k_{XF}, k_{YF}, k_{ZF}) les triades ordonnées des composantes des trois verseurs \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F et \mathbf{k}_F , respectivement selon les trois axes X_P , Y_P et Z_P du référentiel de pièce, avec la ligne suivante

```
G24 X Y Z  $A_{i_{XF}}$   $B_{i_{YF}}$   $C_{i_{ZF}}$   $I_{j_{XF}}$   $J_{j_{YF}}$   $K_{j_{ZF}}$   $P_{k_{XF}}$   $Q_{k_{YF}}$   $R_{k_{ZF}}$ 
```

on établit ce référentiel, en prenant comme origine (Ω_F), la position définie par les coordonnées X, Y, Z.

Il convient de noter que les arguments de la **G24** expriment *toujours coordonnées absolues* (non incrémentales), indépendamment du fait que la **G90** ou la **G91** soient actives (cf. I.3.3) et que ces coordonnées soient rapportées au référentiel de la pièce.

Dans une ligne où une **G24** a été programmée, ne sont pas autorisés d'autres mots, à part ceux qui en précisent ses arguments²¹. De ceux, on demande au moins un pour chaque verneur (et non nul)²² ; ceux omis sont considérés nuls. De plus, pour la définition d'un référentiel valide, on demande que les trois

²¹ En cas contraire on est signalée erreur [**ISO018** ; cf. I.6].

²² Au cas où les composantes d'un verneur soient complètement manquant, on signale l'erreur correspondante [**ISO019**, **ISO020** et **ISO021** ; cf. I.6].

verseurs \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F et \mathbf{k}_F aient module non nul²³ et ne soient pas coplanaires²⁴. Quant aux coordonnées du point d'application du plan de référence, s'elles sont omises, on considère la valeur nulle.

Référentiel de face : G28

La deuxième modalité (G28) permet d'établir un référentiel ayant l'origine dans le point où couramment se trouve la pointe de l'outil, et les axes X_F , Y_F et Z_F généralement orientés comme ceux cartésiens orthogonaux du référentiel de pièce. Après d'avoir indiquées respectivement avec (i_{XF}, i_{YF}, i_{ZF}) , (j_{XF}, j_{YF}, j_{ZF}) et (k_{XF}, k_{YF}, k_{ZF}) les triades ordonnées des composantes des trois verseurs \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F et \mathbf{k}_F , respectivement selon les trois axes X_P , Y_P et Z_P du référentiel de pièce, avec la ligne suivante

G28 Xi_{XF} Yi_{YF} Zi_{ZF} Ij_{XF} Jj_{YF} Kj_{ZF} Pk_{XF} Qk_{YF} Rk_{ZF}

on établit ce référentiel, en prenant comme origine (Ω_F) la position définie par les coordonnées X , Y , Z .

Dans une ligne où une G28 a été programmée, ne sont pas autorisés d'autres mots, à part ceux qui en précisent ses arguments²⁵. De ceux, on demande au moins un pour chaque verseur (et non nul)²⁶ ; ceux omises sont considérés nuls. De plus, pour la définition d'un référentiel valide, on demande que les trois verseurs \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F et \mathbf{k}_F aient module non nul²⁷ et ne soient pas coplanaires²⁸.

Référentiel de face : G29

La troisième modalité pour la prise d'un référentiel de face permet de préciser tant l'origine ($x_{\Omega F}$, $y_{\Omega F}$ et $z_{\Omega F}$) comparée au référentiel de pièce, que la situation du plan de la face (en précisant avec les angles C et B la direction de la normale au plan même):

G29 $Xx_{\Omega F}$ $Yy_{\Omega F}$ $Zz_{\Omega F}$ Cc_F Bb_F

Les valeurs permises pour les C sont comprises entre -180° et $+180^\circ$, pour B entre -90° et $+90^\circ$ ²⁹.

Dans une ligne où une G29 a été programmée, ne sont pas autorisés d'autres mots, à part ceux qui en précisent ses arguments³⁰.

Enfin, il convient de noter que les arguments de la G29 expriment *toujours coordonnées absolues* (non incrémentales), indépendamment du fait que la G90 ou la G91 soient actives (cf. I.3.3) et que ces coordonnées soient rapportées au référentiel de pièce.

Passage d'un référentiel à un autre

²³ On ne demande pas, par ailleurs, un module étroitement unitaire. Si le module est pratiquement nul, on signale erreur [ISO022 ; cf. I.6].

²⁴ Si cela se produisait, ne serait pas évidemment possible de définir un référentiel spatial, et donc on signalerait erreur [ISO023 ; cf. I.6].

²⁵ En cas contraire, on signale erreur [ISO018 ; cf. I.6].

²⁶ Au cas où les composantes d'un verseur soient complètement manquantes, on signale l'erreur correspondante [ISO019, ISO020 et ISO021 ; cf. I.6].

²⁷ On ne demande pas, par ailleurs, un module étroitement unitaire. Si le module est pratiquement nul, on signale erreur [ISO022 ; cf. I.6].

²⁸ Si cela se produisait, ne serait pas évidemment possible de définir un référentiel spatial, et donc on signalerait erreur [ISO023 ; cf. I.6].

²⁹ L'indication de valeurs dehors de cet intervalle est signalée comme erreur [ISO060 ; cf. I.6].

³⁰ En cas contraire, on signale erreur [ISO018 ; cf. I.6].

Il faut surligner que tant pour la **G24**, que pour la **G28**, que pour la **G29**, contrairement à ce que passe avec la **G92**, il n'est pas possible de préciser un référentiel de face, lorsqu'un autre est aussi active : c'est nécessaire préalablement de « démonter » explicitement ce courant, en retournant au référentiel de pièce au moyen de la **G27**³¹. Comme pour les **G28** et **G29**, même pour **G27** on demande qu'elle soit seule dans une ligne³².

Comme indiqué dans le tableau 2, par défaut le référentiel de face coïncide avec ce de la pièce (**G27** active). Pour ce qu'on a exposé, la liste suivante est correcte :

```
;j'active un référentiel de face :  
G28 X1.0 Y1.0 I-1.0 J1.0 R1.0  
[j'exécute instructions de mouvement avec cotes relatives au référentiel actif]  
;je démonte le référentiel actif :  
G27  
;j'active un autre :  
G29 X10 Y10 Z10 C-90.0 B+45.0  
[j'exécute instructions de mouvement avec cotes relatives au référentiel actif]
```

Également, on demande qu'un référentiel de face non banal (c'est-à-dire, pas coïncidant avec ce de pièce) soit détruite avant de changer le référentiel de pièce³³. La liste suivante est valide :

```
;j'active un référentiel de pièce :  
G92 X100 Y50  
;j'active un référentiel de face :  
G28 X1.0 Y1.0 I-1.0 J1.0 R1.0  
[j'exécute instructions de mouvement avec cotes relatives au référentiel actif]  
;je démonte le référentiel de face actif :  
G27  
;j'active un nouveau référentiel de pièce :  
G92 X200 Y50  
[...]
```

Dans ce cas, comme ci-dessus, la **G27** est nécessaire³⁴.

