



**UNIVERSITÀ DI BRESCIA**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

**Laboratorio di Robotica Avanzata**  
**Advanced Robotics Laboratory**

Corso di Robotica  
(Prof. Riccardo Cassinis)

**Manuale d'uso Virtual Robot  
Simulator v6.7**

**Elaborato di esame di:**

**Francesco Bonfadelli, Stefano Capuzzi**

Consegnato il:

**27 agosto 2012**



# Sommario

*Questo documento rappresenta un manuale di utilizzo del software Virtual Robot Simulator, sviluppato a partire dal 1998 nell'Università di Valencia e arrivato alla versione 6.7 del 2007. Il primo capitolo, dopo una breve presentazione del software, spiega come effettuare l'installazione dell'applicazione. Come si vedrà di seguito, la suite è composta principalmente da due applicativi, VRS e VRM. I capitoli 2 e 3 descrivono VRS e i suoi strumenti principali. Il capitolo 4 presenta gli strumenti di VRM che possono essere chiamati direttamente da VRS, mentre i capitoli 5 e 6 si concentrano su VRM.*

## 1. Introduzione

Virtual Robot Simulator (VRS) è una suite software freeware, sviluppata in C++ dal DISA-UPV Robotics Group (Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi e l'Automazione del politecnico di Valencia), per applicazioni robotiche, di ricerca e didattiche. Può essere eseguito esclusivamente in ambiente Microsoft Windows.



La suite di software è principalmente composta da due applicativi: VRS e VRM.

Virtual Robot Simulator (VRS) fornisce un ambiente in cui è possibile realizzare le simulazioni, anche con più robot contemporaneamente. Permette di caricare o eliminare oggetti di vario tipo dallo scenario di simulazione, modificarne la posizione, configurarne le caratteristiche e impostare varie visualizzazioni.

Nel capitolo 2 viene descritta l'interfaccia di VRS, mentre nel capitolo 3 gli strumenti messi a disposizione per effettuare le simulazioni.

In VRS vengono utilizzati i seguenti termini:

- **tool:** definisce l'end effector del robot.
- **frame:** identifica il sistema di coordinate utilizzato per un oggetto. Ad esempio un certo frame per un tool rappresenta le coordinate utilizzare per manipolare l'end effector.

Il programma Virtual Robot Modeller (VRM) è installato assieme a VRS. VRM permette di creare oggetti che possono essere usati nelle simulazioni di VRS. Tali oggetti possono essere ambienti, elementi dell'ambiente, oggetti che vengono manipolati da robot o parti stesse di robot.

VRM può essere utilizzato in due modalità:

- programma standalone (VRM.exe): si trova nella stessa directory che contiene l'eseguibile di VRS.
- VRM Tools: strumenti che possono essere chiamati direttamente all'interno di VRS. Essi permettono di utilizzare un sottoinsieme delle funzionalità del programma standalone.

I tool verranno descritti nel capitolo 4 mentre la versione standalone nel capitolo 5.

In questi due capitoli, si userà la seguente notazione per indicare le diverse categorie di elementi che possono essere creati dal software:

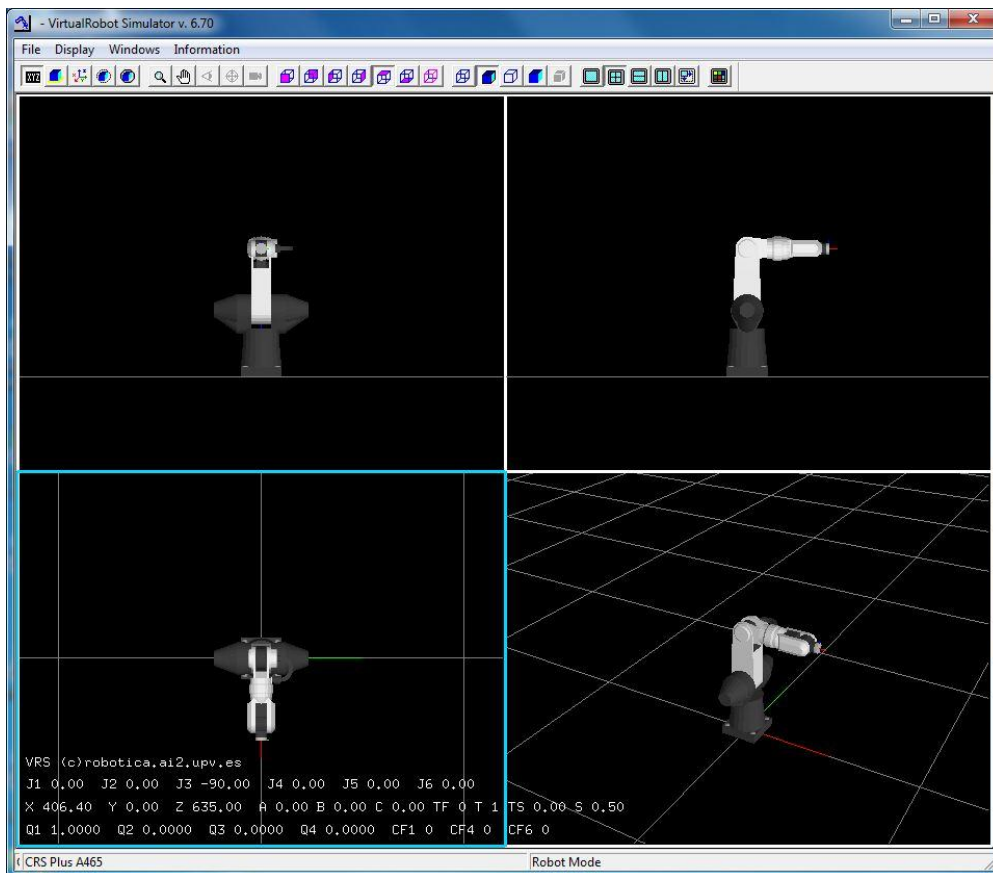
- **ambiente**: rappresenta un ambiente a tutti gli effetti. Contiene oggetti, parti e robot.
- **oggetto**: elemento dell'ambiente che non può essere manipolato direttamente dal robot. L'unica azione che il robot può eseguire nei confronti di questo tipo di elemento è evitare il contatto con esso. Esempi di oggetti sono tavoli, sedie, scrivanie.
- **parte**: elemento dell'ambiente che può essere manipolato dal robot.

Tutti gli elementi utilizzati in VRS, siano essi ambienti, oggetti, parti o parti di robot, possono essere definiti a partire da una combinazione di "oggetti primitivi". Tali elementi primitivi sono degli oggetti di base che hanno forme geometriche note, ad esempio, punti, rette, parallelepipedi, sfere. VRM permette di combinare tali "oggetti primitivi" al fine di creare oggetti complessi.

## 1.1. Installazione

Virtual Robot Simulator può essere eseguito su tutte le versioni del sistema operativo Microsoft Windows, a partire da Windows 95. Il software è scaricabile gratuitamente all'indirizzo <http://robotica.isa.upv.es/virtualrobot>. Prima di lanciare il processo di installazione è importante rimuovere eventuali precedenti versioni di Virtual Robot. Dopo aver estratto l'archivio, lanciare l'eseguibile SETUP.exe seguendo il wizard. Per lanciare l'applicazione eseguire il file VRS.exe nella cartella di installazione ..\VIRTUALROBOT\VRS (oppure VRM.exe se vogliamo lanciare Virtual Robot Modeller in modalità standalone). Se l'applicazione termina con un errore al momento del lancio probabilmente alcuni dei file .dll necessari non sono installati nel sistema. Leggere il file readme.txt per avere ulteriori chiarimenti. I file in questione sono presenti nella sotto-directory di installazione \dlls e solitamente basta copiare il .dll mancante nella cartella di installazione.

## 2. Finestra principale



Avviando il programma viene mostrata la finestra principale, contenente 4 differenti viste del robot.

Di default abbiamo:

- In alto a sinistra: proiezione ortogonale, vista frontale.
- In alto a destra: proiezione ortogonale, vista da sinistra.
- In basso a sinistra: proiezione ortogonale, vista dall'alto.
- In basso a destra: in prospettiva, vista libera.

In alto troviamo un menù a tendina contenente gli elementi File, Display, Windows e Information. Subito sotto è presente una toolbar che presenta le icone scorciatoia di Display e Windows.

Quando un robot viene caricato, in basso a sinistra vengono riportate le relative informazioni dinamiche:

- J1, J2, J3, ...: posizione attuale dei giunti.
- X, Y, Z, A, B, C: orientamento in coordinate euleriane rispetto alla posizione di origine.
- TF: tool frame attivo, ovvero quale parte dell'end effector viene utilizzata come riferimento per il sistema di coordinate.
- T: tool attivo, ovvero quale end effector (se ce n'è più di uno) viene utilizzato per il robot.
- TS: stato del tool attivo, ad esempio ci dice quando una pinza risulta essere chiusa oppure aperta tramite un valore numerico compreso tra 0 e 1.
- S: velocità del robot, in un range compreso tra 0 e 1.

- Q1, Q2, Q3, Q4: orientamento del robot in quarti (dipende dalla configurazione).
- CF1, CF4, CF6: descrizione della configurazione del robot.

## 2.1. Menù a tendina

### 2.1.1. File

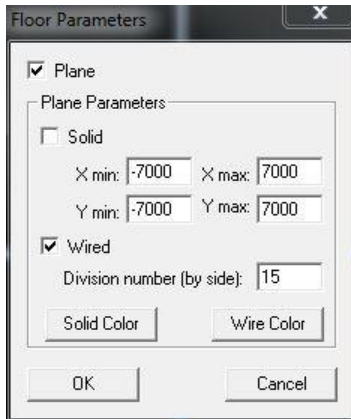
Accesso alle applicazioni installate in Virtual Robot.

- VRS Tools: strumenti per eseguire le simulazioni dei robot (verranno descritti nei successivi paragrafi).
  - VRS Loader.
  - VRS Teach Pendant.
  - VRS Trace Control.
  - VRS I/O Connection.
  - VRS Video Recorder.
  - VRS Part Handling.
  - VRS Speed Control.
  - VRS Camera Control.
- VRM Tools: strumenti per creare oggetti che possono avere varie funzioni: diventare parte dell'ambiente di lavoro, essere manipolati dal robot oppure diventare parte integrante del robot come end effector (verranno descritti nei successivi paragrafi).
  - VRM Editor.
  - VRM Object Mover.
  - VRM Part Mover.
  - VRM Tool Attach.
- Run Application: esecuzione di applicazioni .exe create dall'utente e memorizzate nella cartella \Applications\Users rispetto alla directory di installazione.
- Demos: lancia l'esecuzione di varie demo.
  - Industrial Robots: demo di robot industriali.
  - Crafts: demo di robot veicoli.
  - Walkers: demo di robot camminatori.
- Start Remote Server: avvia l'esecuzione di un server remoto.
- Exit: esce da Virtual Robot Simulator.

## 2.1.2. Display

Opzioni di visualizzazione dei robot.

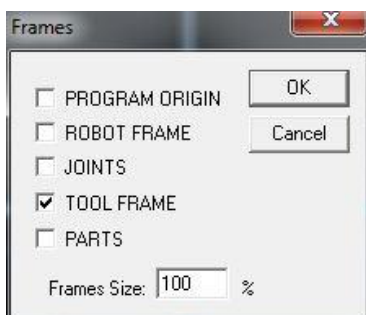
- Dynamic Info: mostra/nasconde le informazioni dinamiche dei robot. Se nessun robot è stato caricato non è selezionabile.
- Floor Parameters...: configura il pavimento dello scenario, che compare quando viene caricato un qualunque oggetto (ad esempio l'ambiente di lavoro o un robot).



- Plane: mostra/nasconde il pavimento.
- Plane Parameters: fornisce la possibilità di visualizzare una pavimentazione uniforme (checkbox Solid), a griglia (checkbox Wired) oppure entrambe contemporaneamente. I bottoni Solid Color e Wire Color ne impostano il relativo colore.
  - X min: coordinata x di inizio del pavimento.
  - X max: coordinata x di fine del pavimento.
  - Y min: coordinata y di inizio del pavimento.
  - Y max: coordinata x di fine del pavimento.

Le coordinate agiscono rispetto al punto di origine dello scenario, identificato da 3 assi cartesiani che risultano sempre presenti quando viene caricato un qualunque oggetto.

- Division number (by side): quando è attiva la modalità wired, imposta il numero di linee che compongono la griglia in entrambi i lati.
- Frames...: mostra/nasconde la terna di assi cartesiani che identificano il sistema di coordinate (frame) dei diversi oggetti che costituiscono la simulazione.



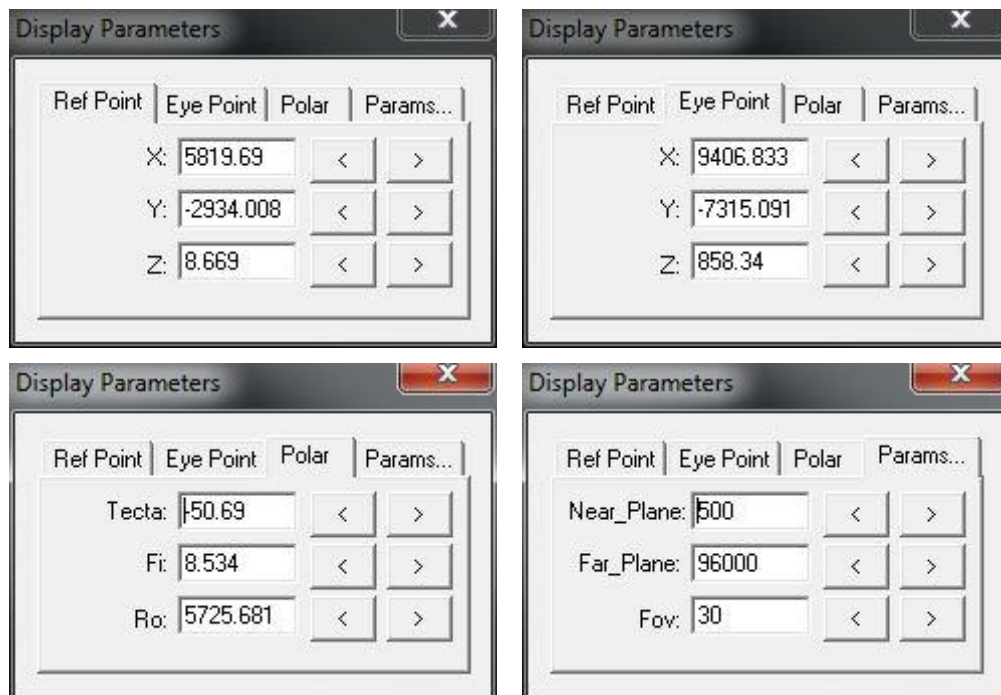
Gli assi nei sistemi di coordinate sono definiti da tre rette, di colore rosso per la coordinata X, verde per la coordinata Y e blu per la coordinata Z.

I sistemi di coordinate visualizzabili sono:

- PROGRAM ORIGIN: coordinate dal punto utilizzato dal robot come origine per i propri movimenti.
- ROBOT FRAME: coordinate dalla base del robot.
- JOINTS: coordinate dai giunti del robot.
- TOOL FRAME: coordinate dal tool (end effector) del robot.
- PARTS: coordinate dagli oggetti da manipolare (parti).

Modificando il campo Frame Size (fino ad un massimo di 1000) è possibile aumentare o diminuire la lunghezza degli assi visualizzati. Notare che il valore è in percentuale, quindi la lunghezza degli assi aumenterà o diminuirà in relazione alla dimensione del robot.

