

Programmation Robotique / Cobotique

ROBOT ER-4iA



Fanuc M10iA
+ M710iC



COBOT CRX-10iA



UR10e



A. Présentation des robots FANUC

I. Vue d'ensemble des robots FANUC

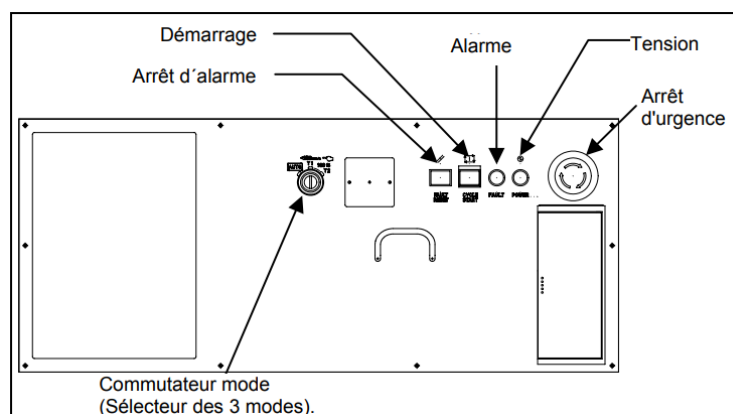
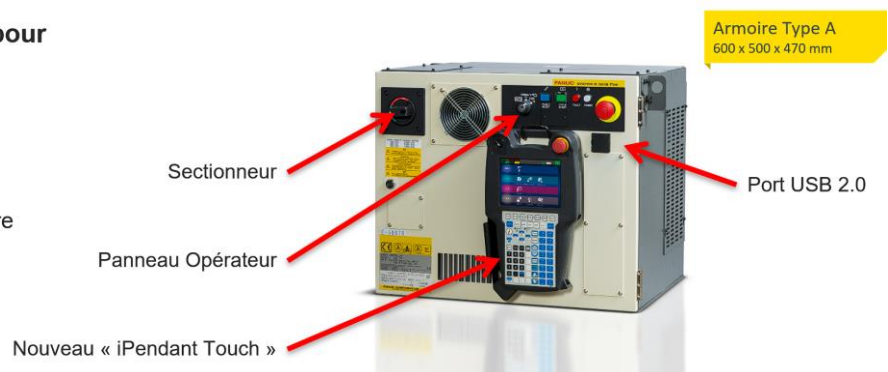
Composants du robot

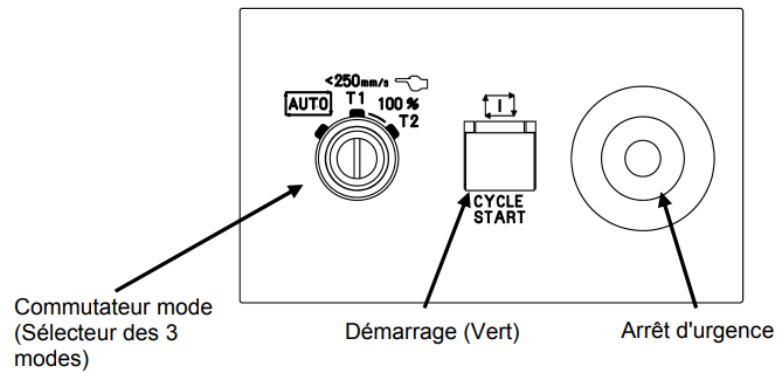
Les contrôleurs

Le contrôleur est le composant qui s'occupe de la puissance électrique, la gestion des axes du robot et la communication vers des composants externes (les modules de communication sont souvent vendus en option)

➤ Configuration standard pour 95% des robots

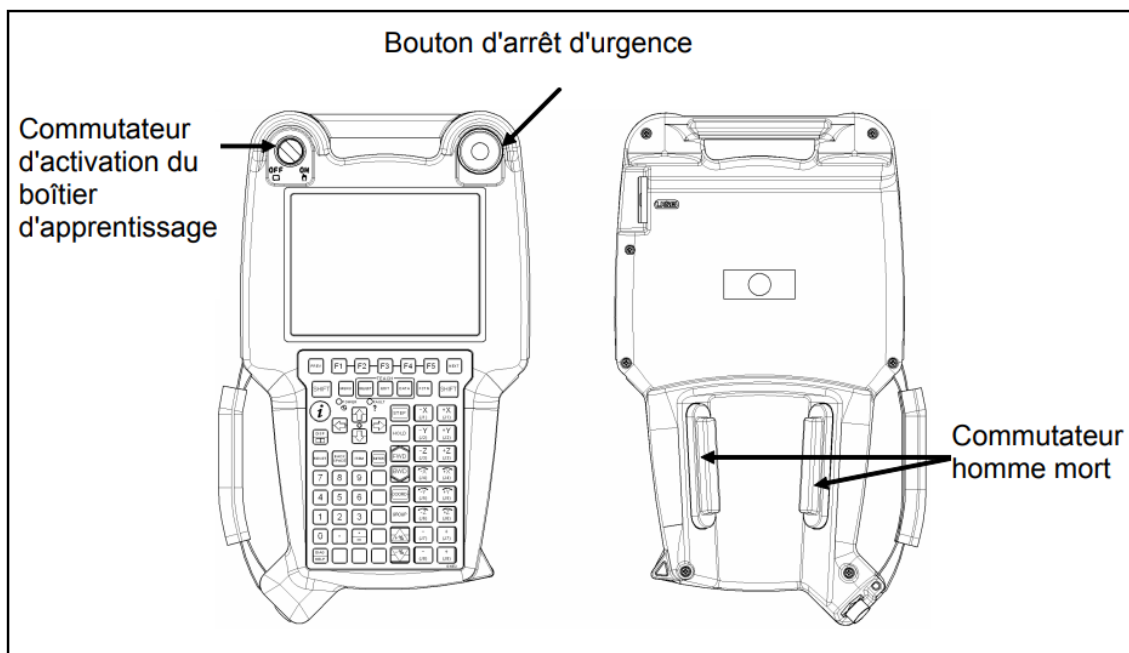
- Variateur monobloc 6 axes
- 2E/2S de sécurité
- Transformateur intégré
- 380V Tri sans Régime Neutre