Normalement, on utilise la **G27** pour « démonter » un référentiel de face activé par une **G24**, **G28** ou une **G29**. Si dans la liste ISO apparait une **G27** pas précédé par aucune **G24** (ou **G28**, ou **G29**), elle est ignorée en vue de le calcul : la circonstance est de toute façon signalée à l'utilisateur au moyen d'un avis (warning).

³¹ Si tel n'est pas le cas, on signale erreur [**ISO024** ; cf. I.6].

³² En cas contraire, on signale erreur [**ISO018** ; cf. I.6].

³³ Si tel n'est pas le cas, on signale erreur [**ISO055** ; cf. I.6].

³⁴ Le cas où elle manque aurait déterminé l'avis d'une erreur [**ISO055** ; cf. I.6].

I.3.3 Dimensions absolues (G90) et incrémentales (G91)

Au moyen des instructions **G90** et **G91** il est possible d'établir le mode d'interprétation des dimensions précisées pour les coordonnées. Comme précisé dans le tableau 2, on utilise par défaut des valeurs absolues (**G90**), rapportées c'est-à-dire au référentiel couramment en fonction. Au moyen de la **G91** c'est possible d'exprimer les valeurs des coordonnées comme accroissements algébriques de la position courante. Par exemple, la liste suivante

```
G90 G0 X0.00 Y0.00 ; je m'emmené dans (0,0)
G1 X5.00 Y0.00 ; mouvement linéaire à (5,0)
G1 X5.00 Y5.00 ; mouvement linéaire à (5,5)
G1 X0.00 Y5.00 ; mouvement linéaire à (0,5)
G1 X0.00 Y0.00 ; mouvement linéaire à (0,0)
```

c'est équivalent, pour les résultats, au suivant

```
G90 G0 X0.00 Y0.00 ; je m'emmène dans (0,0)
G91 G1 X5.00 Y0.00 ; mouvement linéaire avec +5 sur la X, Y
inchangée
G1 X0.00 Y+5.00 ; mouvement linéaire avec X inchangée, +5 sur la Y
G1 X-5.00 Y0.00 ; mouvement linéaire avec -5 sur la X, Y inchangée
G1 X0.00 Y-5. ; mouvement linéaire avec X inchangée, -5 sur la Y
```

Les instructions **G90** et **G91** peuvent se trouver sur n'importe quelle ligne : au cas où dans la même ligne il y ait une **G** qui autorise comme arguments des dimensions, doit nécessairement la précéder (comme dans les exemples indiqués ci-dessus)³⁵.

I.3.4. G de mouvement (G00, G01, G02, G03)

Les fonctions **G** de mouvement constituent un groupe modal qui, pour la spécificité qui présente quand comparé aux autres, n'a pas des défauts. Ce signifie que bien qu'il est possible, depuis d'avoir spécifié une **G** appartenant au groupe dans une ligne, de l'omettre dans les lignes suivantes, ce n'est pas possible de commencer une liste ISO par la description des cotes, comme si une certaine **G** était active³⁶.

Pour chaque **G** de mouvement, omettre l'indication explicite d'une coordonnée équivaut à en demander sa constance³⁷.

I.3.4.1 Positionnement rapide (G00)

Avec la **G00**, on spécifie un mouvement en rapide qui emmène la pointe de l'outil de la position courant à la position précisée par les arguments, relativement au référentiel actuellement actif. La **G00** peut être précédée, aussi dans la même ligne, par une **G90** ou une **G91**, qui indiquent comment interpréter (en absolue ou en incrémentale, respectivement) les valeurs (cf. I.3.3).

³⁵ Si cette obligation n'est pas respectée, on signale erreur [ISO061 ; cf. I.6].

³⁶ Dans ce cas, on signale erreur [ISO011 ; cf. I.6].

³⁷ A proprement parler : si une **G90** est active, signifie qu'on confirme la valeur d'une coordonnée omise (c'est-à-dire, c'est comme si la coordonnée se répétait avec la même valeur), si une **G91** est active, l'omission équivaut à en spécifier accroissement nul.

La **G00** prévoit comme arguments les coordonnées du point d'arrivée (X, Y, Z, B et C). C'est nécessaire de spécifier au moins une cote³⁸ : celles omises sont considérées coïncidentes avec leur respective valeur initiale (avec **G90** active) ou bien nulles (avec **G91** active).

Comme déjà précisé, cette fonction est modale : c'est donc possible d'écrire, par exemple, (en supposant la **G90** active)

```
G00 X0 Y0 Z0 (rapide de la position courant à [0,0,0])
G00 X10 (rapide à la position [10,0,0])
Y10 (rapide de [10,0,0] à [10,10,0])
Z10 (rapide de [10,10,0] à [10,10,0])
```

en restant la **G00** active jusqu'à ce qu'elle ne soit pas annulée par une fonction du même groupe (**G01**, **G02** ou **G03**).

I.3.4.2 Interpolation linéaire (G01)

Avec la **G01** on spécifie un mouvement en interpolation qui emmène la pointe de l'outil de la position courant à la position précisée par les arguments, relativement au référentiel actuellement actif et à la vitesse (vitesse d'avance, cf. I.3.7) précisée. La **G01** peut être précédée, aussi dans la même ligne, par une **G90** ou une **G91** qui indiquent comment interpréter (en absolue ou en incrémentale, respectivement) les valeurs (cf. I.3.3).

La **G01** prévoit comme arguments les coordonnées du point d'arrivée (X, Y, Z, B et C) : c'est nécessaire de spécifier au moins une cote³⁹. En particulier, s'on se trouve en mode 3 axes (I.3.5), c'est nécessaire de préciser au moins une cote linéaire (X, Y ou Z)⁴⁰.

Si une variation de la cote des rotatifs est demandée, c'est nécessaire que le mode d'interpolation avec cinq axes soit habilité (cf. I.3.5).

Comme déjà précisé, cette fonction est modale : c'est donc possible d'écrire, par exemple

```
G00 X0 Y0 Z0 (rapide de la position courant à [0,0,0])
G01 X0.01 (interpolation à la position [0.01,0,0])
Y0.02 (interp. de [0.01,0,0] à [0.01,0.02,0])
Y0.04 Z-0.01 (interpolation de [0.01,0.02,0] à [0.01,0.04,-0.01])
```

en restant la **G01** active tant que ne soit pas annulée par une fonction du même groupe (**G00**, **G02** ou **G03**).

I.3.4.3.a Interpolation circulaire (hélicoïdale) horaire et antihoraire (G02, G03) et sélection du plan (G17, G18, G19)

On demande l'exécution d'un arc de cercle dans un plan parallèle à un plan coordonné au moyen de la **G02** (arc parcouru en sens horaire) ou la **G03** (sens antihoraire). L'axe, autour duquel on considère la nature horaire ou antihoraire du trajet de l'arc de cercle, est donc orthogonal à un des plans coordonnés :

- a) plan XY, si la **G17** est active (qui, comme indiqué dans le tableau 2, est le plan par défaut) ;

³⁸ En l'absence, on signale erreur [ISO026 ; cf. I.6].