- Zoom: ingrandisce/rimpicciolisce la vista del riquadro selezionato spostando su e giù il mouse e tenendo premuto il tasto sinistro. Premendo il tasto destro viene rilasciata la funzione.
- Scroll: sposta la vista del riquadro selezionato spostando il mouse e tenendo premuto il tasto sinistro.
- Point Of View: modifica il punto di vista del riquadro selezionato spostando il mouse e tenendo premuto il tasto sinistro.
- Reference Point: permette di spostare il punto di riferimento del riquadro selezionato, ovvero il punto verso cui si concentra l'osservazione, spostando il mouse e tenendo premuto il tasto sinistro.
- Display Parameters: modifica numericamente i parametri di visualizzazione della finestra corrente. Funziona solamente con il tipo di proiezione in prospettiva.



- Ref Point: imposta il punto da utilizzare come riferimento.
- Eye Point: imposta il punto di vista rispetto al punto di riferimento.
- Polar: imposta la vista secondo coordinate polari.
- Params...: parametri della telecamera da cui si osserva lo scenario.
  - Near Plane: definisce la distanza dal near plane.



- Far Plane: definisce la distanza entro cui la telecamera riesce ad acquisire l'immagine.
  - Fov: zoom della telecamera.
- Projections: imposta il tipo di proiezione della finestra corrente.
  - Orthogonal: vista ortogonale rispetto all'origine dello scenario.
    - Front: proiezione frontale.
    - Back: proiezione posteriore.
    - Left: proiezione da sinistra.
    - Right: proiezione da destra.
    - Up: proiezione dall'alto.
    - Down: proiezione dal basso.
  - Perspective: vista in prospettiva, manipolabile (a differenza della proiezione ortogonale) tramite Point of View, Referenced Point e Display Parameters.

Di seguito vengono riportate le modalità di rappresentazione grafica degli oggetti presenti nello scenario di simulazione. La modifica si ripercuote solo sulla finestra corrente.

- Wired: mostra le linee che costituiscono gli oggetti, comprese quelle normalmente nascoste dalla superficie degli oggetti stessi.
- Shaded: mostra le superfici degli oggetti, effettuando un rendering e aggiungendo un risalto maggiore per quanto riguarda le ombre.
- Hidden lines: mostra le linee che costituiscono gli oggetti, escludendo quelle coperte dalla superficie degli oggetti stessi.
- Rendered: renderizza gli oggetti mostrandone la superficie.

### 2.1.3. Windows

Gestisce l'interfaccia di VRS.

- Toolbar: mostra/nasconde la toolbar posta sotto il menù a tendina.
- Statusbar: mostra/nasconde la barra di stato.
- 1 Window: mostra solo la prima vista.
- 4 Window: mostra tutte e 4 le viste.
- 2 Horizontal Windows: mostra le prime 2 viste in orizzontale.
- 2 vertical Windows: mostra le prime 2 viste in verticale.
- Maximize: allarga la finestra corrente a schermo intero.
- Background Color...: modifica il colore di sfondo dello scenario.

### 2.1.4. Information

Informazioni riguardanti VRS.




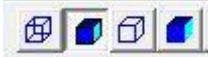

- About...: versione e credits di VRS.
- Authorized Use For...: licenza del programma.

## 2.2. Toolbar

La toolbar presenta le icone scorciatoia per la sezioni Display e Windows, descritte nel paragrafo precedente.



Le seguenti icone rappresentano le scorciatoie, elencate da sinistra a destra, rispettivamente per:

-   
Dynamic Info, Floor Parameters, Frames.
-   
Zoom, Scroll, Point of View, Reference Point, Camera Parameters.
-   
Proiezioni ortogonali Front, Back, Left, Right, Up, Down, Proiezione Perspective.
-   
Rappresentazione oggetti Wired, Shaded, Hidden Lines, Rendered.
-   
Visualizzazione 1 Window, 4 Windows, 2 Horizontal Windows, 2 Vertical Windows, Maximize, Background Color.

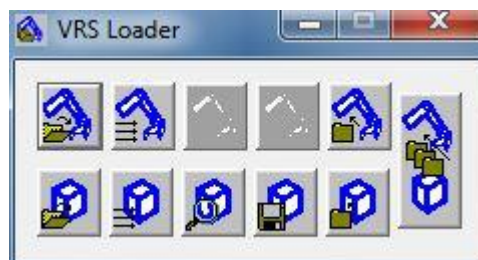
## 3. VRS Tools

→ File → VRS Tools

Questo paragrafo descrive gli strumenti messi a disposizione dell'utente per effettuare simulazioni.

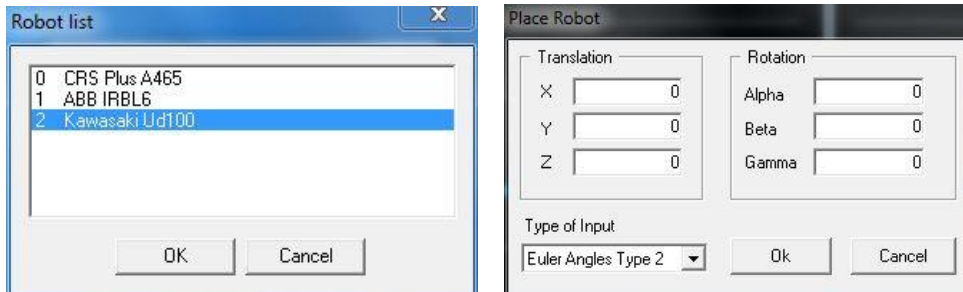
### 3.1. VRS Loader

Compare di default con la schermata principale al lancio del programma. Lo scopo di questo modulo è quello di caricare o eliminare l'ambiente di lavoro e i vari robot, dato che VRS è capace di simulare più robot contemporaneamente. Quando un robot è stato caricato, è possibile posizionarlo nel modo desiderato all'interno dell'ambiente di lavoro. In seguito si può rimuovere un singolo robot, l'ambiente di lavoro oppure l'intero scenario.

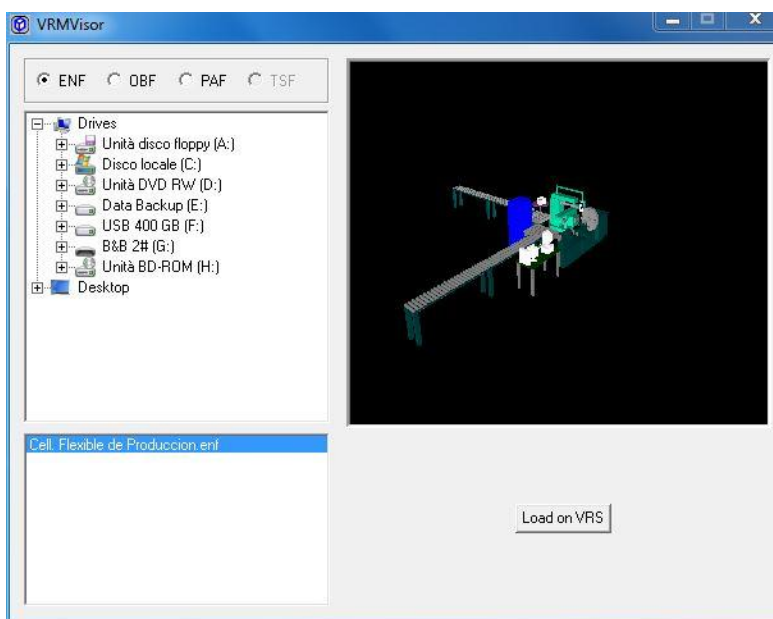


Le funzioni eseguibili con VRS Loader sono:

- Load Robot: permette di caricare un oggetto di tipo robot, descritto nel file .rkf (robot kinematics file).
- Place Robot: posiziona uno dei robot precedentemente caricati (selezionandoli da una lista) mediante traslazione e rotazione. Sono disponibili 3 diverse tipologie di angoli euleriani.



- Close Robot: elimina dallo scenario uno tra i robot presenti.
- Load environment: carica l'ambiente di lavoro, descritto nel file .enf (environment file). In un ambiente di lavoro sono solitamente presenti oggetti manipolabili dal robot (parti).
- Place environment: posiziona l'ambiente di lavoro mediante un dialog identico a quello utilizzato per i robot.
- Find Environment: cerca nel PC in uso un ambiente di lavoro, mostrandone un'anteprima. Tramite il bottone Load on VRS viene caricato nello scenario corrente.

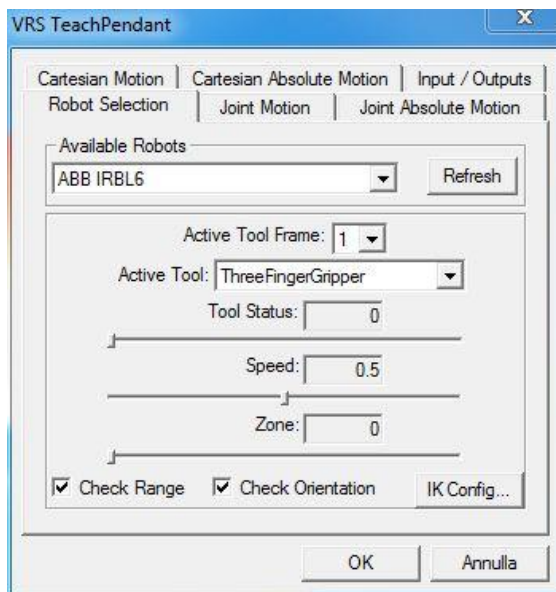


- Save Environment: permette di salvare l'ambiente di lavoro corrente in un file .enf.
- Close Environment: rimuove l'ambiente di lavoro.
- Close All: rimuove tutti i robot e l'ambiente di lavoro precedentemente caricati.

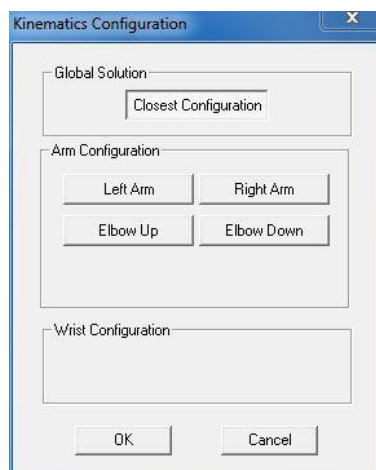
### 3.2. VRS Teach Pendant

Simula il teach pendant, con cui è possibile muovere uno dei robot (almeno un robot deve essere caricato), agire sull'end effector, controllarne input e output.

- Robot Selection: permette di selezionare uno dei robot caricati nello scenario e di configurarne lo stato.

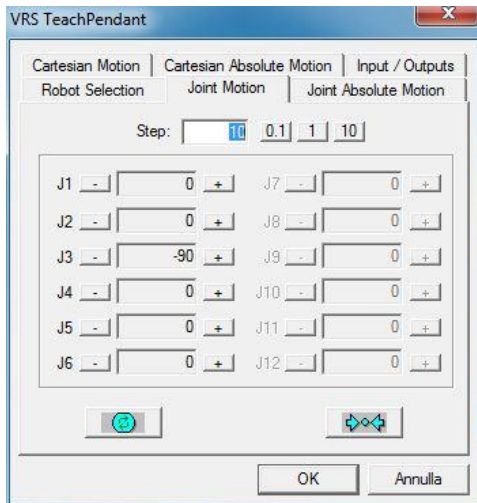


- Available Robots: seleziona tra i robot caricati quale dovrà essere controllato dal teach pendant. Tramite il bottone Refresh viene aggiornata la lista dei robot caricati anche dopo aver lanciato il VRS Teach Pendant.
- Active Tool Frame: seleziona il sistema di coordinate utilizzato per l'end effector corrente, da cui dipenderanno le coordinate per i movimenti del robot.
- Active Tool: seleziona l'end effector del robot.
- Tool status: imposta uno stato dell'end effector (tra 0 e 1).
- Speed: modifica la velocità di esecuzione del robot (tra 0 e 1).
- Zone: valore del parametro "zona" (tra 0 e 1), che influisce sul rapporto tra velocità di movimento e precisione nel punto da raggiungere (precision of the fly). Influisce solo su movimenti consecutivi del robot.
- Check Range: limita i movimenti del robot al range di valori specificato nel suo file .rkf. Modificando tale file è possibile per far assumere al robot posizioni impossibili nella realtà
- Check Orientation: vieta al robot di raggiungere posizioni fuori dal range del proprio orientamento.
- IK Config...: permette di configurare il modo in cui viene risolta la cinematica inversa quando si utilizza lo spazio cartesiano.



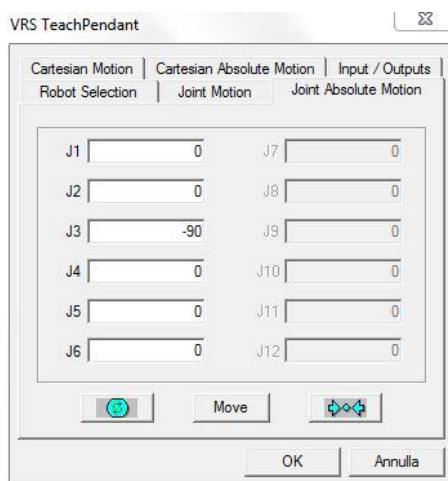
La soluzione di default è Closest Configuration, ovvero il movimento (se ne esiste più di uno) più breve, permettendo di risparmiare tempo ed energia al robot. È possibile selezionare differenti preferenze di movimento: Elbow Up e Elbow Down definiscono se il gomito del braccio debba trovarsi in alto o in basso alla fine del movimento, mentre Left Arm e Right Arm se debba trovarsi verso sinistra o verso destra.

- Joint Motion: permette di posizionare passo dopo passo ogni giunto del robot selezionato.



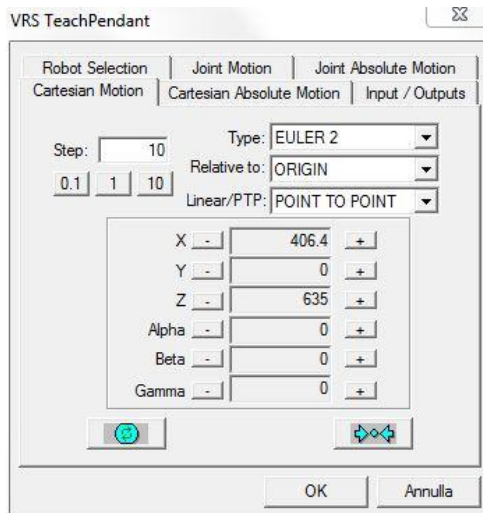
I campi da J1 a J12 mostrano il valore attuale dei giunti (quelli abilitati dipendono dal tipo di robot selezionato). Premendo i bottoni “+” o “-” il giunto effettuerà il proprio movimento, positivo o negativo, finché non si raggiunge il limite nel range dei valori assumibili (se Check Range risulta abilitato).

- Step: definisce quale deve essere il passo di movimento, così con Step pari a 10 avremo un movimento rapido e ideale per raggiungere una posizione a grandi linee, mentre con Step pari a 0.1 è possibile posizionare con precisione l'end effector.
  - Reset (icona a sinistra): porta tutti i giunti nel valore 0. Notare che questo posizionamento può sfiorare il range di movimenti del robot.
  - Synchronize (icona a destra): porta tutti i giunti nel valore iniziale definito nel file .rkl del robot, ovvero nella posizione che si ha quando viene caricato in VRS.
- Joint Absolute Motion: permette di definire un valore dei giunti e, premendo il bottone Move, portare il robot in tale posizione secondo la velocità ed il movimento stabiliti nella configurazione.



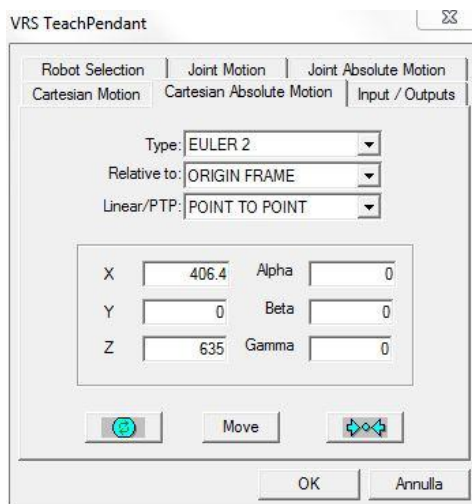
Come nel paragrafo precedente, se Check Range risulta abilitato e i valori dei giunti sono fuori dallo spazio di lavoro del robot, questo rimarrà immobile. I bottoni Reset e Synchronize agiscono come visto nel paragrafo precedente.