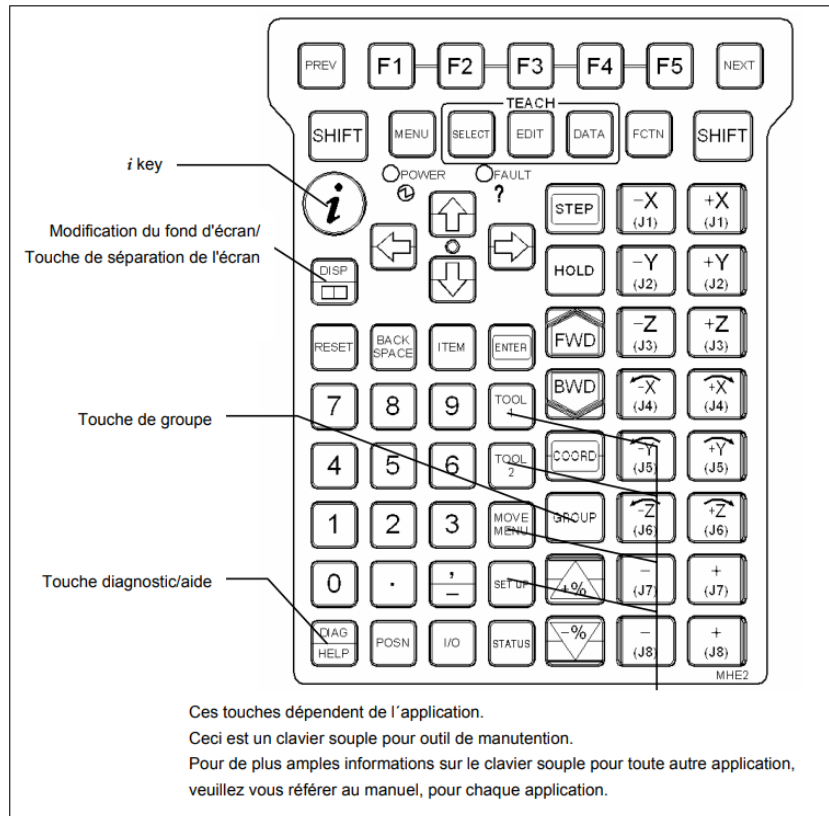




Le « Teach Pendant »

L'interface permettant de manipuler et faire des programmes de base du robot est le « Teach Pendant ».



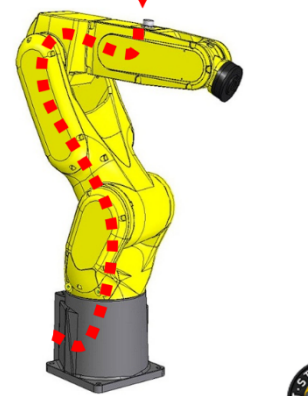
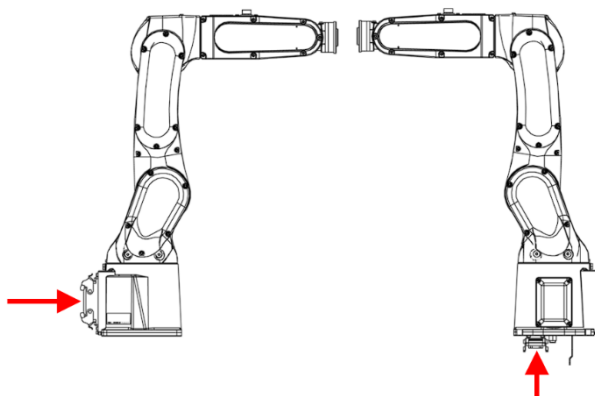


Le robot

- 6 axes
- Charge : 7kg
- Rayon : 717mm
- Méthodes d'installation :



- Contrôleur R-30iB Mate
 - 1.2KVA, 0.5kW en 200-230V, 50/60hz, 1 phase
- IP69K (option)
- Passage des câbles iRvision et Force Sensor en interne entre J1 et J4
- 2 électrovannes disponibles sur l'axe J4 (3 en option)
- Connectique sous l'axe J1 (option)