³⁹ En l'absence, on signale erreur [ISO026 ; cf. I.6].

⁴⁰ En l'absence, on signale erreur [ISO047 ; cf. I.6].

- b) plan YZ, si la **G19** est active ;
- c) plan ZX, si la **G18** est active.

Si une entre **G17**, **G18** ou **G19** est répétée lorsque la même est déjà active, il est signalé un avis (warning).

On demande que, pour exécuter une **G02** ou **G03**, les axes du plan d'interpolation circulaire soient orthogonaux⁴¹. Il n'y a pas d'obligation, au contraire, pour le troisième axe. En ce sens un problème potentiel se pose, évidemment, seulement si la **G17** est active. Par exemple, si la **G17** est active, on indique avec \mathbf{i}_F et \mathbf{j}_F les verseurs des axes X_F et Y_F , qui devront être orthogonaux, alors que aucune obligation particulière est demandée au verseur \mathbf{k}_F pour l'exécution d'une des **G02** et **G03**. Avec la **G19** et la **G18** actives, l'obligation d'orthogonalité existe pour \mathbf{j}_F et \mathbf{k}_F , et pour \mathbf{k}_F et \mathbf{i}_F , respectivement.

Pour définir l'arc du cercle, qui a comme point initial le point final de l'instruction de mouvement antérieur, il est nécessaire d'en préciser tout d'abord le point final :

- a) avec la **G17** active, au moyen des coordonnées X et Y ;
- b) avec la **G19** active, au moyen des coordonnées Y et Z ;
- c) avec la **G18** active, au moyen des coordonnées X et Z.

C'est évidemment nécessaire de préciser au moins une des deux coordonnées⁴² : celle omise est implicitement considérée coïncidente avec la respective valeur initiale (avec **G90** active), c'est-à-dire, nulle (avec **G91** active).

En cas d'interpolation à cinq axes, les **G02** et **G03** sont fragmentées en une succession ordonnée de **G01** (sections micro-linéaires en interpolation) de manière cohérent avec l'erreur maximale cordale autorisée.

Une fois que le point initial et le point final sont connus, la notation complète du cercle auquel l'arc appartient autorise aussi deux formulations alternatives⁴³ :

- a) en donnant la valeur du rayon ;
- b) en donnant les coordonnées du centre.

C'est nécessaire de fournir les données pour au moins une entre les deux formulations⁴⁴. Ci-après les deux modes sont discutés séparément.

Attribution du cercle en précisant le rayon

Pour la première formulation, on doit considérer l'exemple suivant, pour établir les idées. En supposant qu'une **G17** est en fonction, la ligne

G02 $X_{x_1} Y_{y_1} Rr_c$,

pour autant que, au début du bloc, l'outil se trouve dans le point P_0 avec coordonnées (x_0, y_0) – demande l'exécution d'un arc de cercle de rayon r_c , en direction horaire autour d'un axe orthogonal au plan XY et orienté selon le produit vectoriel $\mathbf{i}_F \wedge \mathbf{j}_F$, et terminant dans le point P_1 avec coordonnées (x_1, y_1)

⁴¹ Dans le cas contraire, au moment de traitement de la **G02/G03** on signale erreur [ISO068 ; cf. I.6].

⁴² En l'absence, on signale erreur [ISO026 ; cf. I.6]. De plus, si les coordonnées demandées par la **G02** (/ **G03**) en regard de la **G17/G18/G19** active ne sont pas spécifiées, on signale comme erreur [ISO027 ; cf. I.6].

⁴³ Même s'il est inusuel, on peut fournir les données pour les deux descriptions, à condition qu'elles soient cohérentes (dans le cas contraire, on signale erreur [ISO029 ; cf. I.6]).

⁴⁴ En l'absence des données on signale erreur [ISO028 ; cf. I.6].

[$x_1 = x_1$ et $y_1 = y_1$, en mode **G90** ; $x_1 = x_0 + x_1$ et $y_1 = y_0 + y_1$, en mode **G91**], tel que la largeur angulaire de l'arc décrit soit inférieur, ou au plus égal, à 180° . Un arc supérieur à 180° peut être programmé seulement s'on précise le centre, comme indiqué ci-dessous. Par souci de cohérence, on demande évidemment que $((x_1-x_0)^2 + (y_1-y_0)^2)^{1/2} < 2r_c$ ⁴⁵.

Attribution du cercle en précisant le centre

En supposant toujours qu'une **G17** est en fonction, pour la deuxième formulation, la ligne

G02 X_{x1} Y_{y1} I_{ic} J_{jc},

pour autant que, au début du bloc, la pointe de l'outil se trouve dans le point P_0 avec coordonnées (x_0, y_0) – demande l'exécution d'un arc de cercle, en direction horaire autour de Z, dont le centre est le point C avec coordonnées (x_c, y_c) [$x_c = i_c$ et $y_c = j_c$, en mode **G90** ; $x_c = x_0 + i_c$ et $y_c = y_0 + j_c$, en mode **G91**] et terminant dans le point P_1 avec coordonnées (x_1, y_1) [$x_1 = x_1$ et $y_1 = y_1$, en mode **G90** ; $x_1 = x_0 + x_1$ et $y_1 = y_0 + y_1$, en modes **G91**]. Évidemment, dans ce cas, il n'aurait pas de sens préciser une valeur pour la Z du centre : la présence d'une Kk_c dans la ligne précédente serait une erreur.

Par référence toujours à l'exemple présenté dans la ligne ISO précédente, il convient de noter que⁴⁶ :

- si x_1 diffère de x_0 , pour spécifier le centre c'est suffisant la coordonnée Y du centre (donc j_c) : la présence de Ii_c est superflue (car x_c est calculable à compter de P_0 , P_1 et y_c) et peut être donc omise ;
- si y_1 diffère de y_0 , pour spécifier le centre c'est suffisant la coordonnée X du centre (donc i_c) : la présence de Jj_c est superflue (car y_c est calculable à compter de P_0 , P_1 et x_c) et peut être donc omise.

S'on donne aussi la coordonnée superflue, elle est de toute façon considérée pour en vérifier son exactitude, c'est-à-dire, on contrôlera que le point (x_c, y_c) ainsi spécifié soit sur l'axe du segment P_0 et P_1 ⁴⁷.

Si la **G18** était en fonction, on aurait besoin de dérouler considérations analogues pour la

G02 X_{x1} Z_{z1} I_{ic} K_{kc}⁴⁸

tandis que, avec la **G19** en fonction, pour la

G02 Y_{x1} Z_{z1} J_{ic} K_{kc}⁴⁹.

⁴⁵ Si cette condition, dont interprétation géométrique est évidente, n'était pas respectée, on signale erreur [ISO030 ; cf. I.6].

⁴⁶ On discute ce qui a été écrit plus précisément avec calculs dans l'appendice A.

⁴⁷ Au cas où on relève une incohérence, cet est signalée comme erreur [ISO031 ; cf. I.6].