- Cartesian Motion: controllo diretto del posizionamento del tool frame del robot.



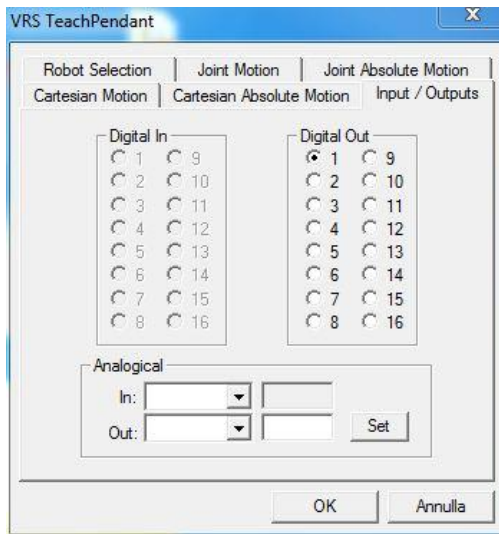
La posizione è data da X, Y, Z e dagli angoli euleriani Alpha, Beta e Gamma. Step, Refresh e Synchronize agiscono come visto precedentemente.

- Type: tipo di angoli euleriani (1, 2 o 3).
  - Relative to: sistema di coordinate di riferimento.
  - Linear/PTP: definisce se il movimento deve essere lineare (l'end effector si posiziona seguendo una linea retta) oppure point-to-point.
- Cartesian Absolute Motion: permette di definire posizione e orientamento dell'end effector e, premendo il bottone Move, portare il robot in tale posizione secondo la velocità ed il movimento stabiliti nella configurazione del teach pendant.



I parametri sono gli stessi visti nel paragrafo precedente.

- Input/Output: ogni robot ha assegnati 16 digital input, 16 digital output, 16 analogical input e 16 analogical output.



I digital input non hanno un valore attuale, sarà VRS che attualizzerà lo stato (con una frequenza di mezzo secondo). I digital output hanno accesso diretto al robot. Selezionando un analogical input/output verrà mostrato il relativo valore attuale sulla destra (0.0 se non c'è connessione). È possibile inserire un valore per una dato analogical output e premere il bottone Set per inviarlo sull'uscita.

### 3.3. VRS Trace Control

Questo tool mostra la traccia dei movimenti effettuati da tutti i robot caricati nello scenario.

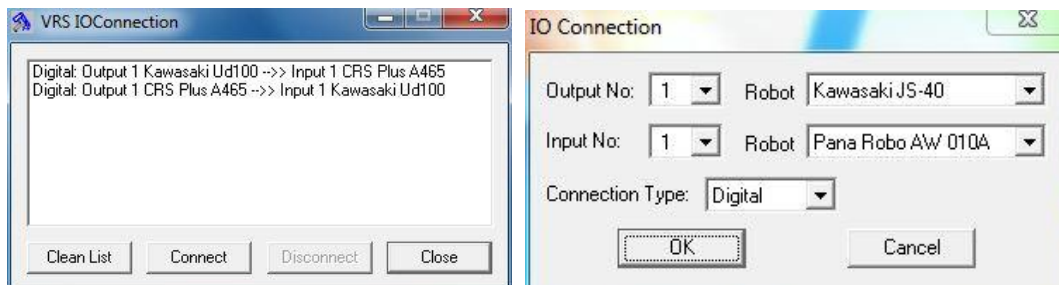


La traccia viene lasciata dal tool frame attivo del robot. Seguendo i bottoni da sinistra a destra abbiamo:

- Attiva/disattiva la traccia lasciata dal robot.
- Mostra/nasconde la traccia.
- Cancella la traccia lasciata.
- Modifica il colore della traccia.

### 3.4. VRS I/O Connection

Permette di connettere ingressi e uscite, sia digitali che analogici, tra diversi robot.

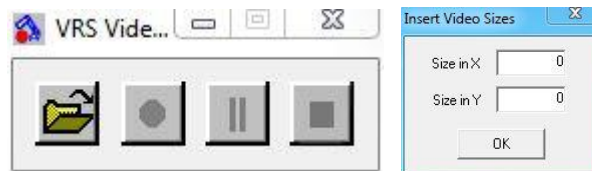


Nella prima finestra che compare possiamo scegliere di creare una nuova connessione, disconnetterne una esistente oppure eliminarle tutte. Cliccando su Connect compare un dialog in cui si può selezionare il tipo di connessione (analogica o digitale), i due robot da collegare ed i pin da utilizzare per i rispettivi

input/output. Sono disponibili 16 pin per ogni analogical input, analogical output, digital input e digital output.

### 3.5. VRS Video Recorder

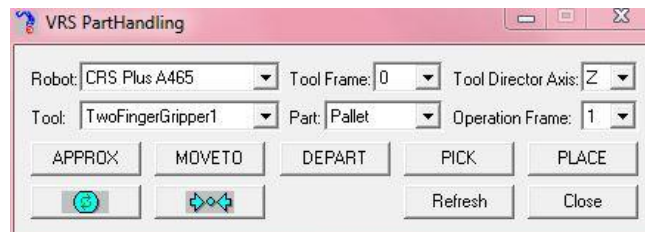
Offre la possibilità di realizzare registrazioni video in formato .avi non compresso, ma funziona solamente sui sistemi operativi Microsoft Windows 95/98.



Prima di effettuare la registrazione è necessario creare un file .avi cliccando sul bottone a sinistra. Comparirà una finestra in cui si chiede di inserire la risoluzione del file video. Dato che il file non viene compresso, è consigliabile utilizzare una risoluzione adeguatamente bassa, ad esempio 320x240. In base alle capacità del calcolatore che si sta utilizzando, i movimenti del robot potranno subire un rallentamento durante la fase di registrazione. Nel caso il calcolatore non risulti sufficientemente performante, il sistema lancerà un errore di Time Out. Una volta creato il file .avi saranno selezionabili i tre bottoni che permettono di avviare la registrazione, metterla in pausa oppure fermarla (chiudendo il file video).

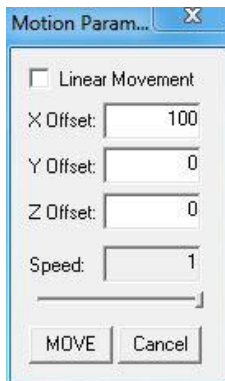
### 3.6. VRS Part Handling

Questo tool permette al robot di manipolare le parti presenti nell'ambiente di lavoro.



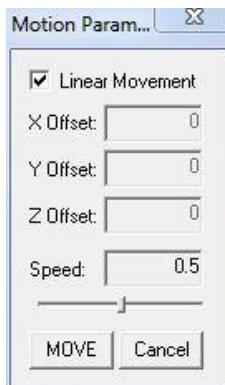
- Robot: seleziona il robot da utilizzare per la manipolazione.
- Tool Frame: sistema di coordinate dell'end effector da utilizzare.
- Tool Director Axis: seleziona l'asse di orientamento dell'end effector per l'approssimazione del movimento.
- Tool: seleziona l'end effector del robot.
- Part: seleziona la parte che deve essere manipolata.
- Operation Frame: sistema di coordinate del componente da manipolare, necessario per il corretto collegamento all'end effector del robot e per effettuare i relativi movimenti.
- APPROX: effettua l'avvicinamento a grandi linee dell'end effector verso l'oggetto da manipolare.





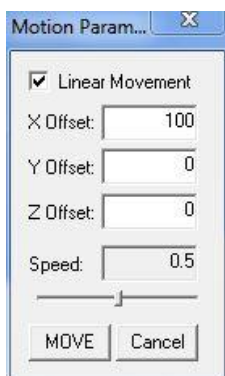
Comparirà un dialog in cui si può impostare un movimento di tipo lineare, impostare gli offset nel posizionamento approssimato dell'end effector rispetto a X, Y, Z e la velocità con cui eseguire l'operazione. Notare che gli offset sono relativi al sistema di coordinate del componente da manipolare.

- **MOVE TO:** esegue il posizionamento preciso dell'end effector sull'oggetto da manipolare. Solitamente prima ci si avvicina all'oggetto tramite APPROX, per essere certi di non urtare altri oggetti presenti nell'ambiente di lavoro, e poi ci si posiziona con precisione tramite questa funzione.



È possibile impostare un movimento lineare (consigliato) e modificare la velocità di esecuzione.

- **DEPART:** sposta l'end effector dal componente da manipolare. Le coordinate sono relative alla posizione attuale dell'end effector.



Sono ancora presenti le opzioni Linear Movement e Speed viste nei paragrafi precedenti.

- **PICK:** afferra l'oggetto.



Quando si afferra un componente lo stato dell'end effector cambia (ad esempio passa da 0 a 1 se è una pinza), ma è possibile modificare lo stato voluto utilizzando la scrollbar Tool Status.

- PLACE: rilascia l'oggetto.



Come per PICK, anche in questo caso possiamo impostare lo stato voluto.

- Reset: porta tutti i giunti del robot in posizione 0.
- Synchronize: posta tutti i giunti nel valore iniziale definito nel file .rkf del robot, ovvero nella posizione che si ha quando viene caricato.
- Refresh: riceve informazioni attuali sul robot, l'end effector ed il componente da manipolare.

### 3.7. VRS Speed Control

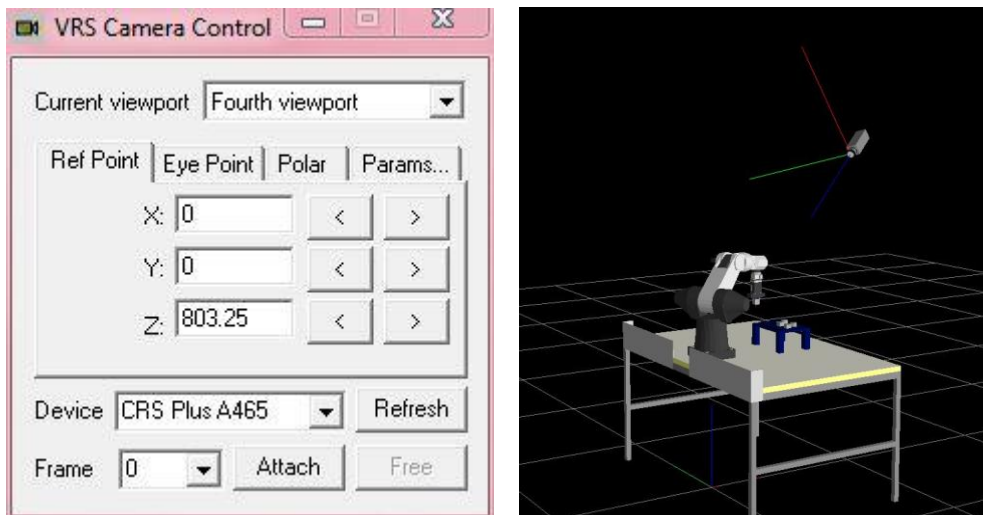
Permette di controllare istantaneamente la velocità della simulazione.



Di default, la velocità è impostata a 0, e può essere rallentata o velocizzata entro il range di valori compresi tra -1 e 1. Il passo nella scala delle velocità è di 0.1.

### 3.8. VRS Camera Control

Gestisce uno o più dispositivi di osservazione, che vengono trattati da Virtual Robot come se fossero dei robot, quindi caricati e posizionati tramite VRS Loader.



La parte centrale del dialog si occupa di impostare le opzioni di visualizzazione della camera, ed è la medesima precedentemente descritta per il modulo →Display→Display Parameters...

- Current viewport: Seleziona il riquadro da utilizzare per l'osservazione.
- Device: seleziona la camera da utilizzare. Solitamente è presente una camera posizionata sull'end effector dei robot.
- Refresh: aggiorna la lista dei dispositivi di osservazione caricati.
- Frame: seleziona sistema di coordinate per il dispositivo di osservazione.
- Attach: imposta il dispositivo selezionato in Device come dispositivo corrente, ovvero da cui osservare lo scenario.
- Free: torna alla visualizzazione di default.

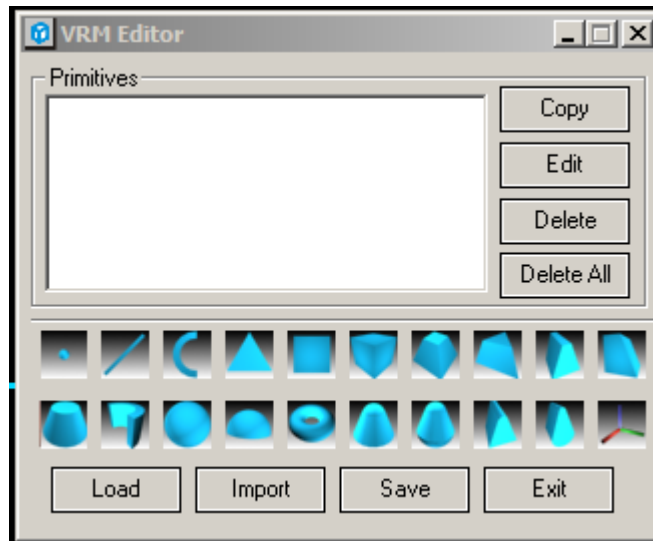
## 4. VRM Tools

I tool VRM sono strumenti di VRM ai quali si può accedere dalla finestra di VRS. Questi quattro strumenti sono VRM Editor, VRM Object Mover, VRM Part Mover e VRM Tool Attach.

### 4.1. Accesso ai tool VRM

Nella finestra di VRS, → File → VRM Tools

## 4.2. VRM Editor

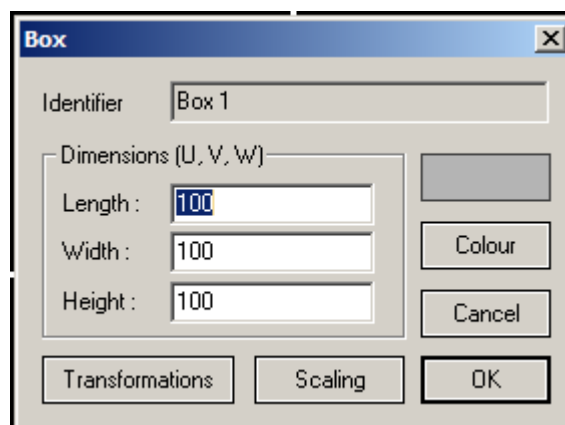


Il VRM Editor permette di creare oggetti o parti combinando una serie di “elementi primitivi”.

In figura, si può vedere la finestra di tale strumento, composta da tre parti:

- **Primitives:** contiene l’elenco degli elementi primitivi che formano un oggetto o una parte. I bottoni “Copy”, “Edit”, “Delete” e “Delete All”, sulla destra, permettono di copiare, modificare e cancellare tali elementi.
- **Primitive Toolbar:** contiene tutte le primitive disponibili. Cliccando su un elemento della barra, si apre una Primitive Dialog Box, che permette di modificare i parametri dell’elemento. La Primitive Dialog Box viene approfondita nel successivo paragrafo.
- **Bottoni:** permettono di caricare e salvare oggetti e parti o di uscire dal VRM Editor.

### 4.2.1. Primitive Dialog Box



Finestra che permette di modificare l’elemento primitivo selezionato. Ciascun elemento è caratterizzato dal proprio identificatore, che è specificato nel campo “Identifier”.