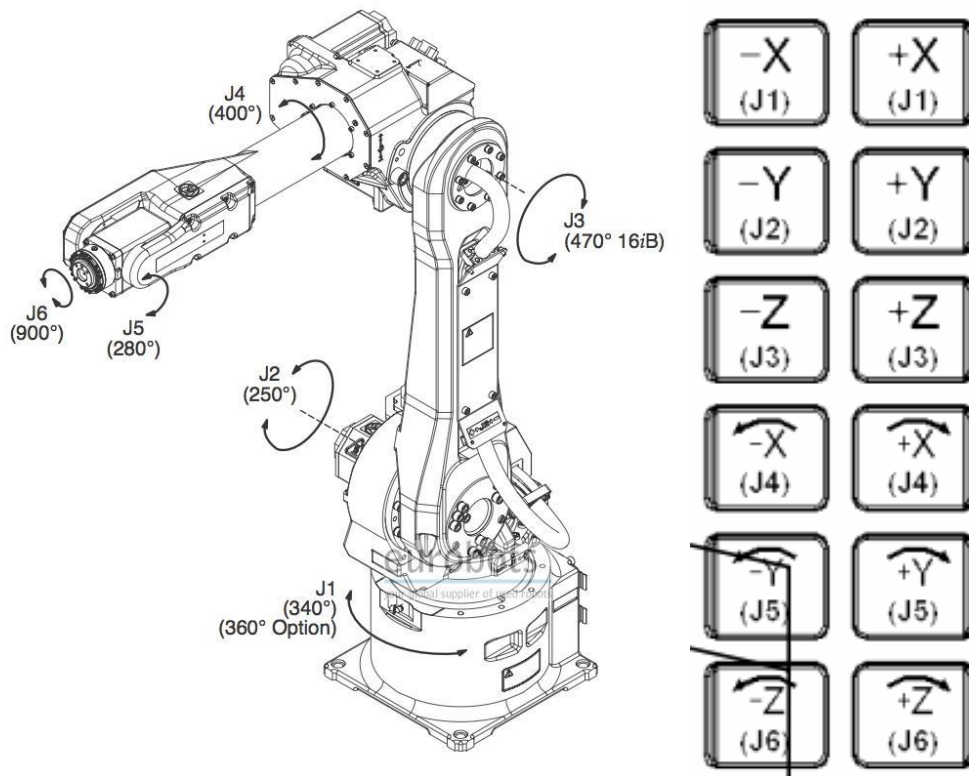


Les modes de déplacement

Différents modes de déplacement

Déplacement dans le repère Joint

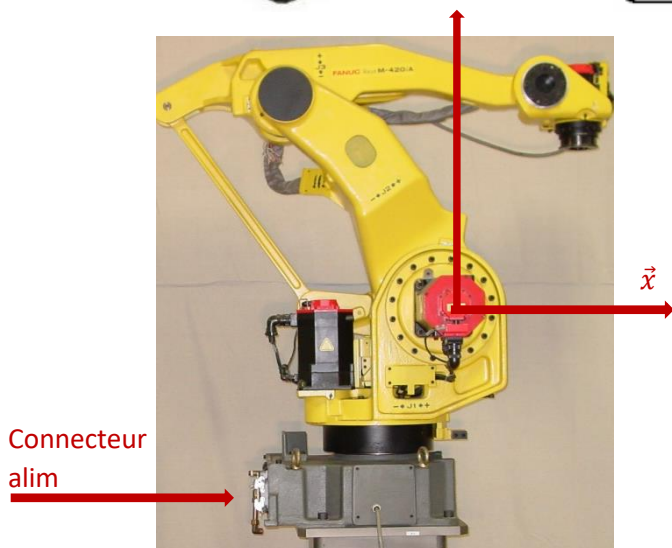
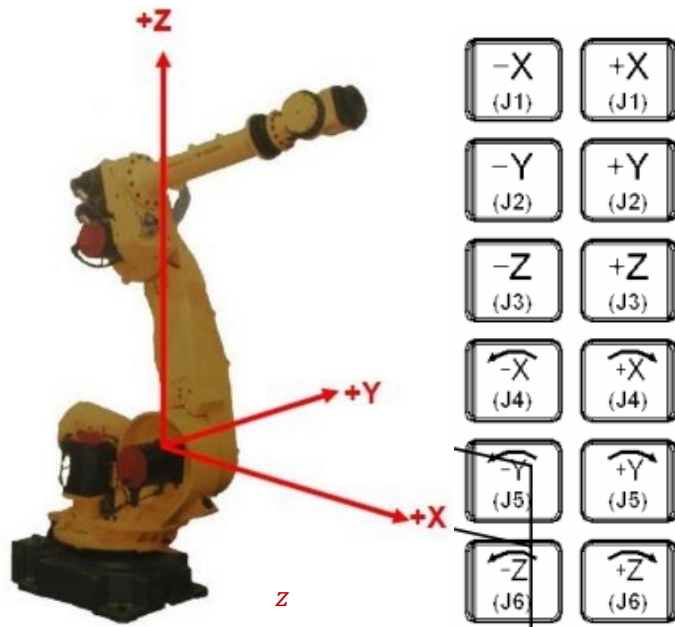
Le mode de déplacement Joint est le mode qui permet de contrôler chaque axe de façon indépendante. Il s'agit du mode de déplacement par défaut et c'est le seul mode qui permet un déplacement en cas de singularité d'axe → alignement de 3 axes min.



Déplacement dans le repère World

Le repère cartésien "World" reste toujours le même. Son origine $O = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ se trouve à

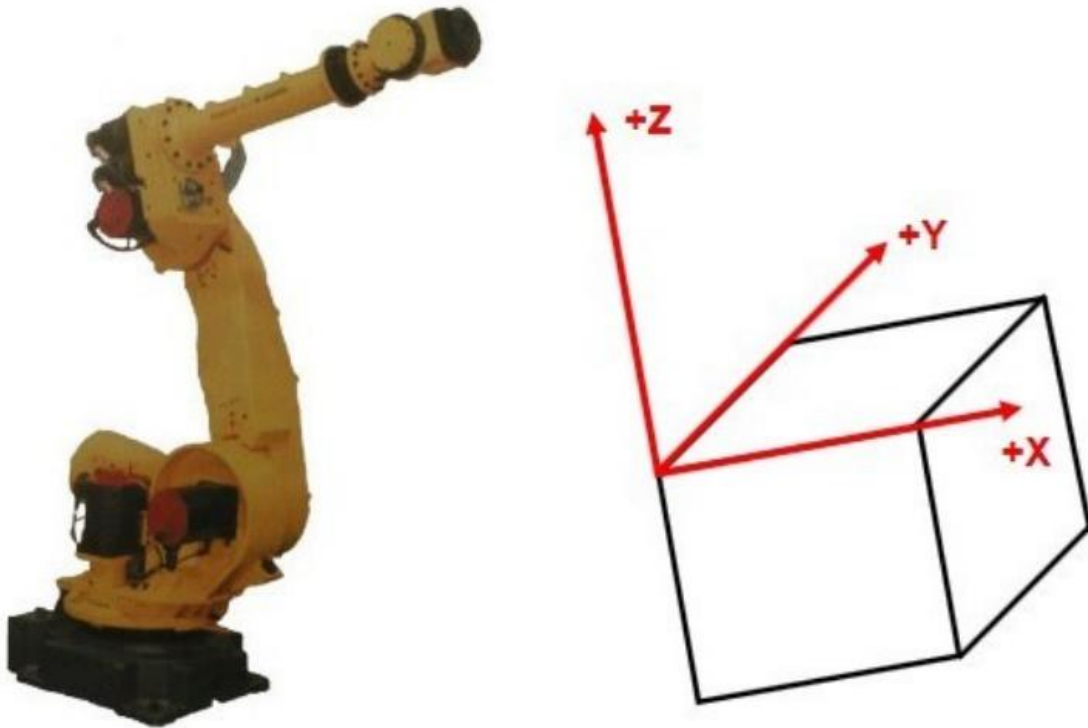
l'intersection entre l'axe J1 et l'axe J2. La composante X+ se trouve toujours dans la même direction que l'axe du connecteur d'alimentation du robot, la composante Z+ vers le haut.



Déplacement dans le repère USER

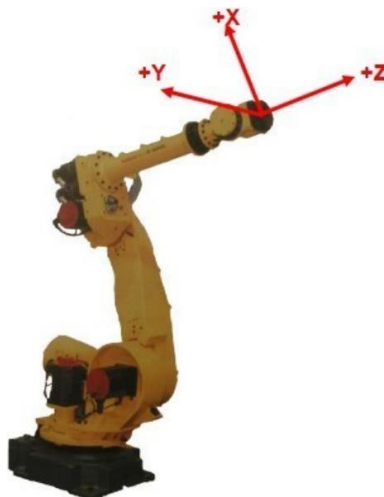
Le repère USER est par définition le référentiel utilisateur (objet). C'est un repère pouvant être défini à n'importe quel endroit. Ce sera le repère de référence pour toutes les données de position enregistrées dans un programme.

Sur l'îlot au moment de la livraison aucun repère utilisateur n'est défini donc le repère USER se déplace exactement comme le repère WORLD présenté auparavant



Déplacement dans le repère TOOL

Le repère TOOL est le repère lié au TCP (Tool Center Point) de l'outil en cours d'utilisation. Si aucun outil n'est créé, ce dernier est confondu avec l'origine de l'axe n°6.



II. Modes de fonctionnement des robots FANUC

Le robot possède 3 modes de fonctionnement :

- le mode automatique, robot piloté par l'automate.
- le mode T1, robot en manuel mais la vitesse est limitée à 25 % de sa vitesse nominale.
- le mode T2, robot en manuel mais la vitesse n'est pas limitée. (Déconseillé car peut être dangereux).

