



جامعة بجاية  
Tasdawit n'Bgayet  
Université de Béjaïa

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderrahmane Mira -Bejaia  
Faculté de Technologie  
Département Génie Electrique

# Memoire de fin d'étude

*En vue de l'obtention du diplôme Master recherches-en  
Électrotechnique.  
Option : Automatisation Industriel*

## Thème

*« Utilisation de V-Realm Builder pour la  
réalisation des maquettes virtuelles des  
chaînes de production automatisées »*

Présenté par :

✚ Mr. AIDLI Abdelghani

✚ Mr. AITELHADI Bilal

Devant le jury:

President: Mr. SADJI.

Promoteur: Mr. MELAJHA

Examineur: Mr. AZZIA/M

2012/2013

**Chapitre II :**  
Réalisation de la bibliothèque de  
composants

---

**Chapitre III :**  
Application et réalisation de la  
maquette virtuelle

---

**Chapitre IV :**  
Automatisation de la chaîne et  
simulation sous Matlab

---

# **Introduction générale**

---

## **Conclusion générale**

---

## Liste des figures

# **Annexes**



# Sommaire

# **Références bibliographiques**

---

**Chapitre I :**  
La chaîne de production  
automatisée

---

## **REMERCIEMENTS**

*On remercie le bon dieu de nous avoir donné le courage et de la  
volonté de mener à terme ce modeste travail.*

*On tient notre gratitude à notre promoteur **Mr A.Melahi** de  
nous avoir encadrés durant notre travail et pour ces conseils, sa  
disponibilité, son suivi et son orientation.*

*Comme on tient à remercier vivement les membres de jury pour  
l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre  
travail.*

*En fin nos remerciements à toute personne ayant contribué de  
près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*On termine cette page de remerciements avec une tendre pensée à  
nos chères familles.*

## ***DIDCACES***

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents à qui je dois énormément et  
que je ne cesserai jamais de remercier ;*

*A mes deux chères frères : Sofiane, Yacine et à mes  
deux chères sœurs : Kahina, Sonia ;*

*A mes cousins et cousines ;*

*A mes oncles et leurs femmes, mes tentes et à toute  
ma famille et mes proches ;*

*A mon binôme Abdighani et sa famille ;*

*A tous mes amis sans exception ;*

*A toutes la promo de Master Automatisation*

*Industriel 2012 /2013.*

*A. Bilal.*

## ***DIDCACES***

*En guise de reconnaissance, je dédie travail :*

*A mes très chers parents à qui je dois énormément et*

*que je ne cesserai jamais de remercier ;*

*A mes frères : Lakhal, Adel, Karim et à ma petite*

*chère sœur Fatima.*

*A mes oncles, leurs femmes et leurs enfants,*

*A toute ma famille et mes proches ;*

*A mon binôme Bilal et sa famille ;*

*A tous mes amis sans exception ;*

*A toutes la promo de Master Automatismes*

*Industriel 2012 /2013.*

*A. Abdelghani*

<b>Liste des figures</b>	<b>page</b>
<b>Figure I.1</b> Structure d'un système automatisé. ....	6.
<b>Figure I.2</b> Chaîne d'action. ....	7.
<b>Figure I.3</b> Chaîne d'acquisition ....	8.
<b>Figure I.4</b> Chaîne d'acquisition et d'action. ....	8.
<b>Figure II.1</b> Composants du vérin. ....	12.
<b>Figure II.2</b> Hauteur et rayon du vérin ....	12.
<b>Figure II.3</b> Vérin pneumatique. ....	13.
<b>Figure II.4</b> Moteur électrique. ....	13.
<b>Figure II.5</b> Distributeur 5/2. ....	14.
<b>Figure II.6</b> Distributeur avec filtre et régulateur de pression. ....	14.
<b>Figure II.7</b> Capteurs. ....	15.
<b>Figure II.8</b> Contacteurs. ....	15.
<b>Figure II.9</b> Tableau de connexion. ....	16.
<b>Figure II.10</b> Le Convoyeur. ....	17.
<b>Figure II.11</b> Perceuse électrique. ....	17.
<b>Figure II.12</b> Plateau à indexation. ....	18.
<b>Figure II.13</b> Porte de composants. ....	18.
<b>Figure II.14</b> Chargeur de pièces. ....	19.
<b>Figure III.1</b> Station de distribution. ....	21.
<b>Figure III.2</b> Distributeur avec régulateur et filtre. ....	21.
<b>Figure III.3</b> Module chargeur et empileur. ....	22.
<b>Figure III.4</b> Module de transfert. ....	23.
<b>Figure III.5</b> Station de contrôle. ....	24.
<b>Figure III.6</b> Module de détection. ....	25.
<b>Figure III.7</b> Module de levage. ....	25.
<b>Figure III.8</b> Module de mesure. ....	26.
<b>Figure III.9</b> Module de glissière pneumatique. ....	26.
<b>Figure III.10</b> Station d'usinage. ....	27.
<b>Figure III.11</b> Module de contrôle. ....	28.
<b>Figure III.12</b> Module de perçage. ....	29.