⁴⁸ Dans ce cas, si x_1 diffère de x_0 , c'est suffisant la coordonnée Z du centre (donc k_c) pour spécifier le centre : la présence de Xi_c est superflue (car x_c est calculable à compter de P_0 , P_1 et z_c) et peut être omise ; si z_1 diffère de z_0 , c'est suffisant la coordonnée X du centre (donc i_c) pour spécifier le centre : la présence de Kk_c est superflue (car z_c est calculable à compter de P_0 , P_1 et x_c) et peut être donc omise. S'on donne aussi la coordonnée superflue, cet est de toute façon considérée pour en vérifier son exactitude, c'est-à-dire, il contrôlera que le point (x_c, z_c) ainsi spécifié se trouve sur l'axe du segment P_0 et P_1 [ISO031 ; cf. I.6].

⁴⁹ Dans ce cas, si y_1 diffère de y_0 , c'est suffisant la coordonnée Z du centre (donc k_c) pour spécifier le centre : la présence de Yj_c est superflue (car y_c est calculable à compter de P_0 , P_1 et z_c) et peut être donc omise ; si z_1 diffère de z_0 , c'est suffisant la coordonnée Y du centre (donc j_c) pour spécifier le centre : la présence de Kk_c est superflue (car z_c est calculable à compter de P_0 , P_1 et y_c) et peut être donc omise. S'on donne aussi la coordonnée superflue, cet est de

En résumé, considérons tous les trois cas, nous voyons que :

- a) si la **G17** est active, **I** et **J** peuvent être fournies (la seule Ii_c est suffisant si y_1 diffère de y_0 ; la seule Jj_c si x_1 diffère de x_0 . Si les deux sont spécifiées, on effectue une vérification d'exactitude), jamais **K** ;
- b) si la **G18** est active, seulement **I** et **K** peuvent être fournies (la seule Ii_c est suffisant si z_1 diffère de z_0 ; la seule Kk_c si x_1 diffère de x_0 . Si les deux sont spécifiées, on effectue une vérification d'exactitude), jamais **J** ;
- c) si la **G19** est active, seulement **J** et **K** peuvent être fournies (la seule Jj_c est suffisant si z_1 diffère de z_0 ; la seule Kk_c si y_1 diffère de y_0 . Si les deux sont spécifiées, on effectue une vérification d'exactitude), jamais **I**⁵⁰.

Il convient de noter que, par contre,

- a) si la **G17** est active : au cas où la **I** est fournie, mais pas la **J**, on demande nécessairement que y_1 diffère de y_0 ⁵¹ ; au cas où la **J** est fournie, mais pas la **I**, on demande nécessairement que x_1 diffère de x_0 ⁵² ;
- b) si la **G18** est active : au cas où la **I** est fournie, mais pas la **K**, on demande nécessairement que z_1 diffère de z_0 ⁵³ ; au cas où la **K** est fournie, mais pas la **I**, on demande nécessairement que x_1 diffère de x_0 ⁵⁴ ;
- c) si la **G19** est active : au cas où la **J** est fournie, mais pas la **K**, on demande nécessairement que z_1 diffère de z_0 ⁵⁵ ; au cas où la **K** est fournie, mais pas la **J**, on demande nécessairement que y_1 diffère de y_0 ⁵⁶.

I.3.4.3.b Interpolation hélicoïdale

Comme sur-ensemble des interpolations circulaires, il est puis possible de considérer les interpolations pour *arcs hélicoïdaux* :

- a) autour de l'axe Z (**G17**, qui est le défaut, active). Avec

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Rr_c ou
G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Ii_c Jj_c

on précise une coordonnée z_1 pour le point final de l'arc [$z_1 = z_1$ en mode **G90** ; $z_1 = z_0 + z_1$ en mode **G91**]. La variation totale de cote ($z_1 - z_0$) est cumulée linéairement le long de l'abscisse curviligne de l'arc.

- b) autour de l'axe X (**G19** active). Avec

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Rr_c ou
G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Jj_c Kk_c

toute façon considérée pour en vérifier son exactitude, c'est-à-dire, il contrôlera que le point (y_c, z_c) ainsi spécifié se trouve sur l'axe du segment P_0 et P_1 [**ISO031** ; cf. I.6].

⁵⁰ La spécification d'une coordonnée pas prévue pour le centre est évidemment une erreur, et, comme telle, elle est signalée [**ISO038**, **ISO039** et **ISO040** ; cf. I.6].

⁵¹ Si résulte $y_1 = y_0$, on signale erreur [**ISO048** ; cf. I.6].

⁵² Si résulte $x_1 = x_0$, on signale erreur [**ISO049** ; cf. I.6].

⁵³ Si résulte $z_1 = z_0$, on signale erreur [**ISO050** ; cf. I.6].

⁵⁴ Si résulte $x_1 = x_0$, on signale erreur [**ISO051** ; cf. I.6].

⁵⁵ Si résulte $z_1 = z_0$, on signale erreur [**ISO052** ; cf. I.6].

⁵⁶ Si résulte $y_1 = y_0$, on signale erreur [**ISO053** ; cf. I.6].

on précise une coordonnée x_1 pour le point final de l'arc [$x_1 = x_1$ en mode **G90** ; $x_1 = x_0 + x_1$ en mode **G91**]. La variation totale de cote ($x_1 - x_0$) est cumulée linéairement le long de l'abscisse curviligne de l'arc.

c) autour de l'axe Y (**G18** active). Avec

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Rr_c OU
G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Ii_c Kk_c

on précise une coordonnée y_1 pour le point final de l'arc [$y_1 = y_1$ en mode **G90** ; $y_1 = y_0 + y_1$ en mode **G91**]. La variation totale de cote ($y_1 - y_0$) est cumulée linéairement le long de l'abscisse curviligne de l'arc.

Implicitement, toutes les interpolations avec **G02** et **G03** sont hélicoïdales : l'omission de la cote parallèle à l'axe de rotation équivaut en effet à l'avoir confirmée inchangée.

En cas d'interpolation à cinq axes, les **G02** et **G03** sont fragmentées en une succession ordonnée de **G01** de manière cohérente avec l'erreur maximale cordale autorisée.

I.3.4.3.c Interpolation circulaire (hélicoïdale) avec variation des cotes des rotatifs

Une complication supplémentaire aux cas ci-dessus présentés se présente quand on indique une variation de la cote d'un ou les deux rotatifs (c'est possible seulement au cas d'une interpolation à cinq axes) comme, par exemple, dans

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Ii_c Jj_c Bb_1 Cc_1

Dans ce cas, la **G02** (**G03**) est fragmentée en une succession ordonnée de **G01** de manière cohérente avec l'erreur maximale cordale autorisée⁵⁷. Les variations totales de cote sur C ($c_1 - c_0$) et sur B ($b_1 - b_0$) sont cumulées linéairement le long de l'abscisse curviligne de l'arc.