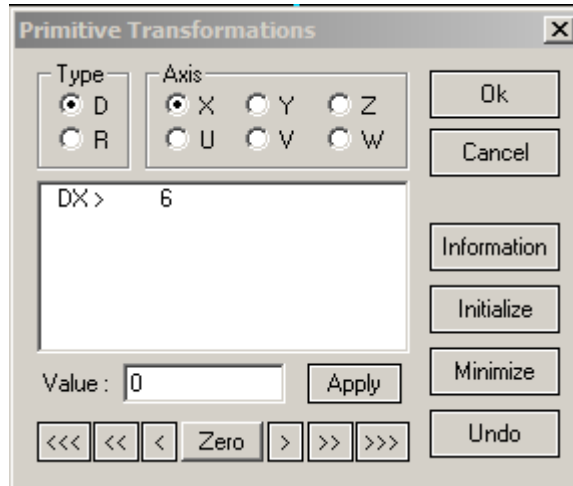
La personalizzazione avviene grazie a una serie di elementi:

- **Dimensions:** le estensioni geometriche dell’oggetto. Le dimensioni variano a seconda dell’oggetto primitivo che si vuole inserire. In figura, sono mostrate dimensioni per un parallelepipedo, lunghezza, larghezza e altezza.
- **Colour:** il colore dell’oggetto.

- Scaling: permette di scalare di un fattore le dimensioni dell'oggetto.
- Transformation: permette di modificare la posizione dell'oggetto nell'ambiente. Si parlerà nel dettaglio della Transformation Dialog nel prossimo paragrafo.

I bottoni “Cancel” e “OK”, rispettivamente, annullano e confermano l'inserimento dell'elemento.

#### 4.2.2. Transformation Dialog



Finestra che permette di modificare la posizione dell'oggetto nell'ambiente.

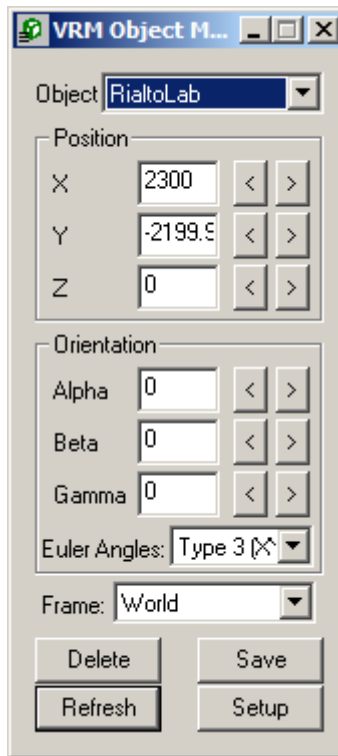
In questa finestra sono disponibili le seguenti opzioni:

- Type
  - D: traslazione.
  - R: rotazione.
- Axis: seleziona l'asse di riferimento.
  - Globale (X,Y,Z).
  - Locale (U,V,Z).
- Value: campo per inserire valori di traslazione o rotazione.
- Apply: esegue l'azione inserita e la aggiunge alla lista delle trasformazioni.
- Zero: imposta il campo Value a zero.
- <: sottrae 100,10,1 alla entry del campo Value.
- >: somma 100,10,1 alla entry del campo Value.

Per modificare la posizione di un oggetto è sufficiente selezionare un'operazione tra rotazione e traslazione, selezionare l'asse desiderato tra X,Y,Z,U,V e Z, inserire il valore nella entry e premere “Apply”. La trasformazione viene aggiunta all'elenco delle trasformazioni e l'elemento viene spostato. Per raggiungere la posizione desiderata è possibile reiterare il procedimento appena descritto, aggiungendo nuove trasformazioni fino a che non si è raggiunta la destinazione.

Una volta raggiunto il punto desiderato, il bottone “Minimize” permette di minimizzare il numero di operazioni che permettono di passare dalla posizione iniziale dell'oggetto a quella finale. L'obiettivo è quello di ridurre le trasformazioni a un numero minore o uguale a sei, una rotazione e una traslazione per ogni asse. Il bottone “Information” mostra la matrice di trasformazione. Il bottone “Initialize” riporta l'oggetto nello stato iniziale e cancella tutte le trasformazioni effettuate. Il bottone “Undo” cancella l'ultima trasformazione inserita. I bottoni “OK” e “Cancel” confermano e annullano l'inserimento della trasformazione definita.

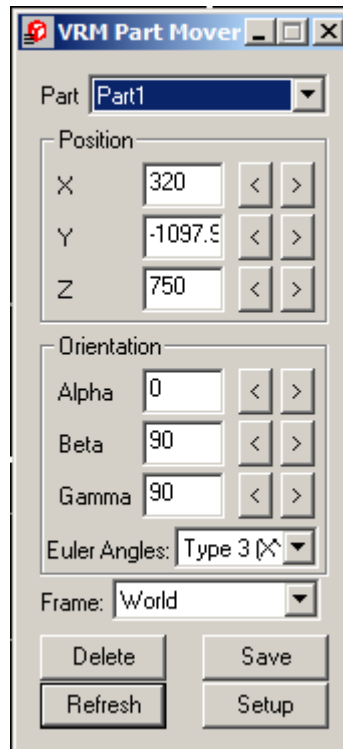
### 4.3. VRM Object Mover



Finestra che permette di modificare le coordinate degli oggetti nell'ambiente. Per poter accedere a questa finestra, deve essere stato caricato precedentemente un ambiente tramite il VRS Loader e tale ambiente deve contenere degli oggetti.

Tramite il menù a tendina "Object", è possibile selezionare l'oggetto di cui si vogliono cambiare le coordinate. Nella sezione "Position" è possibile traslare l'oggetto lungo gli assi X,Y e Z. Non è possibile inserire i valori direttamente nelle entry ma è necessario modificarli con i tasti ">" e "<", che rispettivamente aumentano e diminuiscono il valore della entry di una costante. Nella sezione "Orientation" è possibile ruotare l'oggetto. Come per la sezione precedente, è possibile modificare i valori solamente con i tasti ">" e "<". Le costanti di traslazione e rotazione sono diverse e possono essere modificate grazie al bottone "Setup". Il menù a tendina "Euler Angles" permette di modificare i sistemi di riferimento per la rotazione. Il bottone "Delete" permette di eliminare l'oggetto selezionato. Il bottone "Save" consente di salvare l'oggetto selezionato. Il bottone "Refresh" seleziona il primo oggetto della lista. Il bottone "Setup" permette di impostare le costanti di rotazione e traslazione.

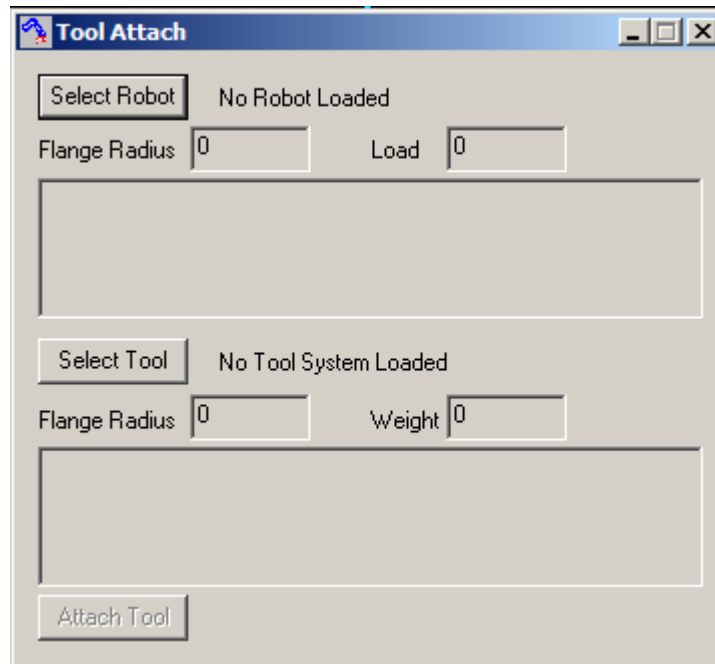
#### 4.4. VRM Part Mover



Finestra che permette di modificare le coordinate delle parti nell'ambiente. Per poter accedere a questa finestra, deve essere stato caricato precedentemente un ambiente tramite il VRS Loader e tale ambiente deve contenere delle parti.

Tramite il menù a tendina "Part", è possibile selezionare la parte di cui si vogliono cambiare le coordinate. Nella sezione "Position" è possibile traslare la parte lungo gli assi X, Y e Z. Non è possibile inserire i valori direttamente nelle entry ma è necessario modificarli con i tasti ">" e "<", che rispettivamente aumentano e diminuiscono il valore della entry di una costante. Nella sezione "Orientation" è possibile ruotare la parte. Come per la sezione precedente, è possibile modificare i valori solamente con i tasti ">" e "<". Le costanti di traslazione e rotazione sono diverse e possono essere modificate grazie al bottone "Setup". Il menù a tendina "Euler Angles" permette di modificare i sistemi di riferimento per la rotazione. Il bottone "Delete" permette di eliminare la parte selezionata. Il bottone "Save" consente di salvare la parte selezionata. Il bottone "Refresh" seleziona la prima parte nell'elenco. Il bottone "Setup" permette di impostare le costanti di rotazione e traslazione.

## 4.5. VRM Tool Attach



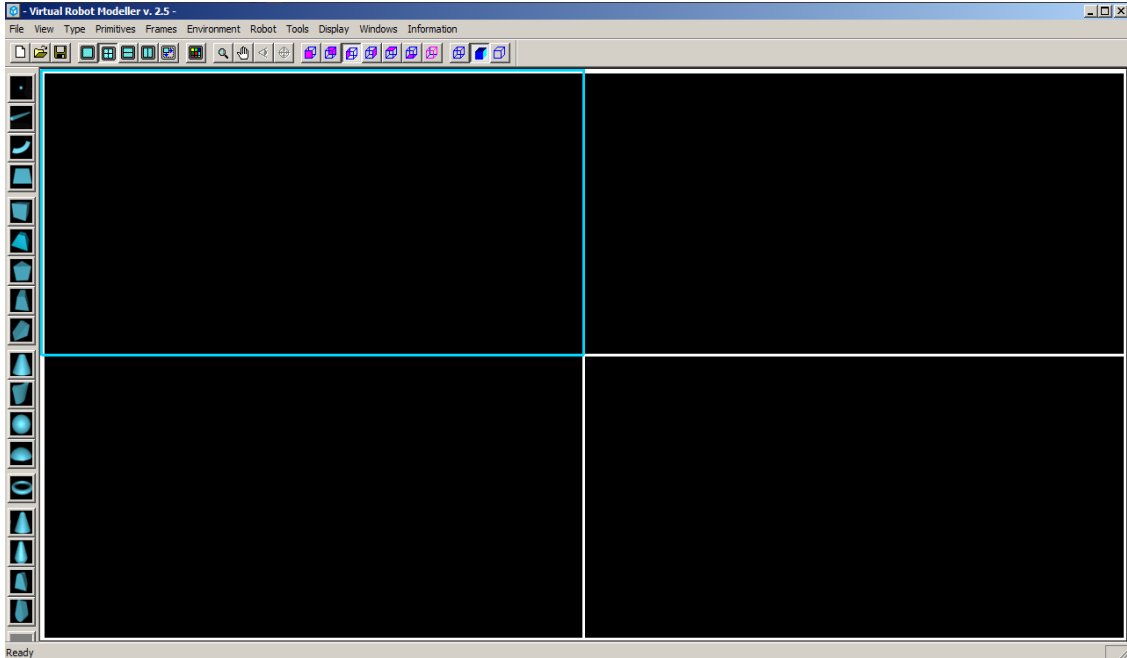
Finestra che permette di aggiungere ai robot degli end effector. Come nella prima parte di questa documentazione, si utilizzerà la parola tool per riferirsi all’end effector, mantenendo la notazione utilizzata dal software.

Tramite il bottone “Select Robot” è possibile selezionare il modello di robot desiderato. Tale modello deve essere contenuto in un file .rkf (Robot Kinematics File). Una volta selezionato il robot, esso compare nelle viste della finestra principale. Tramite il bottone “Select Tool” è possibile selezionare il tool desiderato. Esso deve essere contenuto in un file .tsf (Tool System File). Una volta selezionato l’end effector, esso NON compare nelle viste della finestra principale. Dopo che sono stati importati sia robot che tool, il bottone “Attach Tool” permette di salvare la nuova configurazione robot-tool in un file .rkf. Al momento del salvataggio, vengono mostrate le coordinate in cui il tool viene inserito. Di default esso viene posizionato all’estremo del braccio del robot, tuttavia il programma permette la modifica di tali coordinate. Una volta salvata la nuova configurazione, il robot dotato del nuovo tool viene visualizzato nelle viste della finestra principale.



## 5. VRM Standalone

### 5.1. Main Window



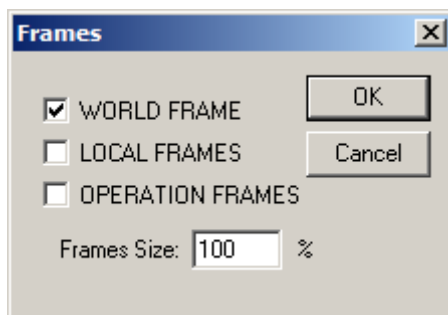
La figura mostra l'applicazione al momento dell'avvio. Gli elementi principali sono i seguenti:

- Barra del menù.
- Toolbar sotto al menù.
- Toolbar delle primitive, a sinistra dello schermo.
- Statusbar, nella parte inferiore dello schermo.
- Finestra, di default separata in quattro, che mostra le viste dell'ambiente o dell'oggetto da creare/modificare.

#### 5.1.1. Barra del menù

- **File:** permette di aprire, caricare e salvare oggetti, parti e ambienti.
  - New: crea un nuovo oggetto, parte o ambiente.
  - Load: carica un oggetto, parte o ambiente esistente.
  - Save: salva le modifiche effettuate all'oggetto, parte o ambiente.
  - Import OBF: importa un file oggetto.
  - Import VDA: importa un file con formato VDA.
  - Exit: esce dal programma.
- **View:** mostra / nasconde le seguenti parti dell'interfaccia:
  - Toolbar.
  - Statusbar.
  - Primitives.

- **Type:** permette di passare dalla creazione e modifica di ambienti alla creazione e modifica di robot.
  - Environment.
    - Object: indica che si sta creando/modificando un oggetto.
    - Part: indica che si sta creando/modificando una parte.
    - Environment: indica che si sta creando/modificando un ambiente.
  - Robot: non disponibile.
- **Primitives:** permette creazione, modifica e cancellazione di primitive.
  - Elenco primitive.
  - Edit Primitive: permette la modifica di primitive esistenti.
  - Erase Primitive: permette la cancellazione di primitive esistenti.
- **Frames:** serve a definire nuovi sistemi di coordinate.
  - Environment Frames
    - Operation Frames: definisce un sistema di coordinate per una parte. Vedi capitolo 5.4.2.
    - Robot Frames: non disponibile.
- **Environment:** modifica un ambiente.
  - Add object: aggiunge un oggetto all'ambiente.
  - Add part: aggiunge una parte all'ambiente.
  - Edit environment: modifica l'ambiente corrente.
- **Robot:** non disponibile.
- **Tools:** non disponibile.
- **Display:** permette di visualizzare e nascondere i sistemi di riferimento (frame) e il pavimento.
  - Frames: apre una finestra che contiene l'elenco dei frame disponibili. Spuntando ciascun frame è possibile visualizzarlo nelle viste. Togliendo la spunta, il frame scompare nelle viste.