<b>Figure III.13</b> Module de plateau à indexation. ....	29.
<b>Figure III.14</b> Module de serrage. ....	30.
<b>Figure III.15</b> Station de manipulation pneumatique. ....	31.
<b>Figure III.16</b> Module de saisie et placement. ....	32.
<b>Figure III.17</b> Module de réception. ....	32.
<b>Figure III.18</b> Détecteur à réflexion. ....	33.
<b>Figure III.19</b> Module de glissière. ....	33.
<b>Figure III 20</b> Station de robotique. ....	34.
<b>Figure III.21</b> Module de réception. ....	35.
<b>Figure III.22</b> Pince. ....	35.
<b>Figure III.23</b> Module de glissière. ....	36.
<b>Figure III.24</b> Robot. ....	36.
<b>Figure III.25</b> Station de tri. ....	37.
<b>Figure III.26</b> Module de dérivation pneumatique. ....	38.
<b>Figure III.27</b> Module de barrage. ....	38.
<b>Figure III.28</b> Barrière à réflexion. ....	39.
<b>Figure III.29</b> Capteur inductif. ....	39.
<b>Figure III.30</b> Chariot. ....	40.
<b>Figure III.31</b> Plaque profilée. ....	41.
<b>Figure III.32</b> Tableau de contrôle et de commande. ....	41.
<b>Figure III.33</b> API. ....	42.
<b>Figure III.34</b> Table de station. ....	42.
<b>Figure III.35</b> Assemblage de tri et distribution. ....	44.
<b>Figure III.36</b> Assemblage de stations de distribution, contrôle et tri. ....	44.
<b>Figure III.37</b> Système complet. ....	45.
<b>Figure IV.1</b> Grafctet de la station de distribution. ....	47.
<b>Figure IV.2</b> Schéma de commande (API). ....	48.
<b>Figure IV.3</b> Schéma de la partie dynamique. ....	49.
<b>Figure IV.4</b> Les paramètres du système. ....	49.
<b>Figure IV.5</b> Schéma de simulation de la station de distribution. ....	50.
<b>Figure IV.6</b> La position finale et initiale du vérin. ....	51.
<b>Figure IV.7</b> Capteurs de positions a0 et a1. ....	51.
<b>Figure IV.8</b> La position initiale du bras. ....	52.



<b>Figure IV.9</b> Position finale du bras. ....	52.
<b>Figure IV.10</b> Capteur de position initiale $r_0$ du vérin rotatif. ....	53.
<b>Figure IV.11</b> Capteur de position finale $r_1$ du vérin rotatif. ....	53.
<b>Figure IV.12</b> Grafctet de la station de contrôle. ....	54.
<b>Figure IV.13</b> Schéma de la partie commande. ....	55.
<b>Figure IV.14</b> Schéma de la partie dynamique. ....	54.
<b>Figure IV.15</b> Schéma de simulation de la station de contrôle. ....	55.
<b>Figure IV.16</b> L'état initiale du levage. ....	57.
<b>Figure IV.17</b> L'état finale du levage. ....	57.
<b>Figure IV.18</b> L'état initial de la tige. ....	58.
<b>Figure IV.19</b> L'état final de la tige. ....	58.
<b>Figure IV.20</b> Grafctet de la station d'usinage. ....	59.
<b>Figure IV.21</b> Schéma de commande (API). ....	60.
<b>Figure IV.22</b> Schéma de la partie dynamique. ....	61.
<b>Figure IV.23</b> Schéma de simulation de la station d'usinage. ....	62.
<b>Figure IV.24</b> Positions du plateau à indexation. ....	63.
<b>Figure IV.25</b> Capteurs de positions du plateau à indexation. ....	64.
<b>Figure IV.26</b> Les positions du module de contrôle. ....	65.
<b>Figure IV.27</b> Les positions du capteurs. ....	65.
<b>Figure IV.28</b> Les positions de la perceuse. ....	66.
<b>Figure IV.39</b> Les positions du vérin. ....	66.
<b>Figure IV.30</b> La position initiale et finale de module d'évacuation. ....	67.
<b>Figure IV.31</b> Grafctet de la station de la manipulation. ....	67.
<b>Figure IV.32</b> Schéma de commande(API). ....	68.
<b>Figure IV.33</b> Schéma de la partie dynamique. ....	69.
<b>Figure IV.34</b> Schéma de simulation. ....	69.
<b>Figure IV.35</b> Les positions de la pince. ....	70.
<b>Figure IV.36</b> Capteurs de position de deux actionneurs. ....	71.
<b>Figure IV.37</b> Schéma de simulation de la chaîne de production automatisée. ....	72.
<b>Figure IV.38</b> La maquette virtuelle d'une chaîne de production automatisée. ....	73.

## Liste des tableaux

<b>Tableau II.1</b> Dimensions des composants. ....	19.
<b>Tableau III.1</b> Possibilités de combinaison. ....	43.

# Sommaire

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## Introduction générale

### Chapitre I : La chaîne de production automatisée

I.1 Introduction .....	1.
I.2 Historique .....	1.
I.3 Les systèmes automatisés .....	1.
I.3.1 Les Systèmes de production industrielle .....	2.
I.3.2 Le fonctionnement des systèmes automatisés .....	2.
I.3.3 Objectifs de l'automatisation .....	3.
I.4 Définition de la chaîne de production automatisée .....	3.
I.4.1 Les processus .....	3.
I.4.2 Les rôles .....	3.
I.4.3 Organisation de la chaîne de production automatisée .....	4.
I.4.3.1 Organisation de la production en ligne .....	4.
I.4.3.2 Organisation de la production par fonction .....	5.
I.4.3.3 Organisation de la production dans un emplacement fixe .....	5.
I.5 Décomposition d'une chaîne de production en chaînes fonctionnelles .....	5.
I.5.1 La Partie opérative .....	6.
I.5.2 La partie commande .....	6.
I.5.3 La partie dialogue ou relation .....	7.
I.5.4 Notion de chaîne .....	7.
I.5.4.1 Chaîne fonctionnelle .....	7.
I.5.4.2 Chaîne d'action .....	7.
I.5.4.3 Chaîne d'acquisition .....	7.
I.5.5 Structure de la chaîne d'action et d'acquisition .....	8.
I.6 Les éléments de la PC/PO d'une chaîne de production .....	8.
I.6.1 Effecteurs .....	8.
I.6.1.1 Les convoyeurs .....	9.
I.6.2 Les actionneurs .....	9.
I.6.2.1 Les moteurs .....	9.

I.6.2.2 Les vérins .....	9.
I.6.3 Les Préactionneurs .....	9.
I.6.3.1 Les Capteurs .....	9.
I.6.3.2 Contacteur .....	9.
I.6.3.3 Distributeur .....	10.
I.6.4 Le traitement .....	10.
I.7 Conclusion .....	10.