I.3.5 Type d'interpolation (G48, G49)

Par défaut, ISO/CNC gère interpolation à trois axes, c'est-à-dire, il ne permet pas de varier les cotes des rotatifs en interpolation (pas d'obligations dans le positionnement en rapide). Pour activer une interpolation à cinq axes, il est nécessaire le demander explicitement avec l'emploi de la **G49**. Pour retourner à une interpolation à seulement trois axes, on utilise la **G48** (qui est active par défaut)⁵⁸.

On demande que les **G48** et **G49** se trouvent sur une ligne à part⁵⁹.

Si une entre **G48** et **G49** est répétée tandis qu'elle est déjà active, on signale un avis (warning).

I.3.7 Mode d'attribution de la vitesse d'avance (G93, G94, F)

Pour les mouvements *en interpolation*, c'est possible, ou c'est demandé (selon le cas, voir ci-après), de spécifier une valeur pour la vitesse d'avance⁶⁰. Cela se produit au moyen du mot F.

⁵⁷ S'agissant d'une interpolation à cinq axes, on demande que cette soit habilitée (cf. I.3.5).

⁵⁸ N'importe quelle instruction qui prévoit un mouvement d'interpolation (**G01** ou **G02/G03** avec variation de la cote d'un rotatif) qui exigeait cinq axes sans que cette possibilité ait été activée (**G49**) génère une erreur [**ISO032** ; cf. I.6].

⁵⁹ Si tel n'est pas le cas, on signale erreur [**ISO033** ; cf. I.6].

ISO/CNC prévoit deux modalités pour établir la vitesse d'avance : unité par minute (**G94**, par défaut active, comme indiqué dans le tableau 2) et inverse du temps (**G93**).

Si une entre **G93** et **G94** est répétée tandis qu'elle est déjà active, on signale un avis (warning).

Dans la première modalité (unité par minute), la valeur numérique associée à un mot **F** précise que la pointe de l'outil devrait se déplacer au nombre de pouces par minute (si la **G70** est en fonction), millimètres par minute (si la **G71** est en fonction) ou degrés par minute (indépendamment de **G70** ou **G71**) indiqués, sur la base de quels axes sont en mouvement.

Dans la deuxième modalité (inverse du temps) la valeur numérique associée à un mot **F** précise que le mouvement demandé devrait être complété en un temps égal à son mutuel (en minutes). Par exemple, si nous écrivons

G93 F4 G01 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Cc₁ Bb₁

la **G01** devra être complétée en un temps égal à ¼ de minute (toujours que les limitations de vitesse pour les axes concernés demandent un temps majeur).

Lorsque la modalité de vitesse d'avance à l'inverse du temps est active, (**G93** active) on demande de spécifier une valeur pour la **F** dans chaque ligne où une **G01**, **G02** ou **G03** est présente⁶¹ ; une **F** dans une ligne qui ne contienne pas aucune d'eux est simplement ignorée [warning: **F pas demandée, ignorée**].

Avant de la première instruction de mouvement interpolé, ou au plus dans cette-ci, il faut préciser une valeur pour la **F**⁶².

Dans les deux cas, les valeurs pour la **F** doivent être positives⁶³.

La valeur **F** pour une **G00** n'a aucun sens : si précisée, elle est ignorée.

Pour chaque ligne, ce n'est pas autorisé de préciser la valeur de **F** plus qu'une fois ⁶⁴.

I.3.8 Arrêt à la fin du bloc (G09)

Pour préciser un arrêt des axes à la fin d'un bloc d'interpolation, on fait suivre à ce bloc une **G09**. Il convient de noter que la **G09** doit suivre tout de suite, dans la même ligne ou la suivante, les arguments de l'instruction de mouvement. L'effet de la **G09** est différent dans systèmes à 3 axes (**G48** active) de les interpolations à 5 axes (**G49** active) : si nous interpolons avec 3 axes, dans le moment de l'arrêt, le canal d'interpolation est vidé, et nous devons attendre son remplissage avant de pouvoir reprendre le mouvement ; avec 5 axes, l'effet est ce d'un arrêt du mouvement, mais sans que le canal d'interpolation soit vidé de tous les mouvements suivants, c'est-à-dire, la reprise de mouvement est immédiatement après d'avoir arrivé à la cote d'arrêt.

⁶⁰ Ce n'est pas prévue la possibilité de spécifier une vitesse d'avance pour les mouvements en rapide, car pour eux ce n'a pas aucun sens.

⁶¹ Si tel n'est pas le cas, on signale erreur [**ISO041** ; cf. I.6].

⁶² Si tel n'est pas le cas, on signale erreur [**ISO066** ; cf. I.6].

⁶³ La tentative de spécifier une valeur négative pour la vitesse d'avance est signalé comme erreur [**ISO042** ; cf. I.6].

⁶⁴ S'il y avait plus d'une valeur pour **F**, on signalerait erreur [**ISO065** ; cf. I.6].

I.3.9 Application des instructions MDI (G909)

La **G909** est utilisée à la fin d'un bloc d'instructions en mode MDI pour assurer une exécution exacte.

Si le bloc d'instructions MDI contient seulement fonctions **M** ou instructions **G** de mouvement (**G00**, **G01**, **G02**, **G03**), il peut être omis ; de toute façon, sa présence dans ces cas ne comporte pas une erreur.

I.3.10 Attente (G04)

Pour spécifier que le programme reste en attente pendant un temps déterminé, on utilise la **G04** suivie par le mot **P** et par la valeur désirée exprimé en secondes⁶⁵. On demande évidemment que cette valeur soit positive⁶⁶. Dans la ligne où paraît la **G04** ils ne sont pas autorisés d'autres mots⁶⁷.

I.3.11 Mise à jour des paramètres technologiques par module cyclique (G990)

Pour forcer une mise à jour des paramètres technologiques par le module cyclique, en arrêtant la compilation de la liste et l'exécution du programme ISO jusqu'à la mise à jour des paramètres, s'utilise la **G990**.

I.3.12 Établir l'état d'attente de la machine – « Pending » à la fin du programme (G200)

[Fonctionnalité gérée seulement par client distant] Pour instruire le module cyclique à faire partir tout de suite le programme ISO suivant, ou à rester en attente de l'insertion d'un nouveau programme dans la liste, ajouter l'instruction **G200** avant de l'instruction **M2** du programme en cours d'exécution. De cette manière, le module cyclique n'est pas arrêté et, s'il y a dans la liste un programme suivant à celui présent, il sera lancé automatiquement. Sinon, le tableau de bord restera en attente d'un nouveau début (soft) par le client distant.

I.4 Fonctions M

Le tableau suivant énumère les fonctions **M** interprétées directement par ISO/CNC. Le sens de ces **M** ne peut pas être redéfini par l'utilisateur.

Code M	Sens
M02	Fin du programme
M03	Démarrage rotation broche (horaire)
M04	Démarrage rotation broche (antihoraire)
M05	Arrêt rotation broche
M06	Changement d'outil

TAB. 4. Fonctions M interprétées par ISO/CNC

Ci-après les fonctions indiquées ci-dessus sont discutées de manière plus précise.

⁶⁵ C'est obligatoire d'indiquer la valeur du temps d'attente, au moyen du mot « P » : en l'absence, on signale erreur [ISO064 ; cf. I.6].