Pour effectuer des changements de mode :

- 1 - tourner le commutateur de l'armoire de commande (« T1 » pour la position manuel)
- 2 - tourner le sélecteur qui se trouve en haut du « TEACH » (« On » pour activer le teach)



Une fois votre intervention terminée, replacer le TEACH sur OFF puis le commutateur de l'armoire sur la position automatique.

Toutefois avant de relancer un cycle en automatique assurez-vous que le robot se trouve dans une configuration lui permettant de repartir sans créer de collision avec un organe mécanique de la cellule.

III. Programmation des robots FANUC

III. PROGRAMMATION

III.1. CRÉATION D'UN PROGRAMME

Pour pouvoir créer un programme, vous devez accéder à la liste des programmes comme ceci :

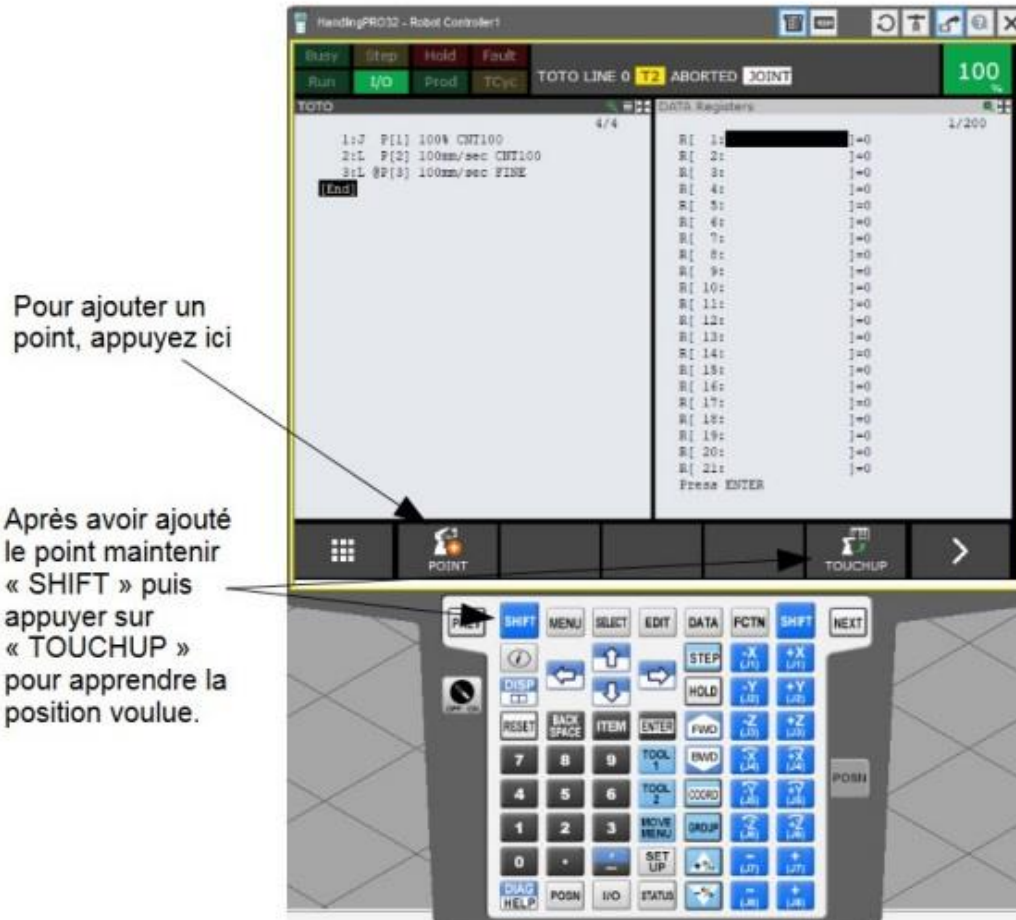


III.2. INSTRUCTIONS DE MOUVEMENTS

Dans votre programme vous pouvez y mettre des instructions de mouvements.

Plusieurs instructions sont disponibles :

- J p[...] est un mouvement articulaire
- L p[...] est un mouvement linéaire
- C p[...] est un mouvement circulaire



Les points possèdent plusieurs terminaisons :

- Leur vitesse en mm/sec ou en %
- Fine : le robot s'arrête au point
- CNT0 : le robot s'approche au plus près du point avec une décélération maximum
- CNT100 : le robot est au plus loin du point avec une décélération minimum

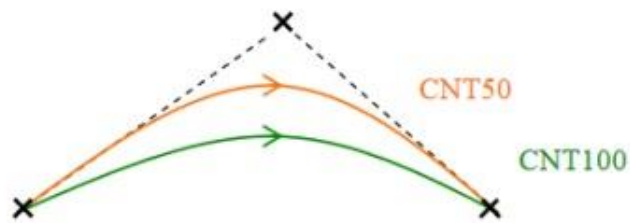


Schéma représentatif du CNT50/100

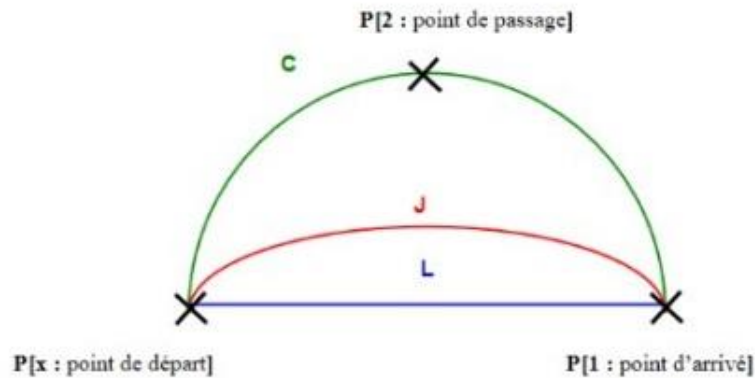


Schéma représentatif des différents types de points

III.3. TYPES DE POINTS

Il existe deux types de points :

Les points P[.]

Les registres de position PR[.]

Leur format est le suivant :

$P[n]$ ou $PR[n] = [x, y, z, w, p, r, \text{configuration}, UT, UF]$

x, y et z : localisation

w, p et r : orientation

configuration : configuration

UT, UF : repère outil (UT) et repère utilisateur (UF) dans lesquels le point est appris.

Les points ne peuvent être utilisés que dans leur repère de définition tandis que les registres de position peuvent être utilisés dans les différents repères utilisateurs existants.