## **Chapitre II : La réalisation de la bibliothèque des composants**

II.1 Introduction .....	11.
II.2 Utilisation le V-Realm Builder pour réaliser la bibliothèque de composants .....	11.
II.2.1 Réalisation des actionneurs .....	12.
II.2.1.1 Réalisation du vérin pneumatique .....	12.
II.2.1.2 Machines électriques .....	13.
II.2.2 Réalisation des préactionneurs .....	14.
II.2.2.1 Le Distributeur .....	14.
II.2.3 Capteurs .....	15.
II.2.4 Le contacteur .....	15.
II.2.5 Le Tableau de connexion .....	16.
II.3 Réalisation d'autres composants .....	16.
II.3.1 Le convoyeur .....	16.
II.3.2 La perceuse électrique .....	17.
II.3.3 Le plateau à indexation .....	17.
II.3.5 Porte de composants .....	18.
II.3.6 Le chargeur de pièce .....	18.
II.4 Dimensions des composants .....	19.
II.5 Conclusion .....	20.

## **Chapitre III : Application et réalisation de la maquette virtuelle**

III.1 Introduction .....	21.
III.2 Les différentes stations réalisées .....	21.
III.2.1 Station de distribution .....	21.

III.2.1.1 La fonction .....	21.
III.2.1.2 Les éléments principaux constituant la station de distribution .....	22.
III.2.2 Station de contrôle .....	24.
III.2.2 .1 La fonction .....	24.
III.2.2.2 Les éléments principaux constituant la station de contrôle .....	24.
III.2.3 Station d'usinage .....	27.
III.2.3 1 La fonction .....	27.
III.2.3.2 Les éléments principaux constituant la station d'usinage .....	28.
III.2.4 Station de manipulation pneumatique .....	30.
III.2.4.1 La fonction .....	30.
III.2.4.2 Les éléments principaux constituant la station de manipulation .....	31.
III.2.5 Station de robotique .....	34.
III.2.5.1 La fonction .....	34.
III.2.5.2 Les éléments principaux constituant la station robotique .....	34.
III.2.6 Station de tri de pièce .....	37.
III.2.6.1 La fonction .....	37.
III.2.6.2 Les éléments principaux constituant la station de tri .....	38.
III.3 Réalisation de la table .....	40.
III.4 Combinaison des stations .....	42.
III.4 1 Possibilités de combinaison de stations .....	43.
III.4.2 1 Combinaison entre deux stations .....	43.
III.4.2.2 Combinaison entre trois stations .....	44.
III.4.2.3 Assemblage entre six stations .....	45.
III.5 Conclusion .....	45.

## **Chapitre IV : Automatisation de la chaîne et simulation sous Matlab**

IV.1 Introduction .....	46.
IV.2 Simulation des stations .....	46.
IV.2.1 La station de distribution .....	47.
IV.2.1.1 Le grafcet de la station .....	47.
IV.2.1.2 La simulation .....	47.
IV.2.2 La station de contrôle .....	53.
IV.2.2.1 Le grafcet de la station .....	53.

IV.2.2.2 La simulation de la station .....	54.
IV.2.3 La station d'usinage .....	59.
IV.2.3.1 Le grafcet de la station .....	59.
IV.2.3.2 La simulation .....	59.
IV.2.4 Station de manipulation .....	67.
IV.2.4.1 Le grafcet de la station .....	67.
IV.2.4.2 La simulation .....	68.
IV.3 Simulation d'une chaîne de production automatisée .....	71.
IV.4 Conclusion .....	75.

## **Conclusion générale**

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

# Introduction générale

---

## Introduction générale

L'évolution des moyennes de production industrielle est étroitement liée à l'évolution du coût et du marché. Dans ces dernières années, les systèmes de production sont devenus trop complexes, ce qui nécessite l'utilisation de nouvelles méthodes et outils pour leurs réalisations.

C'est la raison pour laquelle les chercheurs et les ingénieurs, s'intéressent à la réalisation virtuelle, pour rendre les systèmes automatisés plus facile à réaliser et à contrôler par un outil de conception CAO. La conception virtuelle permet en premier lieu de vérifier de nombreuses propriétés comportementales ou structurelles du modèle à créer avant même que celui-ci n'existe, et à décider en dernier lieu de façon optimale du comportement à adapter dans un grand nombre de situations.

Les objectifs principaux est l'amélioration de la qualité, de la sécurité et l'adaptabilité aux normes évolutives de la production. La CAO nous permet de réaliser un système de production à partir d'un ensemble d'objets ou composants élémentaires comme les capteurs, les actionneurs, etc. Sur le plan industriel les méthodes de développement sont basées sur la conception dictée par le logiciel ; ce dernier permet de réaliser, visualiser et vérifier le comportement du système dans un environnement virtuel. Le système se présente alors sous forme de maquettes virtuelles sur lesquelles on peut faire des essais, des améliorations....

Pour la réalisation des maquettes virtuelles d'une chaîne de production automatisée, il est important de connaître :

- ✚ les éléments utilisés dans la chaîne de production (pneumatiques, hydrauliques, électriques), ainsi que les composants servants de supports ou de liaisons entre ces éléments.
- ✚ la géométrie, les dimensions et les positions des objets.
- ✚ l'ensemble des mouvements; les liaisons cinématiques et dynamiques des composants.
- ✚ la création des objets en 3D et la manipulation de ses objets dans un environnement 3D.

L'objectif de notre travail est de réaliser une bibliothèque de composants virtuels pour des maquettes virtuelles de chaînes de production. Cette bibliothèque est réalisée avec le logiciel V-Realm Builder. En se servant de cette bibliothèque, nous allons réaliser des modules qui seront regroupés dans des stations. A titre d'exemples, nous réaliserons six stations

# Introduction générale

---

(distribution, contrôle, usinage, manipulation, robotique et tri). Pour chaque station, nous présentons sa réalisation et son fonctionnement.