⁶⁶ La spécification d'une valeur négative est signalée comme erreur [ISO036 ; cf. I.6].

⁶⁷ Si tel n'est pas le cas, on signale erreur [ISO037 ; cf. I.6].

I.4.1 Fin du programme (M02)

La fin du programme est indiquée par la M02 dans une ligne à part⁶⁸ : la présence d'une M02 est nécessaire pour tous les programmes⁶⁹. Tout ce qui éventuellement suit une M02 est ignoré.

I.4.2 Démarrage et arrêt de la broche (M03, M04, M05), gestion de la vitesse (S)

Pour établir la vitesse de rotation de la broche (nombre de tours par minute) on utilise un mot S suivi par la valeur voulue : on demande une valeur positive⁷⁰.

Le mot S peut être spécifié dans n'importe quelle ligne, à l'exception de celles où il y a des instructions qui demandent explicitement d'être seules. Ce peut être à n'importe quelle position, avec l'exception suivante : au cas où une G est présente dans la ligne avec arguments, on demande que le mot S se trouve devant la déclaration de la G, ou bien après des arguments de ça même. Par exemple, les suivantes lignes ISO sont correctes :

```
G1 X+1.01 Y-2.0 Z+5.65 S500 ;S déclarée après les sujets de la G
S500 (S devant la G) G1 X+1.01 Y-2.0 Z+5.65
G17 S500 (S devant la G) G02 X100.0 Y100.0 R300
```

Au contraire les suivantes sont incorrectes :

```
G1 S500 (devant les arguments de la G) X+1.01 Y-2.0 Z+5.65
G1 X+1.01 Y-2.0 S500 (au milieu des arguments de la G) Z+5.65
G17 G02 X100.0 Y100.0 S500 (idem comme ci-dessus) R300
```

Dans le premier cas, l'absence des arguments de la G1 serait signalée, dans le deuxième cas, la présence d'une cote (la Z+5.65, non liée à une G qui la demande ; en substance, on interprète la Y-2.0 comme dernier argument correctement précisé de la G1), et pareillement dans le troisième.

Au cas où dans une ligne il y avait tant une S qu'une G de mouvement, le réglage de la valeur de rotation de la broche aurait lieu de toute façon avant de l'exécution de la G de mouvement, indépendamment du fait que la S se trouve devant ou après la G.

Dans une ligne, seulement la présence d'une seule S est autorisée⁷¹.

L'instruction de réglage de la vitesse de rotation de la broche met simplement à jour la valeur d'une variable GPL (Svalue As Double), que on demande d'être dans la zone personnalisée.

Pour commander le démarrage de la rotation, on utilise la M03 (rotation horaire) ou la M04 (rotation antihoraire) ; pour commander l'arrêt de la rotation de la broche, on utilise la M05.

I.4.3 Changement de l'outil(M06)

Le changement de l'outil est indiqué avec une M06 suivie tout de suite par le mot T, qui précise, au moyen de sa valeur, le numéro de la tête, du porte-outil

⁶⁸ Si tel n'est pas le cas, on signale erreur [IS0043 ; cf. I.6].

⁶⁹ Si une liste termine sans M02, on signale erreur [IS0045 ; cf. I.6].

⁷⁰ Cette valeur ne peut pas être négative ni nulle. Si tel est le cas, on signale erreur [IS0015 ; cf. I.6].

⁷¹ Si dans une ligne plus d'une S est présente, on signale erreur [IS0046 ; cf. I.6].

et de l'outil⁷² : la T doit être suivie par un code numérique de six chiffres⁷³ : la première précise l'identification de la tête (9 options : de 1 à 9), les deux suivantes l'identification du porte-outil (99 options : de 1 à 99), les trois restants l'identification de l'outil (999 options : de 1 à 999). En raison de ce qui est précisé ci-dessus (cf. I.1), c'est possible, par souci de clarté de lecture, de laisser des espaces à loisir entre groupes de chiffres, en écrivant, par exemple, T 1 30 207 (qui apparaît plus lisible que T130207, de même effet par ailleurs). Les valeurs nulles sont réservées pour indiquer une situation de manqué équipement : en raison de ça, elles ne sont pas autorisées des identifications de porte-outil non nulles après une tête non sélectionnée⁷⁴, ou identifications d'outil non nulles après un porte-outil non sélectionné⁷⁵.

Le couple M06 T[index] constitue une instruction.

L'instruction de changement outil s'occupe simplement de mettre à jour une variable GPL de type tableau (TValues[3] As Integer), dont éléments correspondent de manière ordonnée aux index de tête, porte-outil et outil. La gestion est laissée au GPL. Il est par ailleurs nécessaire de spécifier les index correspondants à une tête, à un porte-outil et à un outil effectivement configurés dans les paramètres⁷⁶.

Devant la première instruction de mouvement présente dans la liste ISO on demande la présence d'une M06 qui précise l'équipement initial⁷⁷.

I.4.4 M définies par l'utilisateur

L'utilisateur peut utiliser toutes les fonctions M restantes – codes inclus entre 1-999 – pour fonctionnalités privées. Il est possible d'assigner des paramètres aux fonctions M individuelles. Au cas où une fonction M est associée à un ou plusieurs paramètres (limite paramètre = 20, indiqué de P1 = valeur à P20 = valeur), la fonction M devra être la seule instruction écrite dans la ligne de la liste ISO.

Les valeurs des paramètres seront écrites dans une variable de la librairie ISO CNC appelée MxMFunParams[999]as double:P1 _ double:P2 _ ... _ double:P20. Si la variable n'est pas présente dans la librairie, les paramètres seront ignorés.

I.5 Instruction de saut à étiquette conditionné – IF condition GOTO étiquette

La possibilité d'effectuer des sautes conditionnées à étiquette a été introduite, afin de pouvoir exécuter partie du code seulement en déterminées conditions. La syntaxe de l'instruction est la suivante : IF condition à vérifier GOTO étiquette.

⁷² En l'absence de la T, qui doit nécessairement suivre la M06, on signale erreur [ISO014 ; cf. I.6]. On signale erreur toujours [ISO054 ; cf. I.6] quand il y a une T pas précédé par une M06.

⁷³ Comme déjà précisé (cf. I.1.2.2), si cette obligation n'est pas respectée, on signale erreur.

⁷⁴ Exemple : T 0 30 207. Un cas pareil est signalé comme erreur [ISO012 ; cf. I.6].

⁷⁵ Exemple : T 1 00 207. Un cas pareil est signalé comme erreur [ISO013 ; cf. I.6].

⁷⁶ En correspondance avec l'indication des éléments d'équipement non configurés, on signale erreur [ISO067 ; cf. I.6].

⁷⁷ La manquée spécification d'un équipement initial, au moment où on trouve une G de mouvement, est signalée comme erreur [ISO044 ; cf. I.6].