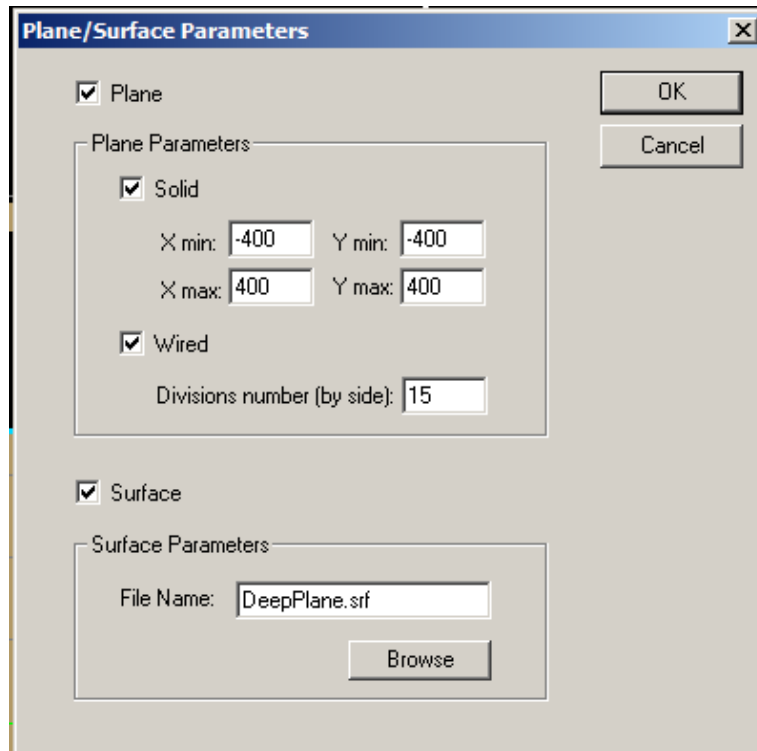


- Plane / Surface
  - Plane: mostra / nasconde il pavimento.
  - Plane Parameters: possiamo visualizzare una pavimentazione uniforme (checkbox Solid), a griglia (checkbox Wired) oppure entrambe.
    - X min: coordinata x di inizio del pavimento.
    - X max: coordinata x di fine del pavimento.

- Y min: coordinata y di inizio del pavimento.
- Y max: coordinata y di fine del pavimento.

Le coordinate agiscono rispetto al punto di origine dello scenario.

- Division number (by side): quando è attiva la modalità wired, imposta il numero di linee che compongono la griglia in entrambi i lati.
- Surface: permette di definire una superficie. I parametri di tale superficie sono da caricare grazie ad un file .srf. Non si trova nessun esempio di tale file.



- Curve surface representation: non disponibile.
- **Windows:** permette di modificare la visualizzazione della finestra principale. Per ulteriori dettagli si rimanda alla sezione Menù a tendina di VRS.
- **Information:** informazioni riguardanti VRM.
  - About.

### 5.1.2. Toolbar sottostante il menù



La toolbar sottostante il menù è uguale alla toolbar di VRS. Per ulteriori informazioni, si rimanda alla documentazione di VRS.

### 5.1.3. Toolbar delle primitive



Di default appare sulla sinistra dello schermo come mostrato nella figura della sezione Main Window.

La toolbar contiene l'elenco di tutte le primitive disponibili. É possibile inserire la primitiva desiderata cliccando sull'immagine corrispondente. Gli ultimi due tasti permettono rispettivamente di modificare e cancellare le primitive esistenti. Per ulteriori informazioni sull'utilizzo di primitive si rimanda alla sezione Utilizzo di primitive.

#### 5.1.4. Statusbar nella parte inferiore dello schermo

Ready

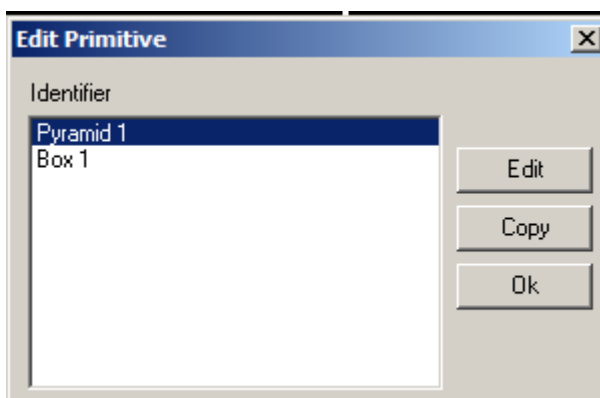
Mostra delle informazioni sullo stato di esecuzione del programma.

## 5.2. Utilizzo di primitive

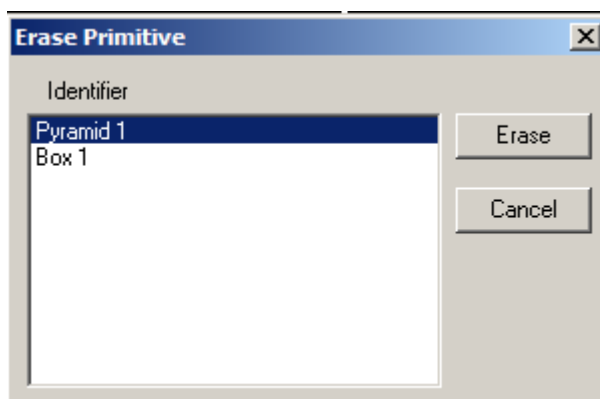
Ci sono due strumenti per aggiungere modificare o cancellare primitive dall'ambiente, la Toolbar delle primitive e le opzioni disponibili nel menù Primitive. Entrambi contengono tutte le primitive disponibili più i comandi "Edit Primitive" e "Erase Primitive".

Per aggiungere una primitiva è sufficiente selezionare l'elemento desiderato dall'elenco. La dialog box che compare immediatamente dopo il click consente di personalizzare l'oggetto. La sezione Primitive Dialog Box spiega come utilizzare tale finestra.

Il comando "Edit Primitive" visualizza una finestra che consente di modificare le primitive presenti. La figura seguente mostra tale finestra. Essa contiene l'elenco delle primitive e una serie di pulsanti. Il bottone "Edit" permette di modificare le proprietà della primitiva selezionata. Il bottone "Copy" crea una copia della primitiva selezionata. "Ok" conferma le azioni e chiude la finestra.



Il comando "Erase Primitive" mostra una finestra che permette di cancellare le primitive selezionate. La figura seguente mostra tale finestra. Essa contiene l'elenco delle primitive e una serie di pulsanti. Il bottone "Erase" cancella le primitive selezionate. Il bottone "Cancel" chiude la finestra.



Per salvare gli oggetti creati, scegliere l'opzione “→ File → Save” dal menù oppure premere il bottone “Save” nella toolbar sottostante il menù. L'oggetto verrà salvato in un file .obf. Tale estensione dichiara che l'insieme di primitive rappresenta un oggetto. È anche possibile importare oggetti già creati grazie all'opzione “Import OBF File” dal menù “File”.

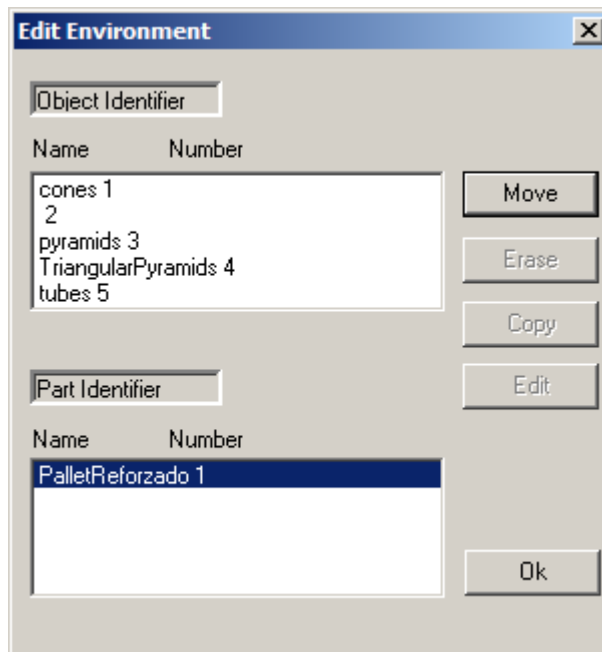
### 5.3. Modellazione di ambienti

Per utilizzare oggetti creati con VRS o VRM, deve essere creato un ambiente, cioè un contenitore di oggetti. Per creare un ambiente è necessario cambiare il tipo di file. Questa azione viene realizzata dal menù, cliccando su “→ Type → Environment → Environment”.

Per aggiungere all'ambiente oggetti già creati, selezionare “Environment → Add Object” dal menù e selezionare un file .obf. Una volta che l'oggetto è stato inserito, esso può essere posizionato nell'ambiente grazie alla finestra che si può aprire dal menù “Environment → Edit Environment”. Il funzionamento di tale finestra viene descritto nella prossima sezione.

Per aggiungere all'ambiente parti già create, selezionare “Environment → Add Part” dal menù e selezionare un file .paf. Una volta che la parte è stata inserita, essa può essere posizionata nell'ambiente grazie alla finestra che si può aprire dal menù “Environment → Edit Environment”.

#### 5.3.1. Edit Environment Dialog



La finestra contiene l'elenco degli oggetti presenti nell'ambiente, l'elenco delle parti presenti nell'ambiente e una serie di bottoni.

L'elenco degli oggetti contiene tutti gli oggetti presenti nell'ambiente. Essi sono caratterizzati dal loro nome. A fianco del nome di ciascun oggetto si trova l'identificatore di tale oggetto nell'ambiente, che corrisponde alla posizione dell'elemento nella lista degli oggetti.

L'elenco delle parti contiene tutte le parti presenti nell'ambiente. Esse sono caratterizzate dal loro nome. A fianco del nome di ciascuna parte si trova l'identificatore di tale parte nell'ambiente, che corrisponde alla posizione dell'elemento nella lista delle parti.

Il bottone “Move” permette di spostare l'oggetto nell'ambiente. La finestra di spostamento è la stessa descritta nella sezione Transformation Dialog. Si rimanda a tale sezione per i dettagli su di essa.

Alla versione corrente (2.5) i bottoni “Erase”, “Copy” e “Edit” non sono utilizzabili, pertanto azioni come modificare un oggetto caricato, cancellare un oggetto dall'ambiente o copiare un oggetto non sono possibili. Il bottone “Ok” conferma le modifiche effettuate.

Per salvare gli ambienti creati, scegliere l'opzione "File → Save" dal menù oppure premere il bottone "Save" nella toolbar sottostante il menù. L'ambiente verrà salvato in un file .enf. Tale estensione dichiara che l'insieme di primitive rappresenta un ambiente.

## 5.4. Modellazione di parti

In VRM, le parti sono oggetti che possono essere maneggiati da un robot. A differenza di esse, ambienti e oggetti non possono essere maneggiati da robot.

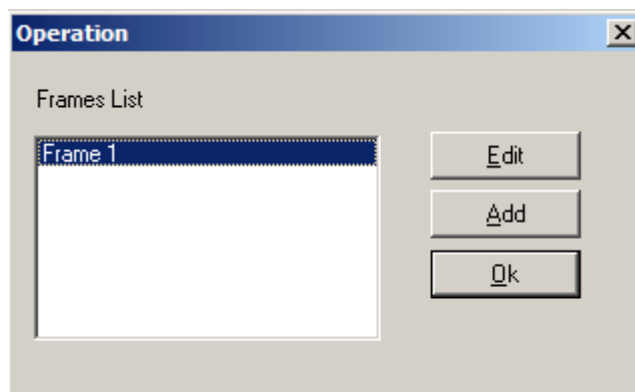
Le parti sono create come tutti gli altri oggetti, cioè come combinazione di item primitivi. Ciò che le caratterizza, tuttavia, è la presenza di un sistema di coordinate che guida il robot, l'OperationFrame. Il robot effettua movimenti come avvicinarsi o afferrare una parte, in base a questo sistema di coordinate.

Per creare una parte, è necessario cambiare il tipo di file in VRM. Questa azione viene realizzata dal menù, cliccando su "Type → Environment → Part".

Esattamente come per la creazione di oggetti, è possibile aggiungere, modificare e cancellare oggetti primitivi. È anche possibile trasformare oggetti già definiti in parti.

Una volta creata la parte desiderata, è possibile definire l'OperationFrame dal menù "Frame → EnvironmentFrame → OperationFrame". Di seguito si descrive la finestra Operation, che permette di definire uno o più OperationFrame.

### 5.4.1. Operation Dialog



La finestra Operation permette di creare e modificare uno o più OperationFrame.

"Frame List" mostra l'elenco dei frame che sono stati definiti per una determinata parte. "Edit" permette di modificare le coordinate del frame selezionato. Premendo tale bottone, si apre una Transformation Dialog. Si rimanda a tale sezione per la spiegazione dettagliata di tale finestra. "Add" permette di aggiungere un nuovo frame. Cliccando su tale bottone, si aggiunge un nuovo frame alla frame list. È possibile modificare il nuovo frame grazie al bottone "Edit". "Ok" conferma le azioni effettuate. Non si possono cancellare frame.

### 5.4.2. Operation Frames

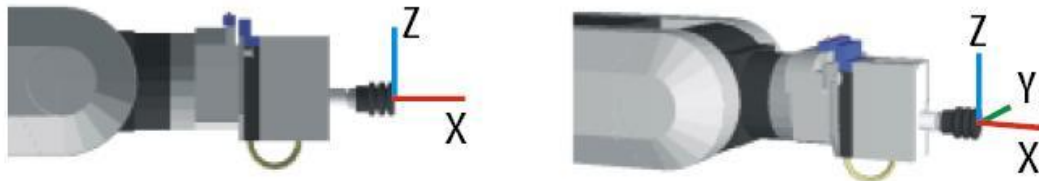
Questa sezione approfondisce il concetto di OperationFrame.

La corretta definizione dell'OperationFrame è essenziale per assicurare il funzionamento di VRS. In particolare da questo frame dipendono le operazioni MoveToPart, ApproxToPart e PickPart.

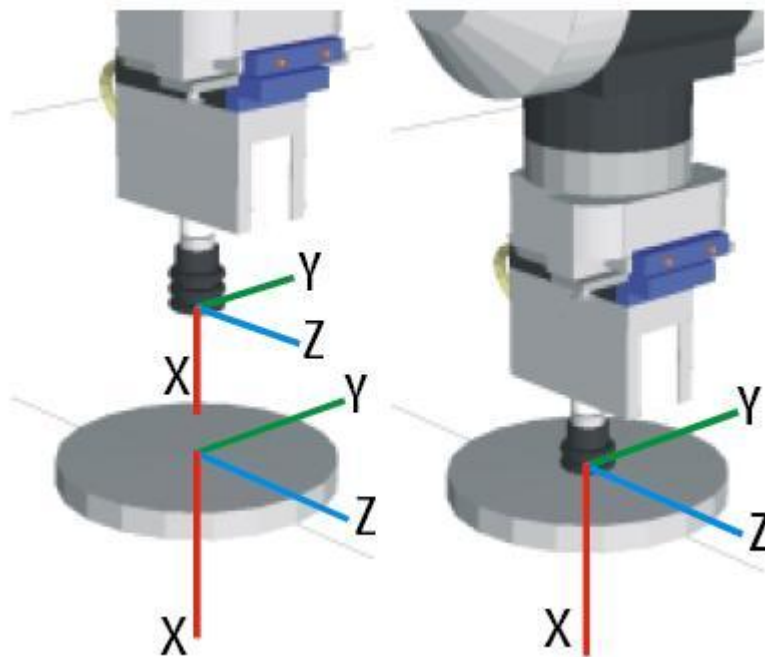
Per definire correttamente l'OperationFrame è necessario conoscere come la parte verrà manipolata e in che stato sarà il ToolFrame, cioè il sistema di riferimento del tool del robot.

Di seguito, un esempio mostrerà i dettagli.

Si supponga di dover creare una parte che deve essere manipolata dal robot CRS A465. Il robot ha come tool una ventosa pneumatica. Il ToolFrame è collocato al centro della parte anteriore del Tool. L'immagine seguente mostra la posizione del ToolFrame rispetto al robot.



Affinché il robot possa afferrare la parte, l'OperationFrame deve essere definito come nella figura seguente. Quando la ventosa arriva alla parte, l'OperationFrame e il ToolFrame devono coincidere.