Par la suite, nous développerons les modèles dynamiques pour quatre stations (distribution, contrôle, usinage et manipulation), et nous proposerons de faire la conduite de chaque station par un automate simulé sous Matlab.

L'étape finale sera la proposition d'une réalisation de chaînes de production. Avec les stations déjà réalisées, il y a une multitude de combinaisons pour réaliser des chaînes de production. Nous opterons pour une chaîne comportant les quatre stations : distribution, contrôle, usinage et manipulation à titre d'exemple.

Pour cette chaîne (ainsi que l'automate), nous ferons une simulation sous Matlab (Simulink 3D Animation et Virtual Reality Toolbox). Cette simulation sert à valider le projet (conception et test du système dans un environnement virtuel).

Nous espérons que notre travail sert bien à la conception virtuelle de chaînes de production, que ce soit en travaux pratiques ou en industrie. De plus, la bibliothèque est ouverte et on peut rajouter d'autres composants au fur et à mesure (selon les besoins des concepteurs). Et comme ça notre travail est ouvert pour toutes les améliorations futures possibles (automates, composants, modules, stations, chaînes, même ateliers).

## I.1 Introduction

L'être humain par sa nature, a toujours recherché le moyen d'économiser ses efforts. Il n'a jamais cessé de mettre son intelligence et son imagination au service de ce but et ceci afin de créer un partenaire qui fera le travail à sa place.

Pour s'assurer de la performance d'une ou plusieurs équipes travaillant sur un projet commun quel qu'il soit, il est nécessaire de mettre en place une procédure qui structure l'ensemble et organise le travail de chacun. Cette procédure et organisation est appelée « chaîne de production ». Toutes les entreprises organisent leur mode de production à partir de processus précis, l'ensemble de ces processus forme une chaîne de production.

Les systèmes automatisés permettent d'éliminer un bon nombre de travaux pénibles et des tâches répétitives et fastidieuses. Signalons également que face au défi économique auquel l'industrie est confrontée ces derniers temps, la mutation de l'appareil productif s'avère nécessaire automatiser, par exemple, devient indispensable pour obtenir une compétitivité meilleure des produits fabriqués et assurer des performances optimales [1].

## I.2 Historique

La première chaîne de production industrielle fût inventée par Ransome Eli Olds en 1901. Cette chaîne servait à produire l'automobile de marque Oldsmobile à Détroit au Michigan, à cette époque, il fallait plusieurs heures pour construire une automobile, quelques années plus tard (1913-14), Henry Ford apporta une grande amélioration à la chaîne de production en y introduisant le convoyeur de cette façon, l'automobile se déplaçait de station de travail en station automatique, où les travailleurs assemblaient les pièces. Le temps de production fût ainsi réduit à quatre-vingt-treize minutes pour le modèle de Ford. Aujourd'hui, la production d'automobiles est encore plus rapide grâce à l'utilisation de robots dans les chaînes de production [2].

## I.3 Les systèmes automatisés

Un système automatisé est un ensemble de constituants effectuant un certain nombre de tâches, il simplifie, sécurise et rend moins pénible les tâches de production ou de la vie courante.

Un processus est l'ensemble ordonné de tâches effectuées par le système. On appelle tâche un ensemble d'opérations regroupées selon un critère fonctionnel. Chaque tâche conféré



une partie de valeur ajoutée à la matière d'œuvre au cours du processus, le système agit sur une (ou plusieurs) matière d'œuvre.

Toute l'énergie nécessaire à la transformation du produit est fournie par une source extérieure. Le constituant automate dirige la succession des opérations. L'homme surveille le système et pour dialogue avec lui par l'intermédiaire du pupitre.

La puissance venant d'actionneurs, est fournie par une source d'énergie extérieure au système donc un ensemble des techniques électrique, électronique, mécanique et fluïdique concourent à réaliser un automate dans le but de remplacer l'homme dans les tâches pénibles, répétitives ou dangereuses.

### **I.3.1 Les Systèmes de production industrielle**

Un système de production industriel "SPI" est un ensemble d'équipements qui permet, à partir d'énergie et des produits bruts (matériaux, pièces initiales, ...) d'élaborer des objets de valeur supérieure qui peuvent être soit directement commercialisés ou des produits intermédiaires servant à la réalisation par la suite des produits finis. Le SPI est alimenté en énergies (électrique, pneumatique, ...) et approvisionné en consommables auxiliaires : lubrifiants, eau de refroidissement, etc. Il génère aussi un flux de déchets : eaux sales, fumées polluantes, chutes de coupes, ... D'autre part, l'exploitation et le fonctionnement du système de production industriel nécessitent l'intervention du personnel [3].

### **I.3.2 Le fonctionnement des systèmes automatisés**

Les systèmes automatisés ont des fonctions précises : Ils exécutent des tâches afin d'obtenir un résultat prévu à l'avance.

- Les tâches : Un système automatisé réalise un certain nombre d'actions appelées « tâches ».
- Les effecteurs : L'élément du système automatisé qui produit un effet est appelé « l'effecteur ».
- Les cycles : Un système automatisé accomplit une suite d'opérations (appelé cycle) depuis un état initial jusqu'à un état final.

## **I.3.3 Objectifs de l'automatisation**

Un système automatisé doit dans une certaine mesure reconstituer tous les mouvements dont un homme a besoin pour mener un travail bien déterminé. On devra, dès sa conception, tenir compte des contraintes de maintenance. Dans l'industrie, la production de grandes séries sont partiellement ou entièrement automatisées. Le produit est donc fabriqué sur une succession de poste de travail robotisés et ne demande qu'une intervention humaine limitée. Parmi ces objectifs on a :

- l'amélioration de la compétitivité du produit face à la concurrence.
- la réduction des couts de production.
- l'augmentation de la qualité du produit liée à la précision des actionneurs.
- économies de matière ou d'énergie
- alléger les taches physiques non valorisantes pour l'homme.