IV. INSTRUCTIONS PROGRAMMES

En appuyant sur la touche « NEXT », on voit apparaître l'onglet « INST » qui regroupe toutes les instructions utilisables sur le robot.

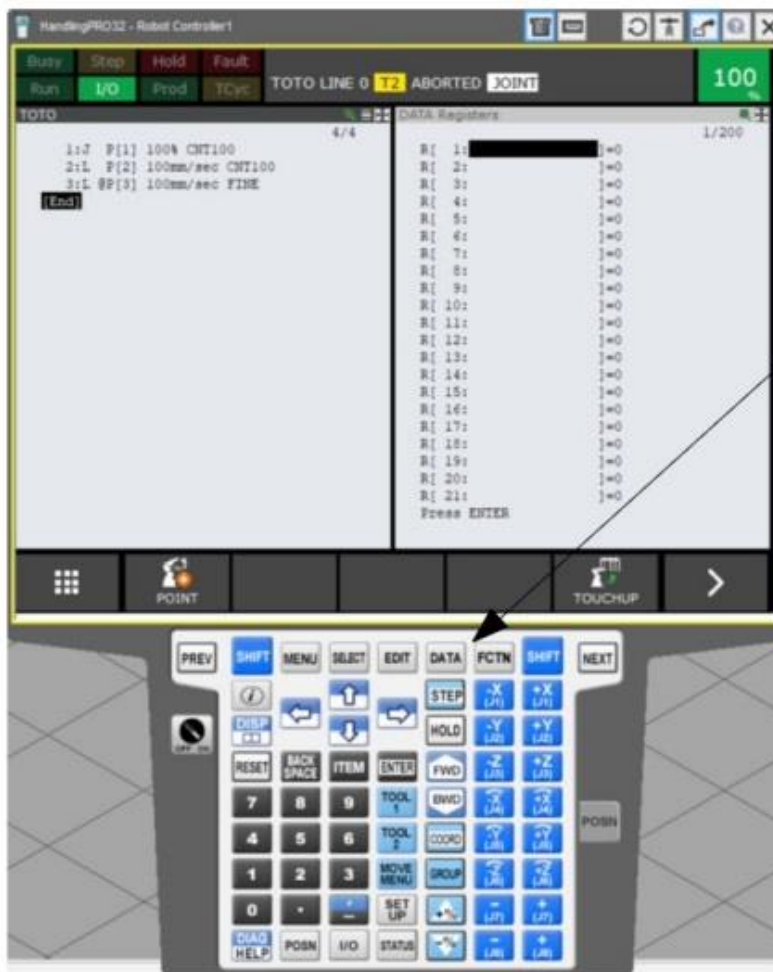


- « Registers » qui permet de réaliser des opérations sur des variables.
- « I/O » qui permet d'activer/désactiver des Sorties ou de lire l'état d'une entrée
- « IF/SELECT » pour tester la valeur de registres
- « WAIT » qui est une instruction de temporisation
- « JUMP/LBL », est une instruction de saut de programmes
- « CALL », vous permet d'appeler un programme.
- « OFFSET FRAME », permettant de définir un repère utilisateur et outil.

IV.1. LES VARIABLES

Sur les robots FANUC il existe deux types de variables à connaître :

- Les registres R[...] qui sont des variables numériques
- Les registres de position PR[...] qui sont des variables de positions



Pour les afficher il faut appuyer sur la touche « DATA »

Pour changer de type de variable il faut appuyer sur /
DATA → F1 [Type] → Registers/Data Registers

IV.2. L'INSTRUCTION DE SAUT

Définition d'un label :

Un label indique un emplacement de destination d'un saut.

Le saut peut être défini de manière conditionnelle ou inconditionnelle

a. Le saut inconditionnel

F1 [INST] → JMP/LBL

Un « JUMP LABEL » permet d'effectuer un saut à un label situé dans le même programme. Le saut peut être effectué en AVANT ou en ARRIERE.

Lorsqu'on utilise JMP/LBL[n] le curseur ira se placer sur le LBL[n] puis l'exécution du programme se poursuivra à partir de ce label.

b. Le saut conditionnel

F1 [INST] → IF/SELECT

Un saut conditionné peut s'effectuer si et seulement si une condition est vérifiée.

Cette instruction permet d'effectuer un saut ou un appel de programme ou toute autre action si une condition est vérifiée.

IF statement 1/2	IF statement 2/2
1 IF ...=...	1 IF (...) THEN
2 IF ...<>...	2 ELSE
3 IF ...<...	3 ENDIF
4 IF ...<=...	4 SELECT R[]=...
5 IF ...>...	5 <select> =...
6 IF ...>=...	6 <select>ELSE
7 IF (...)	7
8 --next page--	8 --next page--

Notre boucle IF doit absolument être fermée par l'instruction ENDIF.

La fonction ELSE nous permet de faire un « SINON » si la première condition n'est pas valide peu importe son état c'est l'action située en dessous de la fonction ELSE qui sera exécutée.

La fonction IF peut être suivie de l'instruction JMP LBL, si la condition est validée le programme sautera jusqu'au label correspondant.

IV.3. LA FONCTION D'APPEL DE PROGRAMME

F1 [INST] → CALL

L'instruction « CALL Programme » permet de lancer un programme.

CALL FANUC → le programme FANUC est exécuté dans sa globalité.

IV.4. LES INSTRUCTIONS DE REPÈRES

F1 [INST] → OFFSET / FRAMES

Offset/Frames 1/1
1 OFFSET CONDITION
2 UFRAME_NUM=...
3 UTOOL_NUM=...
4 UFRAME[]=...
5 UTOOL[]=...
6
7
8

L'instruction UFRAME_NUM permet de définir le numéro du repère utilisateur souhaité dans le programme.

L'instruction UTOOL_NUM permet de définir le numéro du repère outil souhaité dans le programme.

Un point ne dépend uniquement que :

- d'un repère utilisateur
- d'un repère outil

IV.5. L'INSTRUCTION D'ATTENTE

F1 [INST] → WAIT

Cette instruction permet de définir un temps d'attente en secondes avant l'exécution de la ligne de programme suivante.

Wait statements 1/1
1 WAIT ... (sec)
2 WAIT ...=...
3 WAIT ...<>...
4 WAIT ...<...
5 WAIT ...<=...
6 WAIT ...>...
7 WAIT ...>=...
8 WAIT (...)

IV.6. L'ONGLET MISCELLANEOUS

F1 [INST] → MISCELLANEOUS

Miscellaneous statements 1/2	
1	RSR[]
2	UALM[]
3	TIMER[]
4	VERRIDE
5	Remark
6	Message
7	Parameter name
8	--next page--

L'instruction qui nous intéresse est l'instruction **VERRIDE** qui permet de définir la vitesse du robot en %.