Per salvare le parti create, scegliere l'opzione "File → Save" dal menù oppure premere il bottone "Save" nella toolbar sottostante il menù. La parte verrà salvata in un file .paf. Tale estensione dichiara che l'insieme di primitive rappresenta una parte. Le parti generate possono essere aggiunte all'ambiente. È possibile aggiungere un qualsiasi numero di parti in un ambiente. Come spiegato nella sezione Modellazione di ambienti, a ciascuna parte verrà assegnato un identificatore. Esso corrisponde all'ordine di inserimento della parte nell'ambiente. Per questo motivo conoscere gli identificatori è importante per utilizzare correttamente i programmi in VRS. Anche gli OperationFrame sono legati all'identificatore. Grazie all'Edit Environment Dialog è possibile spostare ciascuna parte nella posizione desiderata nell'ambiente.

## 5.5. Introduzione alla generazione di modelli per robot con VR

### 5.5.1. Informazioni sulla modellazione di robot

Virtual Robot utilizza due file per modellare un robot, il Robot Kinematics File (RKF) e il Robot Geometric Description File (RGF). Il file RKF definisce la cinematica di un robot ed è il file che VRS chiama quando carica il robot. Il file RGF contiene informazioni sui componenti dei robot. Entrambi i file devono avere lo stesso nome e devono essere posizionati nella stessa cartella. La versione 6.7 di Virtual Robot supporta solo parzialmente la creazione di robot tramite interfaccia grafica. Essa perciò deve essere realizzata modificando i file RKF e RGF tramite un editor di testo. Non esistono template per la creazione di nuovi robot. Si suggerisce di creare un robot a partire da una coppia di file già esistenti e salvare il risultato come un nuovo robot.

### 5.5.2. Il file RGF

L'immagine che segue mostra la parte principale di un programma RGF.

```
[GENERAL] ; General Information
Name = AnsaldoPM ; Robot Name
Manufacturer = Ansaldo ; Robot Manufacturer
Model = Power Manipulator ; Robot Model
Author = Juan Vte. Cabret ; Author
Company = DISA - UPV ; Company
Date = 9/2/99 ; Date

[CONFIGURATION] ; Robot Geometric Configuration
Degrees_Freedom = 6 ; Total degrees of freedom (from 1 to 12 for robot and external axes)
Robot_Type = ANTHROPOMORPHIC ; Robot type for main joints:
; ANTHROPOMORPHIC ; SPHERICAL ; CARTESIAN
; CYLINDRICAL ; SCARA ; PENDULAR ; OTHER
; P-AXIS ; R-AXIS ; RP-AXES ; PR-AXES
; RP-AXES ; RR-AXES
; RA1, RG1, RG2, RG3, RG4 - Configurations for Rialto (See rkf)
Wrist_Type = IN-LINE ; Wrist type for secondary joints:
; IN-LINE ; ROLL-PITCH-YAW ; TRIPLE-ROLL-WRIST
; TRIPLE-DISPLACED-TURN ; BEND-SWING-TWIST
; OFFSET-WRIST ; PITCH-ROLL ; ROLL ; OTHER
; NONE
Joints = RRRRR ; Kind of Joints. It can be 'R' (Rotation) or 'P' (Prismatic)
Tool_Adapter = YES ; Tool Adapter presence (YES or NO)
No_Tools = 2 ; Number of Tools (from 0 to 4). If Tool_Adapter=NO, it must be 0 or 1

[LINK0]
Name = APMBase ; Link Name
Transformations = 1 ; Location of Link 0 Frame related to Robot Frame
[LINK0_PRIMITIVE1] ; Optional Section (NULL Link if not present)
; Transformations related to Link (X,Y,Z) or Primitive (U,V,W) Frames
[LINK0_PRIMITIVE2] ; Defined as a Primitive in Object Geometric Description File
; As many Primitives as required to define Link0 (even none)

[LINK1]
Name = APMBody ; Link Name
Transformations = 1 ; Location of Link 1 Frame related to Robot Frame
[LINK1_PRIMITIVE1] ; Defined as a Primitive in Object Geometric Description File
; Transformations related to Link (X,Y,Z) or Primitive (U,V,W) Frames
[LINK1_PRIMITIVE2] ; As many Primitives as required to define Link1 (even none)
```

Il file descrive il robot come una serie di link tra oggetti. Opzionale è la presenza di un adattatore. Il riquadro "General" fornisce le informazioni base del robot. Il riquadro "Configuration" imposta le variabili di base del robot, ne definisce le configurazioni di base e i tipi di connessioni che uniscono i vari giunti. I riquadri successivi si riferiscono ai singoli elementi che compongono il robot. Un link può essere creato come un oggetto utilizzando VRM. I file per il Tool scelto per il robot possono essere creati tramite lo strumento VRM Tool Attach. Tale strumento permette di collegare tool predefiniti al robot.

### 5.5.3. Il file RKF

Il file determina le cinematiche del robot.

L'immagine che segue mostra la parte principale di un programma RKF.



```
[GENERAL] ; General Information
Name = AnsaldoPM ; Robot Name
Manufacturer = Ansaldo ; Robot Manufacturer
Model = Power Manipulator ; Robot Model
Author = Juan Vte. Cabret ; Author
Company = DISA - UPV ; Company
Date = 9/2/99 ; Date
```

```
[CONFIGURATION] ; Robot Kinematics Configuration
Degrees_Freedom = 6 ; Total degrees of freedom (from 1 to 12 for robot and external axes)
Robot_Type = ANTHROPOMORPHIC ; Robot type for main joints:
; ANTHROPOMORPHIC ; SPHERICAL ; CARTESIAN
; CYLINDRICAL ; SCARA ; PENDULAR ; OTHER
; P-AXIS ; R-AXIS ; PP-AXES ; PR-AXES
; RP-AXES ; RR-AXES
; RA1, RG1, RG2, RG3, RG4 - Configurations for Rialto (See below)
Wrist_Type = IN-LINE ; Wrist type for secondary joints:
; IN-LINE ; ROLL-PITCH-YAW ; TRIPLE-ROLL-WRIST
; TRIPLE-DISPLACED-TURN ; BEND-SWING-TWIST
; OFFSET-WRIST ; PITCH-ROLL ; ROLL ; OTHER
; NONE
IK_Algorithm = GEOMETRIC ; Inverse kinematics algorithm:
; GEOMETRIC ; NUMERICAL ; OTHER (User Defined)
Joints = RRRRR ; Kind of Joints. It can be 'R' (Rotation) or 'P' (Prismatic)
No_TCPs = 2 ; Number of TCPs (from 0 to 10)
TrackAxesNum = 1 ; Number of external axes (optional, it must exists only if >0)
WorkingAreaRadius = 1680 ; Radius of robot working area (only when TrackAxesNum>0)
WorkingAreaRadiusScaleFactor = 0.96 ; Scale Factor for Radius of robot working area
; (only when TrackAxesNum>0)
```

```
[DH_FRAME_0] ; Location of DH Frame 0 related to Robot Frame
Transformations = 1 ; Defined with Basic Transformations
```

```
[DH_TABLE] ; Denavit-Hartenberg Table
DHTable_Row1 = 0.00, 90.00, 230.00, 0.00 ; Theta, d, a, Alfa from the first joint
DHTable_Row2 = 0.00, 0.00, 0.00, 180.00 ; Dimensions expressed on mm or degrees
DHTable_Row3 = 0.00, 0.00, 0.00, 180.00 ; (real numbers)
DHTable_Row4 = 90.00, 90.00, 0.00, 0.00
DHTable_Row5 = 0.00, 0.00, 0.00, 90.00
DHTable_Row6 = 0.00, 0.00, 0.00, 0.00 ; A row for each robot or external axis
```

Il primo riquadro è lo stesso di un file RGF. Il secondo definisce il tipo di robot e le connessioni che sono installate tra i suoi giunti.

La figura seguente mostra la seconda parte del file.

<b>[JOINT_RANGES]</b>		; Ranges of Joints defined in User Space
Joint1	= -180.00, 180.00	; Minimum and Maximum value of First Joint
Joint2	= -30.00, 130.00	; Dimensions expressed on mm or degrees (real numbers)
Joint3	= -200.00, 100.00	
Joint4	= 70.00, 140.00	
Joint5	= 70.00, 140.00	
Joint6	= 0.00, 630.00	; A row for each robot or external axis degree of freedom

<b>[SYNCHRO_CONFIGURATION]</b>		; Robot Synchronisation Configuration in User Space
Joint1	= 180.00	; Value for first Joint defined in User Space
Joint2	= 0.00	; Dimensions expressed on mm or degrees (real numbers)
Joint3	= 0.00	
Joint4	= 90.00	
Joint5	= 90.00	
Joint6	= 0.00	; A row for each robot or external axis degree of freedom

<b>[PROGRAMMING_ORIGIN]</b>		; Location of Robot Programming Origin Frame related to Robot Frame
Transformations	= I	; Defined with Basic Transformations

<b>[TCP0]</b>		; Location of TCP0 Frame related to last DH Frame
Transformations	= I	; Defined with Basic Transformations

<b>[TCP1]</b>		; Location of TCP1 Frame related to TCP0
Transformations	= I	; Defined with Basic Transformations

I riquadri definiscono i possibili range per ciascun giunto e la posizione sincronizzata del robot.

## 6. Scenari di utilizzo

Verranno mostrati alcuni esempi di utilizzo di Virtual Robot.

### 6.1. Caricare robot e ambiente di lavoro, modificare le viste

Gli oggetti vengono caricati e posizionati utilizzando il dialog VRS Loader, che compare di default all'avvio di Virtual Robot. Per le varie visualizzazioni ci si avvale delle sezioni Display e Windows, che sono presenti sia nel menu a tendina che nella toolbar.

1. Premere Load Environment e caricare il file "CRS Table.enf" dalla cartella /Models/Tutorial/, che essendo un file .enf rappresenta un ambiente di lavoro.



Comparirà un tavolo su cui sono presenti dei cubi e dei cilindri che potranno essere manipolati dai robot. Solitamente gli ambienti di lavoro sono disponibili nella cartella /Models/Environments/. È possibile caricare un solo ambiente di lavoro.

2. Premere Load Robot e caricare il robot descritto dal file "CRS A465.rkf" in /Models/Tutorial/.



Solitamente i robot sono disponibili nella cartella /Models/Robots/, ed è possibile caricarne più di uno.

3. Premere Place Robot e impostare a 800 la coordinata Z: in questo modo il robot si troverà appoggiato sul tavolo, rivolto verso le parti da manipolare.



4. Selezionare il riquadro in basso a destra (che presenta la vista in prospettiva), cliccare su Maximize (F12) per ingrandirlo a schermo intero.



Scorrere tutte le viste in proiezione ortogonale fino a ritornare con la vista in prospettiva. Scorrere le diverse rappresentazioni degli oggetti e impostare la prima a sinistra (Wired).

5. Premere Floor Parameters... (F2) e spuntare il check box Solid: verrà mostrato il pavimento in beige. Premere Frames... (F3), impostare Frame Size a 500, spuntare uno alla volta (premendo ogni volta OK nel dialog) i vari frames.



Verranno mostrati i sistemi di coordinate relativi ai componenti del robot (origine del robot, giunti, end effector), alle parti da manipolare, all'origine del programma. Notare come le coordinate di origine del programma coincidano con le coordinate di origine del robot, anche quando questo viene spostato tramite Place Robot, ma cambiano la loro posizione rispetto al sistema universale (identificato dai 3 assi sempre presenti al centro del pavimento).

6. Premere Zoom e spostare su e giù il mouse tenendo premuto il pulsante sinistro.

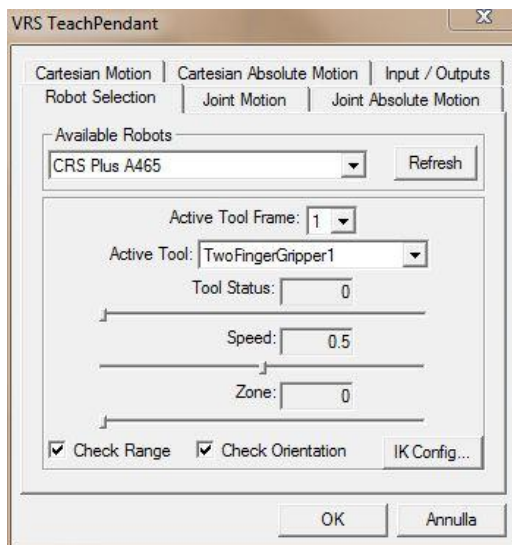


Premere Point of View e muovere il mouse per modificare il punto da cui visualizzare lo scenario. Premere Scroll per spostare la visualizzazione su, giù oppure di lato. Premere Camera Parameters... e impostare il Ref Point (punto focale di osservazione) con le coordinate X, Y e Z mostrate in basso a sinistra dello schermo: questo imposterà l'origine dell'end effector come punto focale su cui si concentrano le modifiche nella visualizzazione. Di default il punto focale coincide con l'origine del programma.

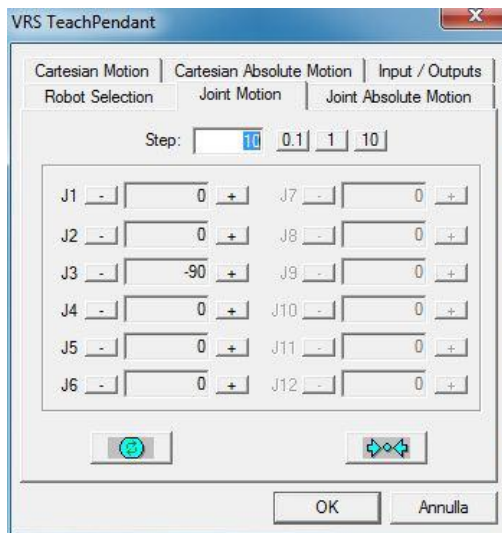
## 6.2. Manipolare i robot utilizzando il teach pendant

Tramite il VRS Teach Pendant, disponibile nella sezione File del menu a tendina, è possibile selezionare uno dei robot caricati, configurare ed eseguire i relativi movimenti.

1. Caricare e posizionare ambiente di lavoro e robot come descritto nel paragrafo precedente, eseguire VRS Teach Pendant.
2. Muovere la Tool Status bar in tutti i suoi valori per vedere i possibili posizionamenti dell'end effector. In Frames... abilitare (se non abilitato) il check box Tool Frame e impostare a 500 il campo Frame Size. Selezionare l'Active Tool Frame 1, notando in basso a sinistra il cambiamento di X nel punto di origine delle coordinate dell'end effector.

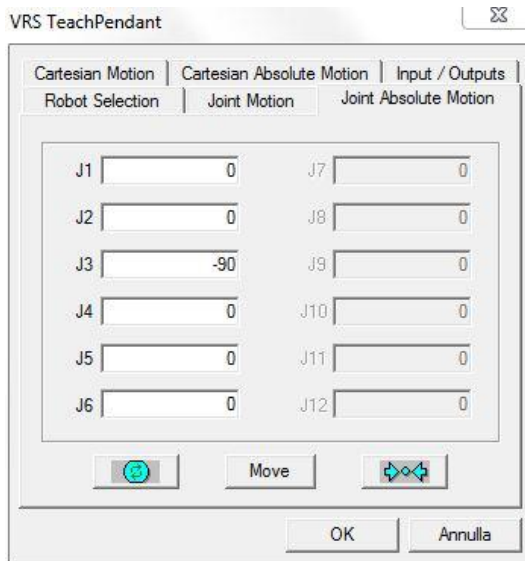


3. Caricare tramite VRS Loader il robot descritto dal file “ABB IRBL6.rkf” in /Models/Tutorial/, tornare in VRS Teach Pendant, premere Refresh, selezionare il robot appena caricato, modificare il campo Active Tool per impostare un end effector, modificare i valori di Active Tool Frame e Tool Status per osservarne le varie configurazioni. Eliminare il robot tramite Close Robot in VRS Loader e premere Refresh in VRS Teach Pendant.
4. Nella scheda Joint Motion, muovere i vari giunti del robot provando i 3 diversi step di movimento a disposizione. Notare che quando il robot si blocca significa che è uscito dal suo spazio di lavoro. Per sopperire a questo comportamento, tornare nella scheda Robot Selection e spuntare il check box Check Range. Provare anche a modificarne la velocità tramite Speed. Premere Refresh per portare tutti i giunti in posizione 0, infine premere Synchronize per riportare il robot nella posizione di partenza, notando che le 2 posizioni non coincidono.