## **I.4 Définition de la chaîne de production automatisée**

Une chaîne de production est l'ensemble d'opérations de fabrication nécessaires à la réalisation d'un produit, qui passe consécutivement d'une opération à l'autre et étapes par étapes suivant un trajet bien défini grâce à un déroulement logique de processus jusqu'à ce que le produit soit fini.

### **I.4.1 Les processus**

Les processus sont liés les uns aux autres, ce sont eux qui organisent selon un déroulement logique des étapes de production.

Un processus englobe un certain nombre d'opérations à réaliser. L'ensemble doit être réalisé dans le respect des procédures établies. Pour chacune de ces opérations ont attribuées une ou plusieurs fonctions. Inversement, on peut aussi dire que certaines de ces fonctions interviendront soit sur une opération particulière, soit sur l'ensemble des opérations de la chaîne de production.

### **I.4.2 Les rôles**

La production doit être elle-même structurée, en termes d'utilisation de ressources, afin d'assurer la qualité et la rentabilité de l'entreprise. L'organisation de la production et la bonne

distribution des rôles doivent permettre à l'entreprise de satisfaire la demande qui lui est adressée. Parmi ces rôles, on trouve le rôle opérationnel et le rôle fonctionnel.

Le rôle « opérationnel » : Le rôle opérationnel lorsqu'il a pour mission la production du bien.

Le rôle « fonctionnel » : Le rôle fonctionnel consiste à définir, d'organiser ou de contrôler l'activité de production.

Les rôles fonctionnels et opérationnels structurent l'organisation de l'entreprise au quotidien et sur la durée. Ces rôles recouvrent des processus permanents.

### **I.4.3 Organisation de la chaîne de production automatisée**

L'organisation d'un processus de production consiste à déterminer la disposition des différentes ressources de production (équipements, entrepôts de stockage, systèmes de maintenance, regroupement des travailleurs...) dans le but d'obtenir un meilleur rendement global de l'appareil productif. Une mission se résume essentiellement à :

- adopter le meilleur agencement des ressources et des installations de production.
- éliminer les opérations inutiles et réduire les délais de parcours entre deux stations de travail successives.
- accélérer la circulation des flux de matières et des personnes sur toute la chaîne de fabrication.

Les différentes formes d'organisation des processus de production présentées ci-dessous sont particulièrement fondées sur la circulation des flux de matières et composants entre des stations de travail ou postes de charges successifs. Selon la nature du produit fabriqué, les ressources utilisées, l'interdépendance entre des opérations successives, le processus de production peut être linéaire (organisation de la production en ligne), fonctionnelle (organisation de la production par fonction) ou fixe (Production unitaire).

#### **I.4.3.1 Organisation de la production en ligne**

Dans un système de production organisé en ligne, l'agencement des ressources est fait en respectant les différentes étapes de fabrication du produit. En amont, entrent les matières premières et en aval, sortent les produits finis. On parle aussi de processus organisé par produit.

L'organisation en ligne a la particularité d'être peu flexible. Elle s'adapte peu pour des entreprises qui fabriquent des produits variés. Car dans ce cas, les étapes de fabrication ne

sont pas forcément les mêmes. Il faut installer plusieurs lignes de production. On distingue deux grandes variantes d'agencement en ligne :

- **La chaîne de fabrication à flux continu** : Dans une organisation en ligne par flux continue, les unités successives du produit finis ne peuvent être ni séparées ni distinguées les unes des autres.
- **La chaîne d'assemblage** : Les unités produites suivent les mêmes étapes de fabrication, parcourent les stations de travail dans le même ordre et subissent des séquences d'opérations presque identiques. Les références finales obtenues présentent cependant de légères différences les unes par rapport aux autres (emploi d'options) et sont de ce fait séparées.

### **I.4.3.2 Organisation de la production par fonction**

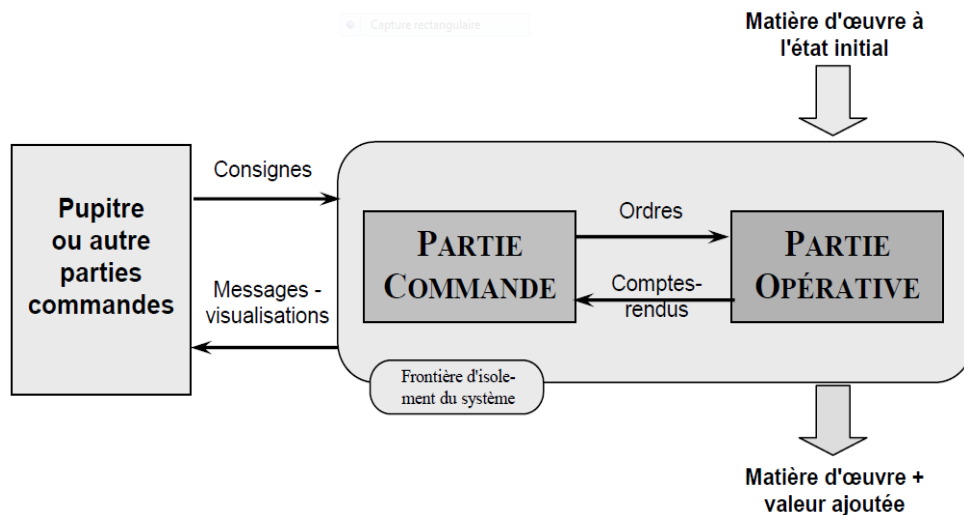
Dans une organisation du processus de production par fonction, l'agencement des ressources de production n'est pas faite sur la base des différentes étapes de fabrication du produit. Ces ressources sont au contraire rassemblées sur la base des opérations qu'elles réalisent. Les machines sont groupées dans des ateliers. Ce qui les prédispose à traiter une grande variété de produits exigeant des séquences d'opérations distinctes.