IV.7. LES ENTRÉES/SORTIES



Pour les afficher il faut appuyer sur la touche « MENU » ensuite « I/O » 5 et sélectionner le type d'I/O souhaité

Les entrées sorties à connaître sont :

- Les RI/RO qui sont les E/S robot
- Les DI/DO qui sont les E/S digitales
- Les UI/UO qui sont les E/S qui nous indiquent l'état du robot.

I/O IOP In			I/O IOP Out		
#	STATUS	I/18	#	STATUS	I/20
DI[1]	[VIMTP]	1	DO[1]	[Cmd enabled]	1
DI[2]	[Hold]	1	DO[2]	[System ready]	1
DI[3]	[VSPED]	1	DO[3]	[Prog running]	1
DI[4]	[Cycle stop]	1	DO[4]	[Prog passed]	1
DI[5]	[Fault reset]	1	DO[5]	[Motion held]	1
DI[6]	[Start]	1	DO[6]	[Fault]	1
DI[7]	[None]	1	DO[7]	[Jct perch]	1
DI[8]	[Enable]	1	DO[8]	[JTP enabled]	1
DI[9]	[RSG1/RSR1/STL1]	1	DO[9]	[Batt alarm]	1
DI[10]	[RSG2/RSR2/STL2]	1	DO[10]	[Busy]	1
DI[11]	[RSG3/RSR3/STL3]	1	DO[11]	[ACK1/ERR1]	1
DI[12]	[RSG4/RSR4/STL4]	1	DO[12]	[ACK2/ERR2]	1
DI[13]	[RSG5/RSR5/STL5]	1	DO[13]	[ACK3/ERR3]	1
DI[14]	[RSG6/RSR6/STL6]	1	DO[14]	[ACK4/ERR4]	1
DI[15]	[RSG7/RSR7/STL7]	1	DO[15]	[ACK5/ERR5]	1
DI[16]	[RSG8/RSR8/STL8]	1	DO[16]	[ACK6/ERR6]	1
DI[17]	[RSG strobe]	1	DO[17]	[ACK7/ERR7]	1
DI[18]	[Feed start]	1	DO[18]	[ACK8/ERR8]	1
			DO[19]	[SRRCE]	1
			DO[20]	[Reserved]	1

Entrées système

Sorties système

-Les SI/SO qui sont les E/S qui permettent de visualiser l'état des BP et des voyants de défaut du Teach

I/O SGP In			I/O SGP Out		
#	STATUS	O/18	#	STATUS	O/18
SI[0]	[Fault reset]	1	SO[0]	[Remote LED]	1
SI[1]	[Remote]	1	SO[1]	[Cycle start]	1
SI[2]	[Hold]	1	SO[2]	[Hold]	1
SI[3]	[User PB#1]	1	SO[3]	[Fault LED]	1
SI[4]	[User PB#2]	1	SO[4]	[Batt alarm]	1
SI[5]	[Cycle start]	1	SO[5]	[User LED#1]	1
SI[6]	[Cycle start]	1	SO[6]	[User LED#2]	1
SI[7]	[CE/CR Select b0]	1	SO[7]	[JTP enabled]	1
SI[8]	[CE/CR Select b1]	1			
SI[9]	[CE/CR Select b2]	1			
SI[10]	[CE/CR Select b3]	1			
SI[11]	[CE/CR Select b4]	1			
SI[12]	[CE/CR Select b5]	1			
SI[13]	[CE/CR Select b6]	1			
SI[14]	[CE/CR Select b7]	1			
SI[15]	[CE/CR Select b8]	1			
SI[16]	[CE/CR Select b9]	1			
SI[17]	[CE/CR Select b10]	1			
SI[18]	[CE/CR Select b11]	1			
SI[19]	[CE/CR Select b12]	1			

IV.8. LE FRAME OFFSET

MENU – UTILITIES – FRAME OFFSET

Le menu FRAME OFFSET permet de convertir des points appris dans un repère dans un autre repère.

```

UFRAME OFFSET
Program 1/6
Original Program :
1 TEST
2 Range: WHOLE
3 Start line: (not used) *****
4 End line: (not used) *****
New Program :
5 TEST
6 Insert line: 0

Use shifted up,down arrows for next page
    
```

Programme cible
Portée de la modification :
-Globale
-Partielle
Nouveau programme
Ligne d'insertion de la modification

```

UFRAME OFFSET
UFRAME number 1/3
1 Old UFRAME number: 0
2 New UFRAME number: 0
3 Convert Position data (Y/N): NO
    
```

Numéro de l'ancien repère utilisateur

Numéro du nouveau repère utilisateur

Laisser sur « NON »

F2 – EXECUTE pour exécuter la modification

V. LES REPÈRES UTILISATEURS/OUTILS

V.1. LE REPÈRE OUTIL

La définition d'un repère outil nous permet de piloter le robot précisément en fonction de l'outil installé.



Pour accéder au menu d'apprentissage,
« MENU » → « SETUP » → « FRAMES » →
F3 [OTHER] → « USER »/ « TOOL »

Plusieurs méthodes d'apprentissage sont disponibles sur FANUC, en fonction de l'année du robot.

F2 « METHOD » → « Three point » / « Six point » / « Direct Entry »

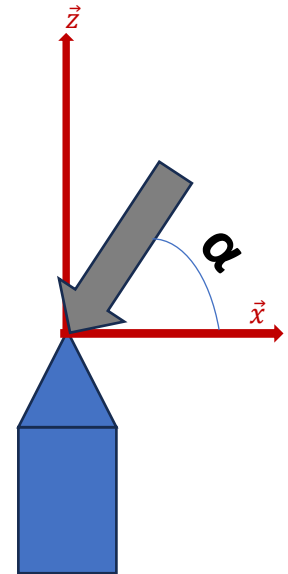
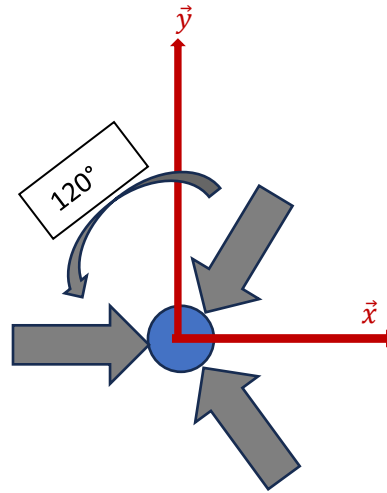
Généralement, vous avez au minimum 3 méthodes :

- 3 points d'apprentissages
- 6 points d'apprentissages
- renseigner les valeurs directement



La méthode de trois points :

Cette méthode consiste à aligner le centre du TCP avec une pointe immobile, sur trois positions différentes, en donnant un angle d'environ 120° entre l'axe z de l'outil et l'axe x de la pointe.