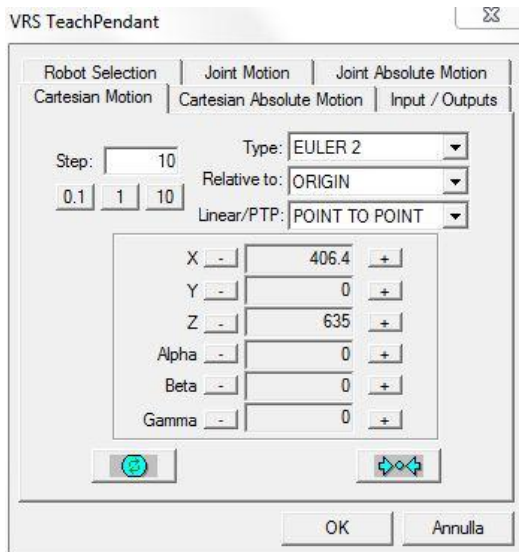


5. Eseguire VRS Trace Control dalla sezione File del menu a tendina e abilitare il tracciamento dei movimenti. Selezionare la scheda Joint Absolute Motion dal VRS Teach Pendant. Impostare le posizioni dei giunti che si desidera raggiungere e premere Move. Mostrare / nascondere le linee tracciate durante il movimento e modificarne il colore dal VRS Trace Control.





6. Selezionare la scheda Cartesian Motion, che permette di eseguire movimenti in base all'end effector. In Frames... abilitare (se non abilitato) il check box Tool Frame e impostare a 500 il campo Frame Size. Muovere il robot impostando le varie opzioni del campo Relative To, notando che con TOOL FRAME il movimento avviene rispetto alla posizione corrente dell'end effector, mentre negli altri casi avviene rispetto a sistemi di coordinate fissi.



Riportare il robot in posizione di partenza premendo Synchronize. Spostare il robot sugli assi X, Y e Z. Modificare il campo Linear/PTP a LINEAR. Spostare nuovamente il robot sugli assi X, Y e Z, notando la differenza del movimento lineare ed il rallentamento dovuto al calcolo necessario a stabilire una traiettoria in linea retta.

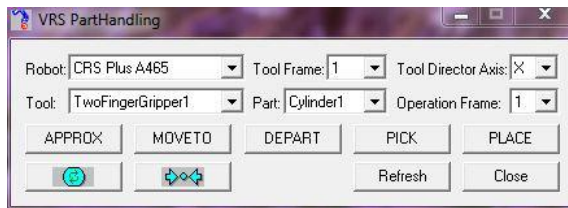
### 6.3. Manipolare oggetti (parti) tramite i robot

Tramite il VRS Part Handling, disponibile nella sezione File del menu a tendina, è possibile manipolare gli oggetti (parti) presenti nell'ambiente di lavoro tramite un robot.

Vediamo come spostare un oggetto da una posizione all'altra del tavolo:

1. Caricare e posizionare ambiente di lavoro e robot come descritto nel paragrafo 6.1, eseguire VRS Part Handling.

2. Impostare Tool Frame (sistema di coordinate dell'end effector) a 1, e Tool Director Axis (coordinata di riferimento) a X. Selezionare un componente da manipolare tramite Part (un cubo o un cilindro). Premere APPROX, nel dialog mantenere l'offset di X pari a 100, premere MOVE per avvicinarsi in modo grossolano al componente da manipolare.



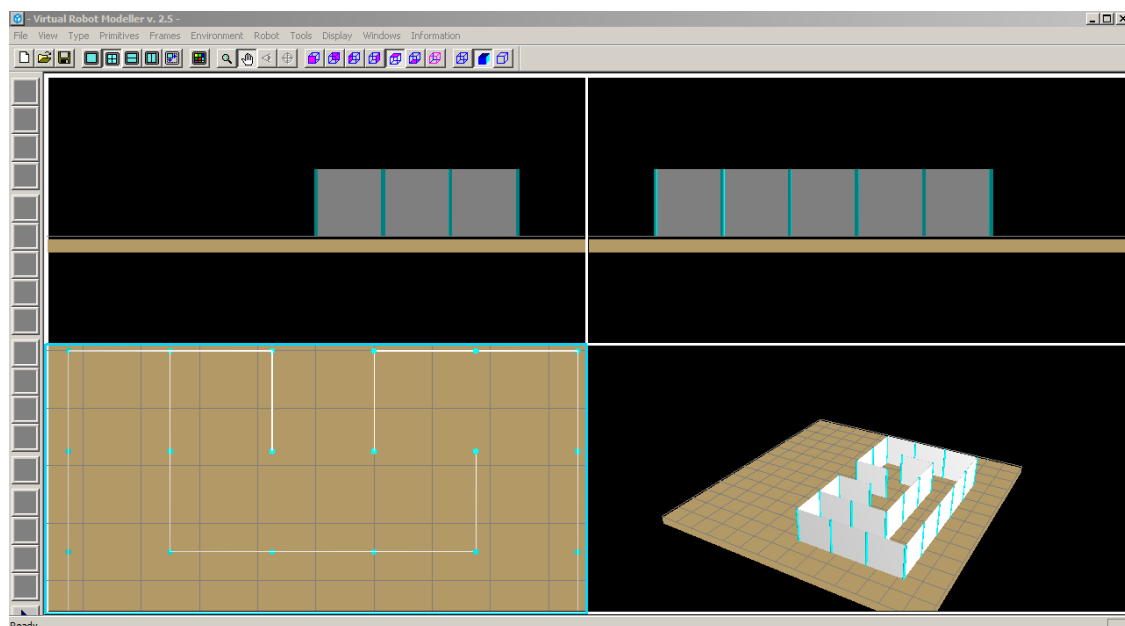
3. Premere MOVE TO, in seguito premere MOVE nel dialog, mantenendo i valori di default: l'end effector si porterà con precisione sul componente da manipolare. Premere PICK, impostare il Tool Status (in questo caso in grado di presa della pinza) a 0.4, premere OK per afferrare la parte.
4. Premere DEPART e in seguito MOVE, mantenendo a 100 l'offset di X, per sollevare la parte dal tavolo. Impostare il campo Part come Pallet, e Operation Frame a 2: in questo modo il movimento dell'end effector si concentrerà sul tavolo in posizione 2 (pallet numero 2). Eseguire APPROX e MOVE TO sulla nuova destinazione. Una volta appoggiata la parte sul tavolo, reimpostare il campo Part con l'oggetto afferrato e rilasciarlo premendo PLACE → OK. Infine premere Synchronize per riportare il robot alla posizione di partenza.

## 6.4. Creazione di un labirinto con VRM

In questa sezione si illustra come creare un labirinto usando VRM. I passi fondamentali per la creazione dell'ambiente sono due:

1. creazione degli oggetti e delle parti, realizzata aggregando le primitive;
2. creazione dell'ambiente, risultato dell'aggregazione di oggetti e parti.

Il labirinto viene costruito come insieme di pareti. Una parete viene rappresentata tramite un insieme di superfici verticali di larghezza fissa che sono unite tramite colonne. La figura seguente mostra un esempio di labirinto creato con VRS.



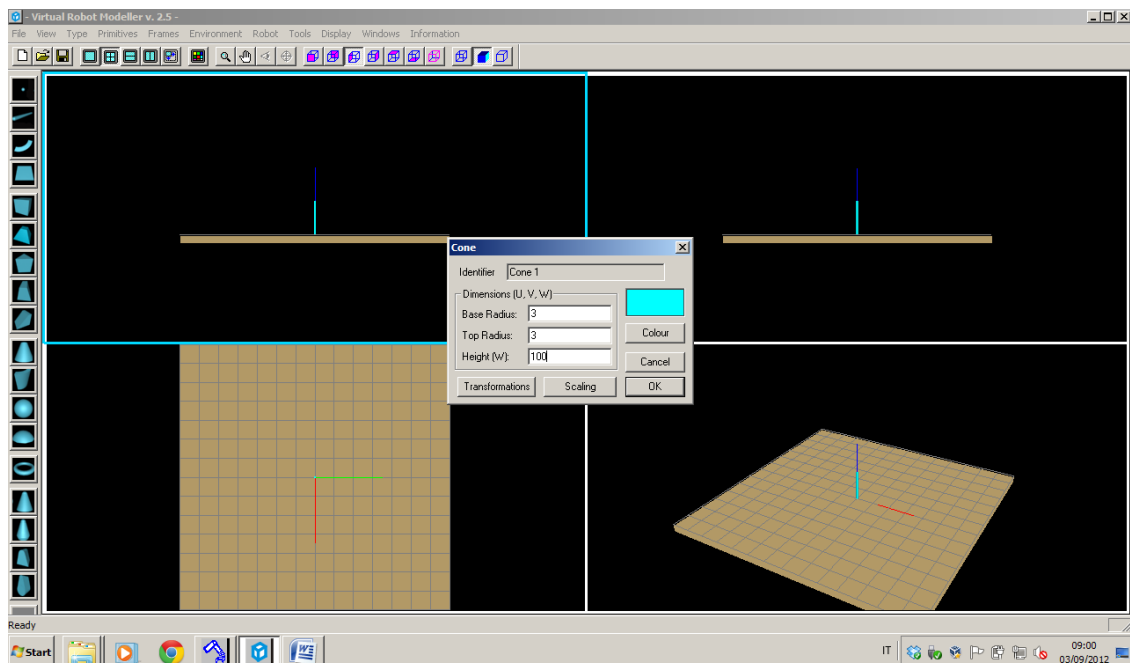
### 6.4.1. Creazione degli oggetti

Per creare il labirinto è necessario innanzitutto creare gli elementi base che lo costituiscono, cioè le pareti. Per consentire la modifica del labirinto in futuro, ciascuna parete viene realizzata tramite una serie di elementi atomici di lunghezza fissa. Nella figura precedente tali elementi sono colorati di bianco. Le colonne che li uniscono sono colorate di azzurro. Di seguito si mostrerà il procedimento per la creazione delle colonne e dell'elemento base della parete.

#### 6.4.1.1 Creazione della colonna

La colonna viene realizzata tramite un cilindro di larghezza fissa. Di seguito si mostrano i passi necessari alla creazione della colonna.

Per prima cosa, nella finestra principale di VRM, si deve controllare che la variabile "Type" sia settata a "Object". Se non lo è, è necessario impostarla. Successivamente la colonna viene creata inserendo una primitiva "Cone" e impostando raggio e altezza del cono. La figura che segue mostra i parametri utilizzati per la creazione del cilindro. Si noti che i due "Base Radius" e "Top Radius" hanno la stessa dimensione, questo permette di creare un cilindro a partire da un cono.



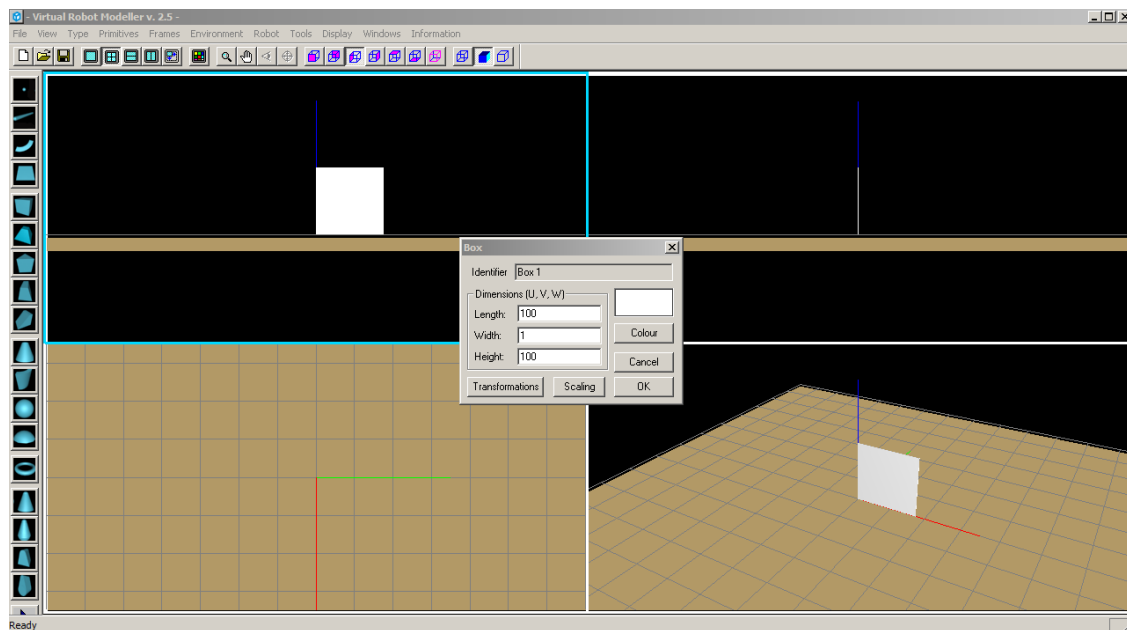
Una volta creato l'oggetto, esso può essere salvato in un file chiamato "Colonna.obf". Al momento del salvataggio, oltre al nome del file, è possibile specificare anche altre informazioni. Non è necessario compilare tutti i campi.

#### 6.4.1.2 Creazione dell'elemento base della parete

L'elemento base della parete viene realizzato tramite un parallelepipedo. Di seguito si mostrano i passi necessari alla creazione della parete.

Per prima cosa, nella finestra principale di VRM, si deve controllare che la variabile "Type" sia settata a "Object". Se non lo è, è necessario impostarla. Successivamente, l'elemento base viene creato inserendo una primitiva "Box" e impostando i valori dei quattro vertici. La figura che segue mostra i parametri utilizzati per la creazione della superficie.



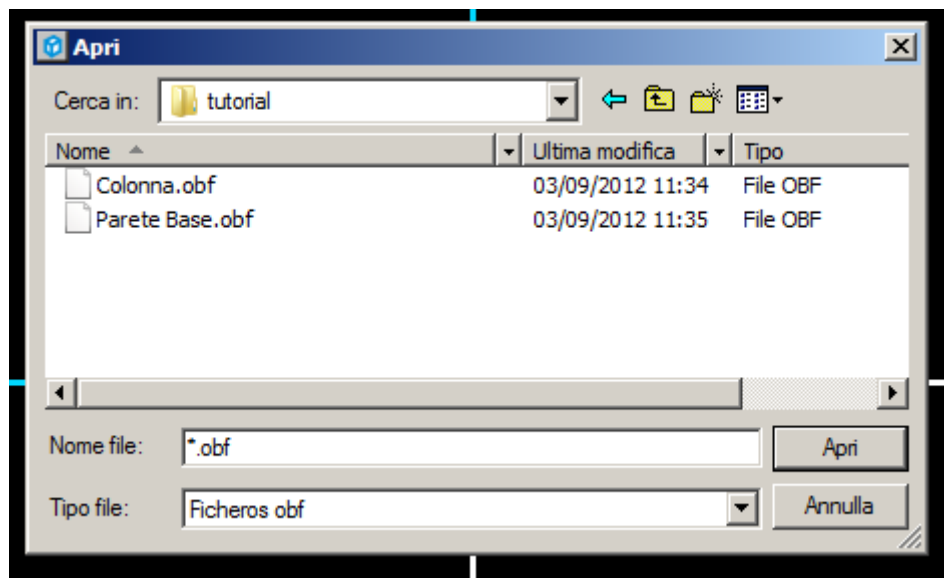


Una volta creato l'oggetto, esso può essere salvato in un file chiamato "Parete Base.obf". Al momento del salvataggio, oltre al nome del file, è possibile specificare anche altre informazioni. Non è necessario compilare tutti i campi.

#### 6.4.2. Creazione del labirinto

Il labirinto viene costruito come insieme di pareti base e di colonne. La creazione di tali elementi è spiegata nei due paragrafi precedenti. Di seguito, si mostra come creare l'ambiente aggregando questi oggetti.