### **I.4.3.3 Organisation de la production dans un emplacement fixe**

Toutes les ressources de production sont transportées vers le lieu du travail. Il n'y a pas de circulation de flux de matières entre les différents équipements de production. Ces derniers sont toutefois sollicités à des étapes différentes du processus de production pour réaliser chacun des opérations qui lui sont particulières et dans le respect du plan général du projet [4].

## **I.5 Décomposition d'une chaîne de production en chaînes fonctionnelles**

D'une façon tout à fait générale, un Système Automatisé "SA" est composé fonctionnellement de trois parties :



**Figure I.1** Structure d'un système automatisé

## I.5.1 La Partie opérative :

La Partie Opérative “PO” est le processus physique à automatiser. Elle opère sur la matière et les produits entrants en transformant, par exemple, des pièces brutes en pièces usinées ou en effectuant des mouvements de translation d’une cage d’ascenseur de l’étage de départ à celui d’arrivée. Les opérations sont obtenues lorsque les ordres donnés par la Partie Commande sont exécutés dans de bonnes conditions. La “PO” comporte en général, d’une part, les outillages et moyens divers mettant en œuvre le processus d’élaboration et d’autre part, les différents actionneurs destinés à mouvoir ou à mettre en œuvre ces moyens.

La partie opérative se compose de trois ensembles :

- les capteurs
- les actionneurs
- les préactionneurs

## I.5.2 La partie commande :

La partie commande est un automatisme qui élabore en sortie des ordres destinées aux processus et des signaux de visualisation en fonction des comptes rendus venant de processus et des consignes qu’il reçoit en entrée. En d’autre terme, c’est l’ensemble des moyens de traitement de l’information qui assurent le pilotage et la coordination des tâches des processus souhaités. Elle traite les informations du dialogue avec le milieu extérieur et d’autres parties commandent. Elle coordonne les actions de la partie opérative.

- La partie commande se décompose en trios ensembles :
- les interfaces d'entrées : Les interfaces d'entrées transforment les informations issues des capteurs placés sur la partie opérative ou dans la partie dialogue en information de nature et d'amplitudes avec les caractéristiques technologiques de l'automate.
  - les interfaces de sorties : L'interface de sorties transforment les informations élaborées par l'unité de traitement en information de nature et d'amplitude compatible avec les caractéristique technologiques des préactionneurs d'une part et des visualisations d'avertisseurs d'autre part.
  - l'unité de traitement : L'unité de traitement élabore les ordres destinés aux actionneurs en fonction des informations reçues des différents capteurs et des fonctionnements à réaliser.
- La partie commande peut être représenté dans un système automatisé soit par une automate programmable industrielle ou par une carte spécialisée.

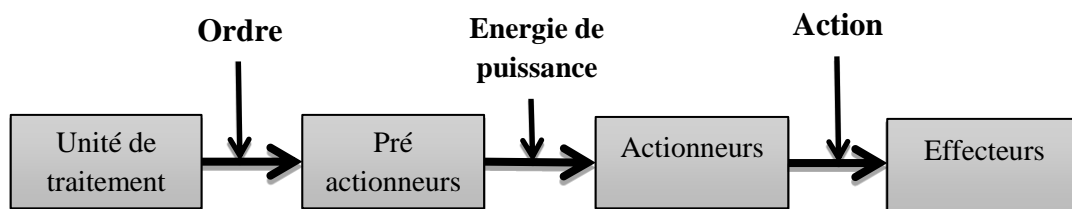
### I.5.3 La partie dialogue ou relation :

Le pupitre ou la partie relation "PR" est l'organe servant d'interface Homme Machine, l'opérateur envoie des consignes à l'unité de traitement et reçoit en retour des informations émanant de la partie commande (bouton, voyant, clavier, écran,...).

### I.5.4 Notion de chaîne

**I.5.4.1 Chaîne fonctionnelle :** Une chaîne fonctionnelle est un ensemble de constituants (capteurs, actionneurs et des effecteurs) organisés en vue de l'obtention d'une même tâche.

**I.5.4.2 Chaîne d'action :** La chaîne d'action est constituée du pré actionneurs qui distribuent la puissance aux actionneurs.



**Figure I.2** Chaîne d'action

**I.5.4.3 Chaîne d'acquisition :** La chaîne d'acquisition est constituée des capteurs qui envoient des comptes rendus sur l'état de la P.O. à l'unité de traitement.

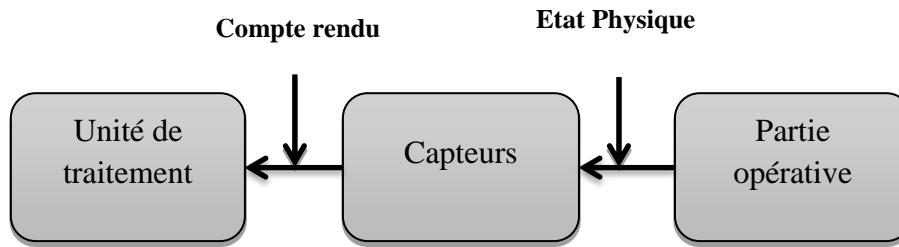


Figure I.3 Chaîne d'acquisition

## I.5.5 Structure de la chaîne d'action et d'acquisition

Le schéma ci-dessous nous montre l'ensemble de la chaîne d'action et d'acquisition et le processus de fonctionnement en intégrant un système API [5].