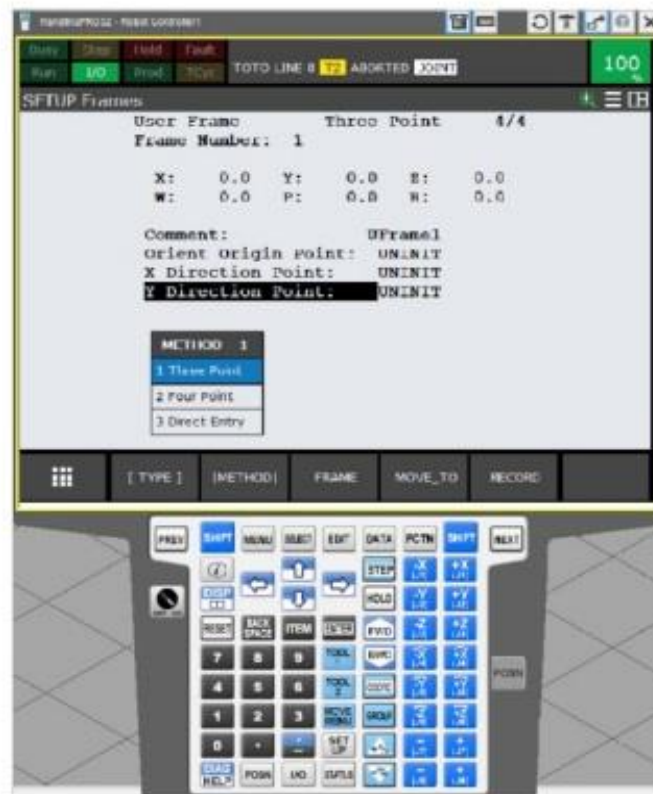


Plus l'angle alpha sera petit, plus la calibration sera précise.

V.2. LE REPÈRE UTILISATEUR

Tout comme l'apprentissage d'un outil, plusieurs solutions sont possible selon la génération de robot :

- 3 points d'apprentissages (Origine, axe X, axe Y)
- 4 points d'apprentissages (Origine, axe X, axe Y, axe Z)
- renseigner les valeurs directement



TP 1 : Se référer au document « TP N° 1 »

Ce TP sera réalisé sur le robot « ROBOT ER-4iA »

- 1- Déplacement robot en mode apprentissage
- 2- Création de repère Outil « Tool »
- 3- Création de repère Utilisateur « User »
- 4- Création de Charge « Payload »
- 5- Création de programmes trajectoires
NOM_PRENOM_NOM_PROGRAMME
- 6- Transfert de programmes
- 7- Exercice « ESCALIER »
- 8- Exercice « ROBOT » ou « PALETTISATION »

TP 2 : Ce TP sera réalisé sur le cobot « COBOT CRX-10iA » en version robot en utilisant le Teach pendant

Se référer au descriptif des robot Fanuc (page 1 – page 22)

- 1- Déplacement robot en mode apprentissage
- 2- Création de repère Outil « Tool »
- 3- Création de repère Utilisateur « User »
- 4- Création de Charge « Payload »
- 5- Création de programmes trajectoires
NOM_PRENOM_NOM_PROGRAMME
- 6- Exercice « EMPILEMENT GOBLETS »
- 7- Transfert de programmes

TP 3 : Ce TP sera réalisé sur le Cobot UR10e N° 1

TP 4 : Ce TP sera réalisé sur le Cobot UR10e N° 2

Se référer au « [Tutoriels vidéo \(universal-robots.com\)](http://universal-robots.com) »

Travail à réaliser :

- 1- Création des programmes pour réaliser des trajectoires suivant différents chemins



Chemins de type 1



Chemins de type 2

2- Exercice « Mise en pratique des compétences acquises »



Chemins à réaliser



Positionnement de l'outil

TP 5 : Ce TP sera réalisé sur le Robot M710iC

Se référer au descriptif des robot Fanuc (page 1 – page 22)

Travail à réaliser :

Développement des trajectoires liées au processus de mise en
boite (Robot M-710iC)

TP 6 : Ce TP sera réalisé sur le Robot M10iA

Se référer au descriptif des robot Fanuc (page 1 – page 22)

Travail à réaliser :

Développement des trajectoires liées au processus de mise en
carton (Robot M-10iA)

Annexes

Fonctions boutons Teach Pendant

Touche	Fonction
F1 F2 F3 F4 F5	La touche fonction (F) sélectionne un menu de fonction à la dernière ligne de l'écran.
NEXT	La touche NEXT permet de commuter le menu de touche de fonction sur la page suivante.
MENU FCTN	La touche MENU affiche le menu d'écran. La touche FCTN affiche le menu fonction.
SELECT EDIT DATA	La touche SELECT affiche l'écran de sélection de programme. La touche EDIT affiche l'écran d'édition de programme. La touche DATA affiche l'écran des données de programme.
TOOL 1 TOOL 2	Les touches TOOL1 et TOOL2 affichent l'écran d'outil 1 et 2.
MOVE MENU	La touche MOVE MENU amène le robot à la position de référence. Créer le programme qui bougera le robot à sa position de référence et assigner ce programme à une macro-instruction de manière à ce que celui-ci puisse démarrer avec la touche MOVE MENU.
SET UP	La touche SET UP affiche l'écran de configuration.
STATUS	La touche STATUS affiche l'écran d'état.
I/O	La touche E/S affiche l'écran d'E/S.
POSN	La touche POSN affiche l'écran de position courante.
DISP	Dans le cas où l'écran sur le boîtier d'apprentissage est séparé, lorsque cette touche est enfoncée, l'écran cible de fonctionnement est modifié. Lorsque cette touche est pressée pendant que la touche MAJ est maintenue enfoncée, le menu Diviser l'écran s'affiche.
DIAG HELP	Lorsque cette touche est enfoncée, l'écran de commentaires d'aide s'affiche. Lorsque cette touche est pressée pendant que la touche MAJ est maintenue enfoncée, le menu d'alarme s'affiche.
GROUP	En appuyant sur cette touche, cela modifie, pression par pression, le groupe de mouvements actuels et la sélection de sous-groupes, comme ceci : G1, G1S, G2, G2S, G3, ... G1. L'appui sur une touche numérique, dont le numéro est celui du groupe que vous souhaitez sélectionner, et sur la touche GROUP permet de sélectionner directement le groupe de mouvements désiré. L'appui sur la touche 0 et sur la touche GROUP fait passer au numéro de sous-groupe supérieur dans le groupe sélectionné.