Comme « *condition à vérifier* » on entend l'ensemble de : *variable de comparaison* (**VGPL** si on veut vérifier une condition sur la base de la variable GPL définie dans la librairie ISO CNC Var_IF[1] as double -- ou on peut spécifier le registre **V1-V30** que on veut utiliser comme variable de comparaison) ; *opérateur de comparaison* (on peut effectuer une comparaison avec les opérateurs suivants : =, <, >, <=, >=, <>) ; *valeur numérique de comparaison*. Comme « *étiquette* » on entend le mot qui identifie le numéro de ligne Nxxxxx.

Au cas où la condition est satisfaite, le compilateur de la liste ISO n'exécutera pas les instructions contenues entre la ligne de définition du saut à étiquette et la ligne spécifiée dans l'étiquette de l'instruction IF -> GOTO.

Des précisions : ce n'est pas possible d'effectuer sauts à étiquette en arrière – le numéro de ligne spécifié dans l'étiquette doit être suivant au numéro de ligne de l'instruction IF -> GOTO. Cela implique que ce n'est pas possible de définir plusieurs lignes avec le même numéro de ligne – le numéro de ligne doit être univoque. L'instruction IF -> GOTO doit être la seule instruction définie sur cette ligne. L'instruction IF -> GOTO implique une brève interruption de l'exécution de la liste ISO : le compilateur arrête la compilation de la liste ISO jusqu'à la réalisation de cette instruction. Une fois arrivé à la ligne, il évalue la condition contenue dans l'instruction IF -> GOTO et reprend la compilation, en effectuant le saut à étiquette au cas où la condition ici contenue est satisfaite.

Ceci c'est un exemple d'instruction IF -> GOTO :

N1 IF VGPL = 34.567 GOTO N30

I.6 Registres

ISO CNC met à disposition de l'utilisateur 30 registres de type décimal, numérotés de 1 à 30. Pour réguler la valeur d'un registre, l'instruction V est à disposition de l'utilisateur : en écrivant V suivie par le numéro de registre⁷⁸, par le signe « = » et une valeur (généralement décimale)⁷⁹, c'est possible d'assigner au registre en question la valeur demandée⁸⁰. Par exemple, **V25 = 78.99** s'occupe d'assigner au 25^o registre la valeur 78.99.

I.7 Erreurs ISO

Ci-après on montre la liste des erreurs qui peuvent être signalées dans un fichier ISO.

Code	Sens
ISO001	Manque de fermeture commentaire Il y a une parenthèse d'ouverture du commentaire (« (») non suivie par la correspondante parenthèse de fermeture («) »).
ISO002	Manque d'ouverture commentaire Il y a une parenthèse de fermeture du commentaire (« (») non précédée par la

⁷⁸ On demande qu'un numéro de registre correct soit spécifié : tout d'abord, ce doit être un numéro entier non négatif (au cas où le format soit incorrect, on signale erreur [ISO057 ; cf. I.6]), ensuite, le numéro doit être contenu entre 1 et 30 (en cas contraire, on signale erreur [ISO059 ; cf. I.6]).

⁷⁹ Une assignation doit toujours suivre à la correcte indication d'un registre : en l'absence, on signale erreur [ISO063 ; cf. I.6].

⁸⁰ La présence d'un signe « = » dans la liste, pas précédé par v, est signalée comme erreur [ISO058 ; cf. I.6].

	correspondante parenthèse d'ouverture («) »).
IS0003	Mot non reconnu Dans la ligne il y a un mot qui commence par une lettre non prévue par la spécification.
IS0004	Mot sans numéro Dans la ligne il y a une lettre (il semblerait le début d'un mot) non suivie par un numéro.
IS0005	Mot sans code Dans la ligne il y a un numéro qui n'est pas précédé par une lettre.
IS0006	Format numérique erroné Dans la ligne il y a un numéro (c'est-à-dire une séquence de caractères comprise entre les lettres de début de deux mots suivants) qui présente un format incorrect.
IS0007	Numéro non valide associé à une G A la lettre G ne peut suivre qu'un numéro entier avec non plus que trois chiffres.
IS0008	Numéro non valide associé à une M A la lettre M ne peut suivre qu'un numéro entier avec non plus que trois chiffres.
IS0009	Séquence numérique non valide associée à une T Une T est suivie par un numéro ou non entier, ou, bien qu'il est entier, par un numéro avec une quantité de chiffres non égale aux 6 demandées.
IS0010	Positionnement erroné de G70/G71 Dans une ligne où il y a des G , qui incluent des cotes linéaires comme arguments, les G70/G71 doivent nécessairement les précéder.
IS0011	La cote ou composante ne peut être référée à aucune commande Dans une ligne il y a une cote (ou une composante) sans qu'aucune G , qui la demande comme argument, soit en service.
IS0012	Tête non sélectionnée Les identificateurs non nuls de porte-outil ne sont pas autorisés après une tête non sélectionnée.
IS0013	Porte-outil non sélectionné Les identificateurs d'outil non nuls ne sont pas autorisés après un porte-outils non sélectionné.
IS0014	Absence de spécification de l'outillage Une M06 n'est pas suivie par une T (constituant l'argument).
IS0015	La valeur de vitesse de rotation pour le mandrin est nulle ou négative Une valeur négative ou nulle a été indiquée pour un argument qui demande une valeur positive.
IS0016	Argument répété Dans les arguments de l'instruction on a spécifié plusieurs fois la même position (ou vitesse).
IS0017	Manque d'arguments Après une G ou une M il n'y a aucun des arguments demandés.
IS0018	Spécification s.d.r. non individuelle Dans une ligne où une instruction précise l'emploi d'un s.d.r. (G27 , G28 , G29 , G92), cette-ci doit être la seule instruction présente.
IS0019	Manque de composants verseur IF Une G28 doit être suivie par l'indication, au moins, d'une composante non nulle du verseur i_F .
IS0020	Manque de composants verseur jF Une G28 doit être suivie par l'indication, au moins, d'une composante non nulle du verseur j_F .
IS0021	Manque de composants verseur kF Une G28 doit être suivie par l'indication, au moins, d'une composante non nulle du verseur k_F .
IS0022	Verseur à module nul Tentative d'attribuer un verseur au moyen d'un vecteur pratiquement nul.
IS0023	Triade de verseurs coplanaires Tentative de spécifier un s.d.r. spatial avec une triade de verseurs qui sont pratiquement coplanaires.
IS0024	Système de référence de face déjà en service Tentative de préciser un s.d.r. de face sans démonter celui précédemment en service.