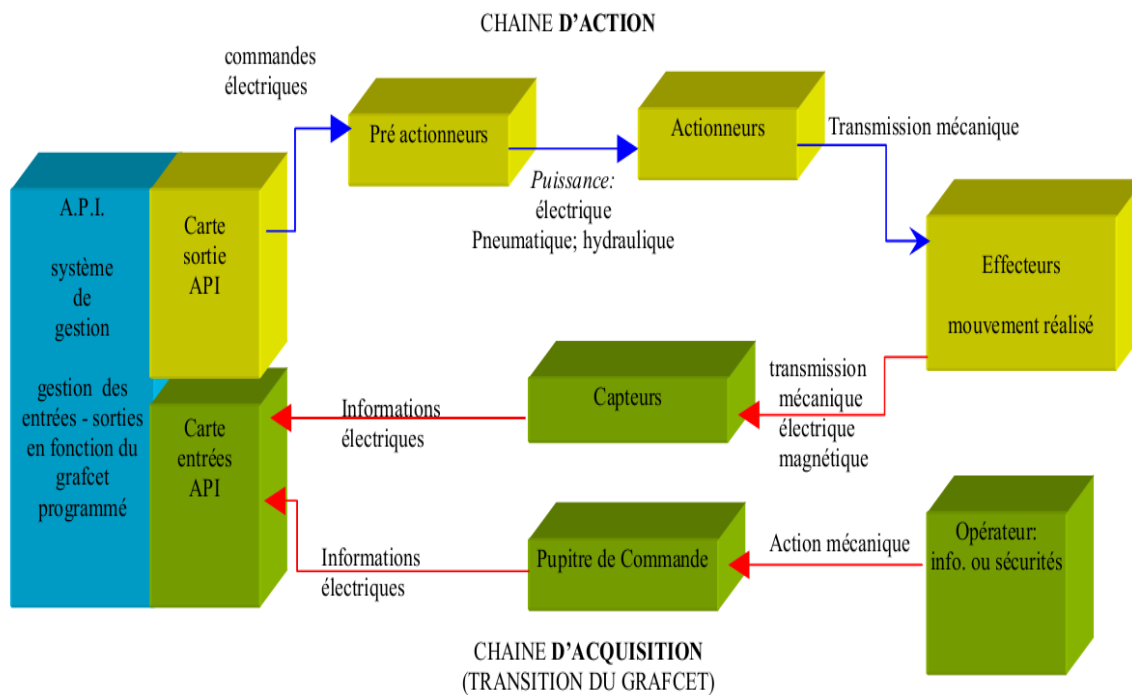


Figure I.4 Chaîne d'acquisition et d'action

## I.6 Les éléments de la PC/PO d'une chaîne de production

### 1.6.1 Effecteurs :

Les effecteurs sont multiples et variées et sont souvent conçus spécialement pour s'adapter à l'opération qu'ils ont à réaliser sur la matière d'œuvre, ils reçoivent leur énergie des actionneurs.

**I.6.1.1 Les convoyeurs :** Un convoyeur est un mécanisme qui sert à déplacer des objets le long d'une chaîne de production. Il est généralement muni d'un tapis roulant qui se déplace sur des roulements. Le tapis roulant est raccordé à un moteur électrique par l'entremise d'un train d'engrenage.

### **I.6.2 Les actionneurs**

Convertissent l'énergie qu'ils reçoivent des préactionneurs en une autre énergie utilisée par les effecteurs. Ils peuvent être pneumatiques, hydraulique ou électriques. Par exemple on a :

**I.6.2.1 Les moteurs :** L'entraînement en rotation d'éléments de machines est fréquemment réalisé par des moteurs électriques (moteur asynchrone, motoréducteur...), sa fonction est de convertir une puissance électrique fournie en puissance mécanique caractérisée par un couple et une vitesse de rotation sur son arbre.

**I.6.2.2 Les vérins :** Le vérin est un actionneur qui réalise un mouvement de translation, ou de rotation à partir d'une source d'énergie pneumatique ou hydraulique, et à chaque vérin on lui associe un distributeur qui assure la commutation de circuit.

### **I.6.3 Les Préactionneurs**

Les ordres émis par la partie commande sont généralement sous forme d'un signal électrique de faible puissance d'où la nécessité d'avoir recours à des organes chargés de traduire et d'amplifier les ordres émis par la partie commande, appelés préactionneurs.

Le rôle général d'un préactionneur est de distribuer l'énergie.

En fonction des grandeurs d'entrée et de sortie, on peut établir des préactionneurs les plus utilisés :

**I.6.3.1 Les Capteurs :** Un capteur est un dispositif électronique qui permet de détecter un état ou mesure une valeur et transmettre cette information à un ordinateur (microprocesseur), il existe plusieurs types de capteurs : capteur de contact et capteur de lumière renseignent la PC sur l'état de la PO, ils peuvent détecter des positions, des pressions, des températures, des débits ..., peuvent être électrique ou pneumatique.

**I.6.3.2 Contacteur :** Est un pré-actionneur destiné à ouvrir ou fermer un circuit électrique par l'intermédiaire d'un circuit de commande. Il alimente le moteur électrique en énergie de puissance en fonction d'une consigne opérative issue de la partie commande.



**I.6.3.3 Distributeur :** Est chargé d'alimenter les vérins en énergie pneumatique ou hydraulique

### **I.6.4 Le traitement**

Dans les systèmes modernes, l'API assure de plus en plus cette fonction. Certains systèmes purement pneumatiques peuvent être contrôlés par des séquenceurs ou des fonctions logiques.

Un automate programmable industriel (API) est une machine électrique programmable par un personnel non informaticienne et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés ou parties opératives. Il est adaptable à un maximum d'application d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire [6].

### **I.7 Conclusion**

Dans cette partie on a défini les systèmes automatisés et l'ensemble des éléments lies entre eux pour réaliser une chaîne de production automatisée qui sert à faciliter la modélisation et la conception et rendre moins pénible les taches pour l'utilisateur.