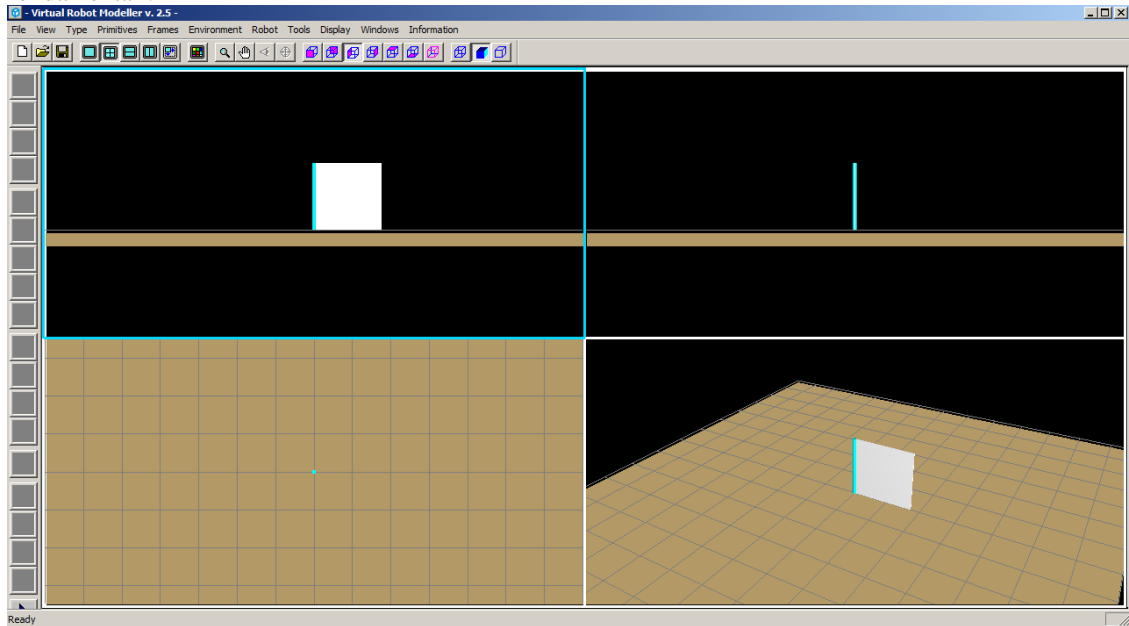
Per prima cosa, nella finestra principale di VRM, si deve impostare la variabile "Type" a "Environment". Successivamente, l'importazione della colonna e dell'elemento base della parete viene effettuata dal menù seguendo il percorso "Environment" → "Add Object". Da qui basta selezionare la cartella dove i file sono stati salvati e cliccare il bottone "Apri". L'immagine che segue mostra la finestra di importazione.



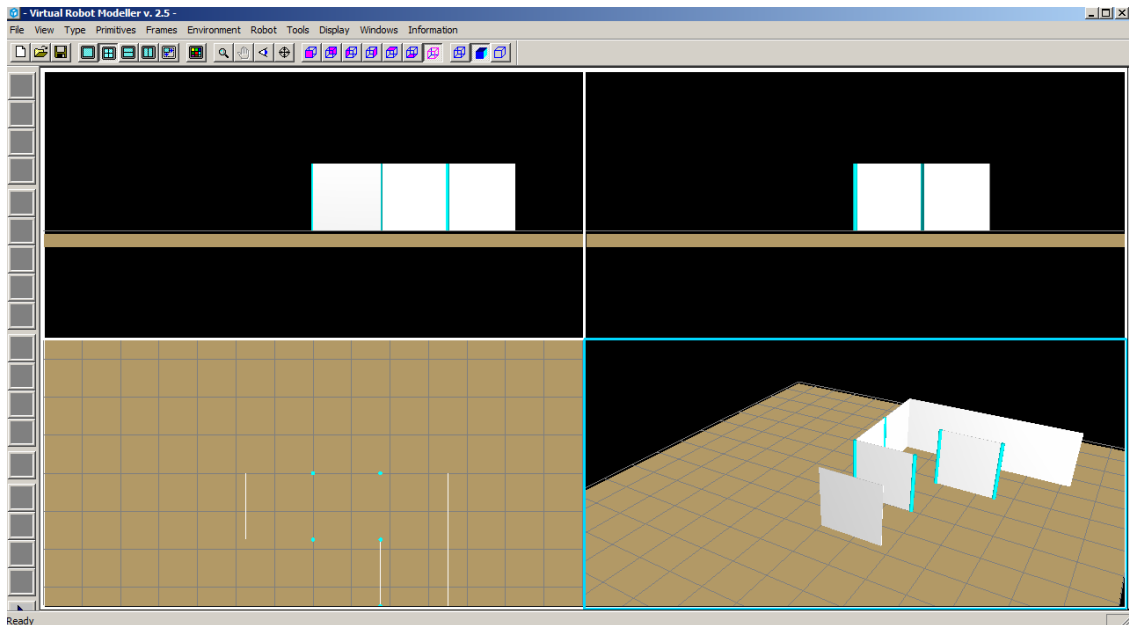
Una volta importati, gli oggetti compariranno sullo schermo nelle loro posizioni predefinite. L'immagine che segue mostra la fase iniziale della creazione dell'ambiente, cioè l'importazione dei due elementi



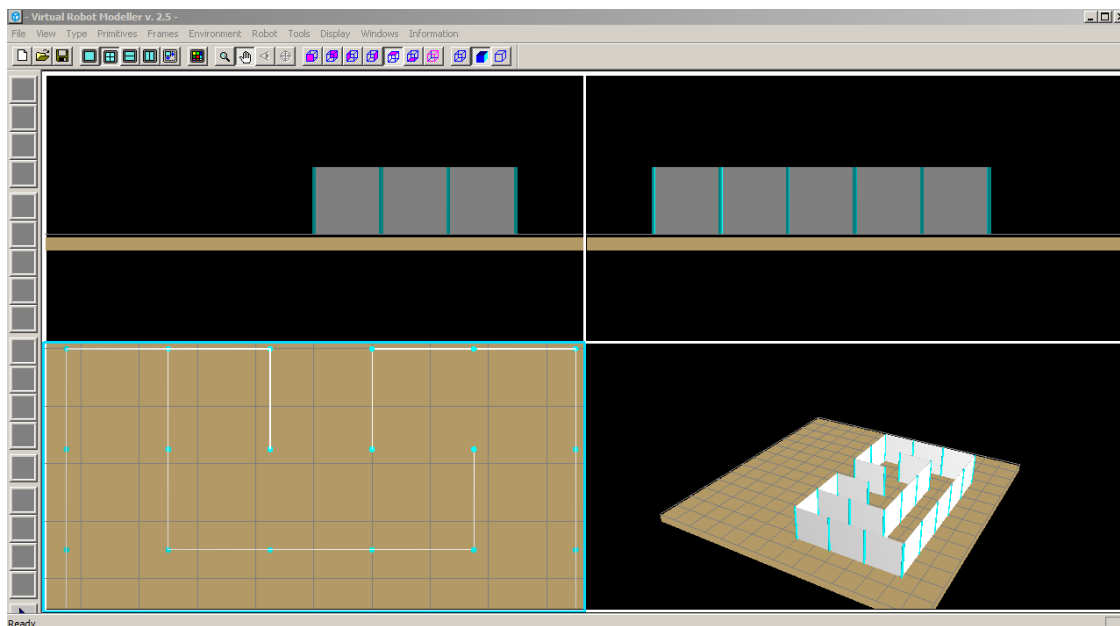
fondamentali.



Per creare il labirinto, è necessario importare nuovi oggetti colonna e parete di base e modificarne la posizione. L'importazione è già stata descritta. La modifica della posizione avviene grazie al comando "Edit Environment" del menù "Environment" che apre la finestra "Edit Environment". Non è possibile, alla versione corrente, modificare gli oggetti inseriti. La finestra seguente mostra il labirinto dopo l'inserimento di alcune colonne e pareti di base.



Continuando ad aggiungere colonne e pareti e modificando la loro posizione, si ottiene il labirinto mostrato nella figura seguente.



Una volta creato l'ambiente, esso può essere salvato in un file chiamato "Labirinto.env". Al momento del salvataggio, oltre al nome del file, è possibile specificare anche altre informazioni. Non è necessario compilare tutti i campi.

## 7. Conclusioni

Dopo un breve utilizzo di Virtual Robot, ci si può rendere conto di come il software non possa essere usato per applicazioni reali (e in alcuni casi anche non reali), che presentino un certo grado di complessità.

Le motivazioni che hanno portato a questa conclusione sono varie. In primo luogo, nell'interfaccia sono presenti funzionalità a cui non si può accedere in nessun modo oppure non sono funzionanti. In VRS sono presenti, solamente nella toolbar e non nel menù a tendina (sintomo di incongruenza), le icone "Compute Envelops on Load (F4)" e "Draw Envelops (F5)", che apparentemente non fanno nulla. La modalità di rappresentazione degli oggetti "Line-Shaded" non può essere mai abilitata. Inoltre le funzionalità di connessione Input/Output (modulo VRS I/O Connection e scheda Input/Outputs del teach pendant) non sono completamente implementate. In VRM, i comandi che si trovano nel menù "Robot", oppure i bottoni "Erase", "Copy" o "Edit" della finestra "Edit Environment" non sono accedibili. Ciò lascia intendere che il software è incompleto.

Per quanto riguarda VRS, i robot vengono riprodotti abbastanza realisticamente, ma le simulazioni nel complesso risultano troppo approssimative. Ad esempio, un braccio robotico può muoversi attraversando tranquillamente un qualsiasi altro oggetto, come un tavolo da lavoro oppure un altro robot. Quando ci si posiziona con un end effector pinza su un oggetto, eseguendo PICK lo stato della pinza non si adatta automaticamente alle dimensioni dell'oggetto da afferrare, ma si chiude completamente sovrapponendosi ad esso. VRS Speed Control entra in contrasto con la barra Speed del teach pendant, quindi a nostro avviso questa è una ripetizione inutile che può generare confusione su quale strumento l'utente debba utilizzare per regolare la velocità nei movimenti. VRS Video Recorder funziona solamente con i sistemi operativi Windows 95 e Windows 98, che oramai vengono utilizzati solo in rare situazioni. Inoltre sono presenti diversi bug: i moduli (ad es. VRS Loader o VRS Teach Pendant) rimangono aperti anche quando viene chiusa la finestra principale del programma. Compaiono spesso vari messaggi di errore che costringono a chiudere l'applicazione, ad es. se solamente si modifica un valore dei giunti nel teach pendant mentre il robot sta eseguendo un movimento.

Parlando di VRM, è particolarmente difficile creare ambienti tramite l'aggregazione di molti oggetti semplici, in quanto molte delle azioni di base di un software di creazione di oggetti in tre dimensioni

sono precluse. Durante la creazione di ambienti, infatti, non è possibile selezionare oggetti tramite il puntatore del mouse oppure copiare e incollare oggetti già esistenti. Nella realizzazione del labirinto, sono stati inseriti ventitre pareti bianche e ventiquattro colonne azzurre ed è stato necessario ripetere quarantasette volte la procedura di inserimento degli stessi oggetti, quando un'operazione di copia-incolla avrebbe potuto rendere il processo molto più veloce. Anche la modifica delle coordinate è risultata essere particolarmente scomoda. Non è possibile infatti selezionare o trascinare gli oggetti e, di conseguenza, è stato necessario editare manualmente le coordinate di ciascuno dei quarantasette oggetti. Se, una volta terminato il labirinto, si decidesse poi di cambiare il colore di alcune pareti, sarebbe necessario creare dei nuovi oggetti con i colori modificati e sostituirli uno ad uno a quelli vecchi: approccio, questo, assolutamente non scalabile. Tuttavia, dal momento che la creazione di oggetti e ambienti anche piuttosto complessi risulta essere concettualmente intuitiva in quanto parte dall'aggregazione di oggetti semplici, che via via si integrano aumentando la complessità, VRM non viene sconsigliato completamente.

In conclusione, tra le modifiche che a nostro avviso sono necessarie per il miglioramento di Virtual Robot, risultano fondamentali per VRS un'attenta fase di debug e una pulizia delle funzionalità che non sono completamente ed in modo stabile implementate, mentre per VRM bisognerebbe attuare l'analisi di usabilità e la conseguente re implementazione dell'interfaccia grafica. In ogni caso, considerato che si tratta di un software sviluppato in ambito universitario e non a scopo commerciale, risulta una buona applicazione per la didattica.

## Sitografia

[1] *Dipartimento di Ingegneria per i Sistemi e l'Automazione del Politecnico di Valencia, pagina Virtual Robot Simulator:*

<http://robotica.isa.upv.es/virtualrobot/>

[2] *Documentazione per la suite software Virtual Robot, versione 6.01:*

<http://robotica.isa.upv.es/virtualrobot/EnglishDoc/HTML/main.htm>

## Indice

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1. <b>Installazione</b>	<b>2</b>
<b>2. FINESTRA PRINCIPALE .....</b>	<b>3</b>
2.1. <b>Menù a tendina</b>	<b>4</b>
2.1.1. File .....	4
2.1.2. Display .....	5
2.1.3. Windows .....	7
2.1.4. Information .....	7
2.2. <b>Toolbar</b>	<b>8</b>
<b>3. VRS TOOLS.....</b>	<b>8</b>
3.1. <b>VRS Loader</b>	<b>8</b>
3.2. <b>VRS Teach Pendant</b>	<b>9</b>
3.3. <b>VRS Trace Control</b>	<b>13</b>
3.4. <b>VRS I/O Connection</b>	<b>13</b>
3.5. <b>VRS Video Recorder</b>	<b>14</b>
3.6. <b>VRS Part Handling</b>	<b>14</b>
3.7. <b>VRS Speed Control</b>	<b>16</b>
3.8. <b>VRS Camera Control</b>	<b>16</b>
<b>4. VRM TOOLS .....</b>	<b>17</b>
4.1. <b>Accesso ai tool VRM</b>	<b>17</b>
4.2. <b>VRM Editor</b>	<b>18</b>
4.2.1. Primitive Dialog Box .....	18
4.2.2. Transformation Dialog.....	19
4.3. <b>VRM Object Mover</b>	<b>20</b>
4.4. <b>VRM Part Mover</b>	<b>21</b>
4.5. <b>VRM Tool Attach</b>	<b>22</b>
<b>5. VRM STANDALONE.....</b>	<b>23</b>
5.1. <b>Main Window</b>	<b>23</b>
5.1.1. Barra del menù .....	23
5.1.2. Toolbar sottostante il menù .....	25
5.1.3. Toolbar delle primitive .....	25
5.1.4. Statusbar nella parte inferiore dello schermo .....	26
5.2. <b>Utilizzo di primitive</b>	<b>26</b>
5.3. <b>Modellazione di ambienti</b>	<b>27</b>
5.3.1. Edit Environment Dialog .....	27
5.4. <b>Modellazione di parti</b>	<b>28</b>
5.4.1. Operation Dialog.....	28
5.4.2. Operation Frames.....	28
5.5. <b>Introduzione alla generazione di modelli per robot con VR</b>	<b>29</b>
5.5.1. Informazioni sulla modellazione di robot .....	29
5.5.2. Il file RGF.....	30
5.5.3. Il file RKF.....	30

<b>6.</b>	<b>SCENARI DI UTILIZZO .....</b>	<b>32</b>
6.1.	Caricare robot e ambiente di lavoro, modificare le viste	32
6.2.	Manipolare i robot utilizzando il teach pendant	33
6.3.	Manipolare oggetti (parti) tramite i robot	35
6.4.	Creazione di un labirinto con VRM	36
6.4.1.	Creazione degli oggetti.....	37
6.4.2.	Creazione del labirinto .....	38
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>40</b>
	<b>SITOGRAFIA.....</b>	<b>41</b>
	<b>INDICE .....</b>	<b>42</b>