IS0025	Manque de coordonnées origine Tentative de préciser un s.d.r. de pièce sans donner aucune coordonnées pour l'origine (au moins une est nécessaire).
IS0026	Pas de cote spécifiée Pour une G de mouvement il faut préciser au moins une cote.
IS0027	Incohérence des coordonnées spécifiées pour le point final de l'arc (G02/G03) Pour la fin d'un arc vous avez spécifié des coordonnées, qui n'appartiennent pas au plan d'interpolation configuré.
IS0028	Manque de coordonnées du cercle (G02/G03) Il n'est précisé ni le rayon ni le centre du cercle auquel la trajectoire d'interpolation d'une G02/G03 appartient.
IS0029	Description redondante non congruente (G02/G03) Afin de préciser un cercle, on donne les coordonnées du centre aussi bien que son rayon, mais les deux descriptions sont incohérentes.
IS0030	Rayon du cercle insuffisant (G02/G03) Le rayon précisé est de nature à définir un cercle trop petit, pour que le point initial et final puissent en faire partie.
IS0031	Incohérence dans les coordonnées spécifiées pour le centre du cercle (G02/G03) Pour le centre du cercle deux coordonnées sont données, mais la distance entre le point de départ et le centre ainsi précisée diffère de la distance entre lui-même et le point final (en d'autres termes, le point final et le point initial ne peuvent pas se trouver sur un arc appartenant au cercle, dont le centre est le point spécifié).
IS0032	Interpolation 5 axes non activée Vous avez programmé un mouvement qui nécessiterait 5 axes, mais l'utilisation de ces derniers n'est pas activée.
IS0033	G48/G49 non dans une ligne autonome Il est nécessaire que les G48/G49 soient dans une ligne sans d'autres instructions.
IS0034	Positionnement erroné d'une G41/G42 G41 et G42 ne peuvent se trouver que dans une ligne autonome ou se trouver avant d'une G de mouvement.
IS0035	Positionnement erroné d'une G40 Une G40 ne doit se trouver que dans une ligne autonome ou après la dernière G de mouvement, pour quoi la correction est prévue (arguments inclus).
IS0036	Temps d'attente négatif Indication d'une valeur négative pour un temps d'attente (il n'a pas de sens).
IS0037	Positionnement erroné d'une G04 Dans la ligne où la G04 paraît aucun autre mot n'est autorisé pas.
IS0038	Coordonnée non prévue pour le centre La G18 est active, on ne peut donner que I et J, non K.
IS0039	Coordonnée non prévue pour le centre La G18 est active, on ne peut donner que I et K, non J.
IS0040	Coordonnée non prévue pour le centre La G19 est active, on ne peut donner que J et K, non I.
IS0041	F demandée non spécifiée (feed rate inverse au temps) Lorsque le mode de feed rate à l'inverse du temps est actif (G93 en fonction), il est demandé qu'une valeur pour la F soit spécifiée dans chaque ligne où une G01, G02 ou G03 est présente.
IS0042	Valeur négative ou nulle pour le feed rate Pour le feed rate on demande toujours une valeur positive.
IS0043	M02 en position erronée La M02 doit se trouver dans une ligne autonome.
IS0044	Absence de spécification de l'outillage initial Il est indispensable que la première G de mouvement soit précédée par une M06, qui précise les index de la tête, du porte-outil et de l'outil actuellement utilisé.
IS0045	Manque de M02 Dans chaque listage doit se trouver une M02 qui conclut la partie traitée.

IS0046	Déclaration de S répétée Dans la ligne en question il y a deux ou plus de mots S : une seulement est admise.
IS0047	Absence de spécification cote linéaire En mode d'interpolation 3 axes, il faut préciser au moins une cote linéaire pour chaque G01 .
IS0048	La position des points initiaux et finaux doit être telle qui ne permet pas de trouver le centre en fonction de la coordonnée donnée. Dans le cas où la I est donnée, mais non la J , si la G17 est active, il est nécessaire que y_1 diffère de y_0 .
IS0049	La position des points initiaux et finaux doit être telle qu'elle ne permet pas de trouver le centre en fonction de la coordonnée donnée Dans le cas où la J est donnée, mais non la I , si la G17 est active, il est nécessaire que x_1 diffère de x_0 .
IS0050	La position des points initiaux et finaux doit être telle qu'elle ne permet pas de trouver le centre en fonction de la coordonnée donnée Dans le cas où la I est donnée, mais non la K , si la G18 est active, il est nécessaire que z_1 diffère de z_0 .
IS0051	La position des points initiaux et finaux doit être telle qu'elle ne permet pas de trouver le centre en fonction de la coordonnée donnée Dans le cas où la K est donnée, mais non la I , si la G18 est active, il est nécessaire que x_1 diffère de x_0 .
IS0052	La position des points initiaux et finaux doit être telle qu'elle ne permet pas de trouver le centre en fonction de la coordonnée donnée Dans le cas où la J est donnée, mais non la K , si la G19 est active, il est nécessaire que z_1 diffère de z_0 .
IS0053	La position des points initiaux et finaux doit être telle qu'elle ne permet pas de trouver le centre en fonction de la coordonnée donnée Dans le cas où la K est donnée, mais non la J , si la G19 est active, il est nécessaire que y_1 diffère de y_0 .
IS0054	T sans M06 Un mot T apparaît qui n'est pas précédé par M06 dont il constitue l'argument.
IS0055	Il est impossible de passer à un s.d.r. nouveau de pièce : s.d.r. de face en service Vous avez demandé le passage à un s.d.r. nouveau de pièce sans avoir d'abord démonté le référentiel de face en service.
IS0056	Format numéro de ligne non valide Tentative de spécifier le numéro de ligne (mot « N ») en donnant le numéro dont le format n'est pas valide.
IS0057	Format non valide pour le numéro d'un registre Tentative de préciser le numéro d'un registre (mot « V ») en donnant le numéro d'un format non valide.
IS0058	Assignation présumée sans indication du registre Il y a un signe d'égalité, qui, afin d'être interprété correctement, devrait être précédé par l'indication d'un registre (mot « V »), qui, au contraire, manque.
IS0059	Numéro de registre non valide On a indiqué un numéro de registre nul ou dépassant le nombre d'enregistrements disponibles.
IS0060	Valeurs angulaires non valide pour la G29 Pour les angles qui précisent la position du plan XY du s.d.r. translaté de manière rotative, on a tenté de spécifier les valeurs en dehors des ranges autorisés.
IS0061	Positionnement erroné des G90/G91 Dans une ligne où il y a des G qui incluent des cotes comme arguments, les G90/G91 doivent nécessairement les précéder.
IS0062	Plus d'une G de mouvement Dans une ligne une G seule de mouvement est autorisée.
IS0063	Absence d'attribution de valeur à un registre Il y a une indication correcte d'un registre, mais qui n'est pas suivie par l'assignation de sa valeur.

IS0064	Absence indication du temps d'attente Une G04 paraît qui n'est pas suivie par son argument.
IS0065	Valeur de F précisé plus d'une fois Dans une ligne la valeur de F ne peut pas être précisé plus d'une fois.
IS0066	Absence de spécification de la F Avant la première instruction du mouvement interpolé ou dans cette-ci, il faut préciser une valeur pour la F.
IS0067	Index d'outillage non configurés dans les paramètres Index d'outillage fournis qui correspondant à une tête ou à un porte-outil ou à un outil non configurés dans les paramètres.
IS0068	Interpolation circulaire demandée dans un plan non orthogonal Les axes du plan parallèlement auquel l'interpolation circulaire associée à l'exécution d'un arc de cercle (ou, plus généralement, d'ellipse) a été demandée, doivent être orthogonaux.

TAB. 5. Erreurs ISO