Chacune des touches TOOL 1, TOOL 2 et MOVE MENU dispose d'une touche d'application sur le boîtier d'apprentissage pour les outils de manipulation. Les touches d'application dédiées diffèrent selon l'application.


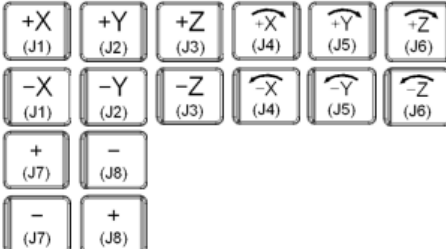






Touche	Fonction
	La touche SHIFT est utilisée pour exécuter un mouvement avec le robot, apprendre une donnée de position et démarrer un programme. Les touches SHIFT droite et gauche ont la même fonction.
	<p>Les touches de mouvement manuel fonctionnent si la touche SHIFT est pressée. Elles sont utilisées pour l'avance manuelle.</p> <p>Les touches J7 et J8 sont utilisées pour les mouvements manuels des axes supplémentaires présents dans le même groupe. Dans le cas où le nombre d'axes du robot est inférieure à 6, les touches qui ne sont pas utilisées pour les mouvements manuels du robot sont utilisées pour les mouvements manuels des axes supplémentaires, également. Ex. : Dans le cas où le nombre d'axes du robot est de 5, les touches J6, J7 et J8 sont utilisées pour les mouvements manuels des axes supplémentaires.</p> <p>La fonction des touches J7 et J8 peut être modifiée. Veuillez vous référer au paragraphe « Réglage des touches de mouvement manuel J7 et J8 » de la section « 5.2.3 Déplacement du Robot par mouvements manuels ».</p>
	La touche COORD sélectionne le système de coordonnées en mouvement manuel (type jog). Chaque fois que la touche COORD est pressée, cela sélectionne le type de mouvement manuel suivant dans l'ordre: JOINT, JGFRM, World frame, TOOL, USER. Lorsque l'on appuie sur cette touche et que la touche SHIFT est maintenue appuyée, un menu de mouvement manuel de changement de système de coordonnées s'affiche.
	La touche Override (dépassement) ajuste le surclassement d'avance de la vitesse. Chaque fois que cette touche est pressée, cela sélectionne le dépassement suivant dans l'ordre : VFINE, FINE, 1%, 5%, 50%, 100%. (modification du niveau 1 % pour 5 % ou moins et modification du niveau 5 % pour 5 % ou plus.)

Tableau 2.3.1 (d) Touches associées à l'exécution

Touche	Fonction
 	Les touches FWD ou BWD (+ la touche SHIFT) démarrent un programme. Lorsque la touche SHIFT est relâchée pendant l'exécution du programme, le programme s'arrête.
	La touche HOLD arrête un programme.
	La touche STEP sélectionne un mouvement test en pas à pas ou en mode continu.




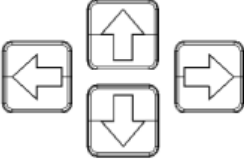


Touche	Fonction
	La touche PREV rétablit l'état le plus récent. Dans certains cas, l'écran peut ne pas revenir à l'état présent juste avant.
	La touche ENTER permet d'entrer des valeurs numériques ou de sélectionner un menu.
	La touche BACK SPACE efface le caractère ou le numéro situé immédiatement avant le curseur.
	Les touches curseurs (de direction) bougent le curseur. Le curseur est l'élément mis en surbrillance qui peut se déplacer sur l'écran du boîtier d'apprentissage. C'est avec lui que les diverses opérations se font sur l'écran du boîtier d'apprentissage depuis les touches.
	La touche ITEM bouge le curseur jusqu'à la ligne dont le numéro est spécifié.

Tableau 2.3.1 (f) Autres touches

Touche	Fonction
	<p>La touche <i>i</i> est utilisée avec les touches suivantes. En appuyant sur les touches suivantes lorsque la touche <i>i</i> est maintenu enfoncée, l'opération via ces touches est lancée.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Touche MENUS • Touche FCTN • Touche EDIT • Touche DATA • Touche POSN • Touche JOG • Touche DISP

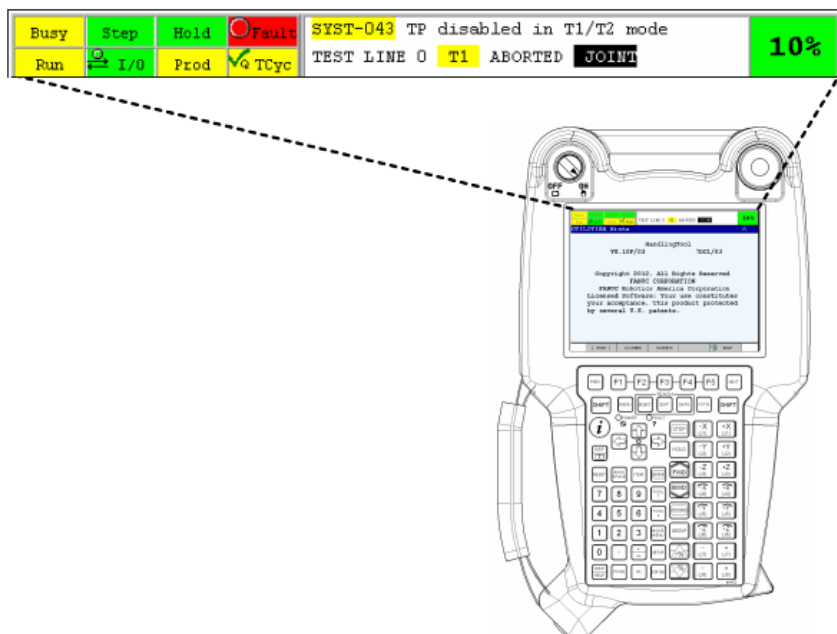










Fig. 2.3.1 (d) Fenêtre d'état sur le boîtier d'apprentissage

Tableau 2.3.1 (h) Description des voyants LED du logiciel

Voyants DEL (Supérieure : Activé, Inférieure : Désactivé)	Description
Système occupé 	Indique que le robot travaille.
Étapes 	Indique que le robot fonctionne en mode pas à pas.
Arrêt 	Indique que le bouton HOLD est pressé ou que le signal HOLD est présent.
Défaut 	Indique qu'une alarme a lieu.
Exécution 	Indique qu'un programme est en cours d'exécution.
E/S 	LED d'application spécifique. Ceci est un exemple de LED pour un outil de manutention.
Prod 	LED d'application spécifique. Ceci est un exemple de LED pour un outil de manutention.
TCyc 	LED d'application spécifique. Ceci est un exemple de LED pour un outil de manutention.