La conception assister par ordinateur est aujourd'hui utile dans de nombreux domaine d'ingénierie, cette appellation couvre l'ensemble des taches qu'un ordinateur est capable d'assumer l'ors d'un développement de produits, la conception relève de la création d'un objet par la pensée et l'imagination. Il existe une grande variété des modelés et d'outils de représentation et de réalisation virtuelle d'un système automatisée. Parmi ces outils on a pris le V-Realm builder comme outil de CAO qui permet la réalisation virtuelle en 3D, notre but c'est la réalisation d'une maquette virtuelle d'une chaîne de production automatisée à partir d'un cahier de charge donné, on se basant sur l'ensemble des éléments de la chaine de production ; les actionneurs, les pré actionneurs et les capteurs..., pour crée une bibliothèque de ces composantes à partir d'objets 3D sur le V-Realm Builder et enfin de liées ces composantes pour réaliser une maquette virtuelle en 3D d'une chaîne de production automatisée.

### II.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de présenter la réalisation d'une bibliothèque de composants en utilisant le logiciel V-Realm Builder [7], en se basant sur les différents éléments d'une chaîne de production automatisée.

Dans une chaîne de production il y a un large éventail d'équipement et d'accessoires utilisés pour la fabrication. D'une manière pratique, on trouve des composants électriques, pneumatiques et hydrauliques. On les classe selon leurs rôles : actionneurs, pré actionneurs et capteurs, et d'autres composants mécanique pour lier ces composants et enfin former des modules de production.

Avant de passer à la réalisation physique de ces composants, il faut connaître toutes les caractéristiques physiques et mécaniques ainsi que la géométrie de chaque composant. On passe après à la réalisation virtuelle d'une manière soit très proche à la réalité.

Après avoir réalisé ces composants, on les met dans une bibliothèque (on peut ajouter cette bibliothèque à la bibliothèque propre du logiciel où la mettre dans un dossier séparé).

Une fois cette dernière réalisée, elle sera utile dans n'importe quel système de production, tout dépend de la production et le cahier des charges de chaque chaîne de production. Donc, on fait appel à la bibliothèque et en ramène les différents composants nécessaires et on les combine selon un cahier des charges donné.

Le logiciel V-Realm Builder nous permet à partir de son navigateur de visualiser et de manipuler ces composants dans un environnement virtuel en 3D.

### II.2 Utilisation du logiciel V-Realm Builder pour réaliser la bibliothèque de composants

La première étape consiste à décomposer chaque composant en éléments. Il y a l'élément principal qui est le père et les éléments secondaires sont les fils. La deuxième étape est la réalisation. Dans le V-Realm il faut choisir l'objet nécessaire selon la forme de chaque composant et à partir d'objets simples comme la boîte, le cylindre, le cône et la sphère en changeant leurs dimensions et leurs positions jusqu'à avoir la forme finale du composant.

La bibliothèque contient des dizaines de composants. Dans ce chapitre on montre comment réaliser quelques composants seulement.

### II.2.1 Réalisation des actionneurs

Parmi les actionneurs les plus utilisés dans une chaîne de production on trouve les actionneurs pneumatiques (Vérins pneumatiques à simple effet, à double effet et rotatif), les actionneurs électriques (moteur asynchrone, moteur à courant continu ...).

#### II.2.1.1 Réalisation du vérin pneumatique

Pour réaliser un vérin on décompose le vérin en deux objets ; le support du vérin et sa tige en respectant la même échelle et le même repère.

Le support du vérin est réalisé à partir d'un cylindre, en changeant sa hauteur et son rayon et de deux boîtes de même dimension liées par quatre petits cylindres placés sur les extrémités du cylindre. Pour le cylindre il faut changer son axe, on fait la rotation de 90 degré pour avoir l'axe désiré et dans le cas des boîtes on a besoins seulement de la translation.

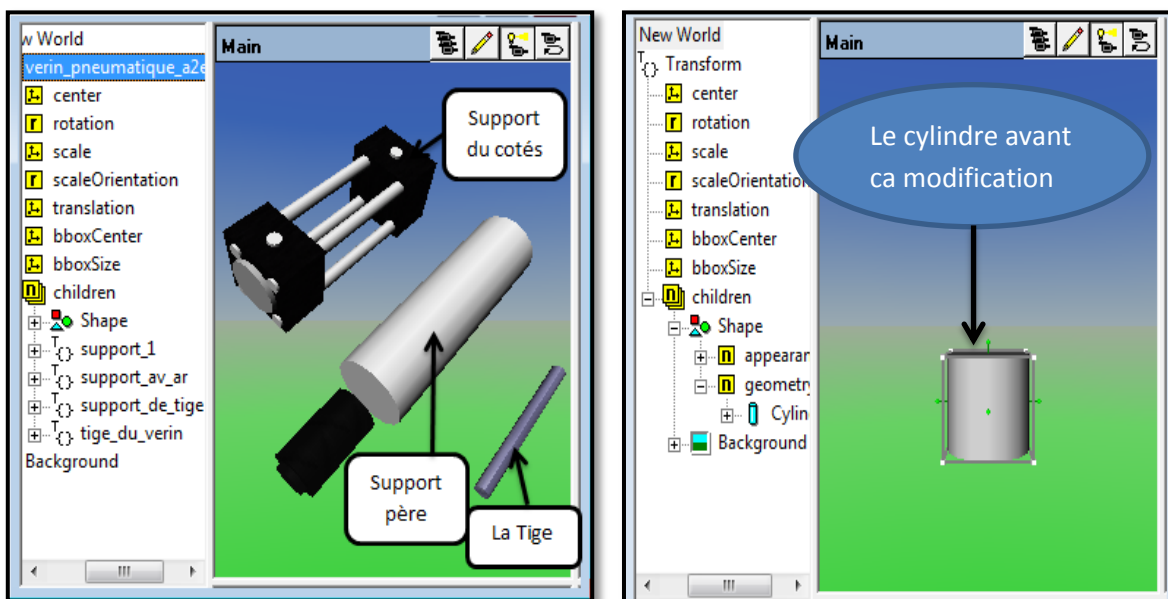


Figure II.1 Composants du vérin.

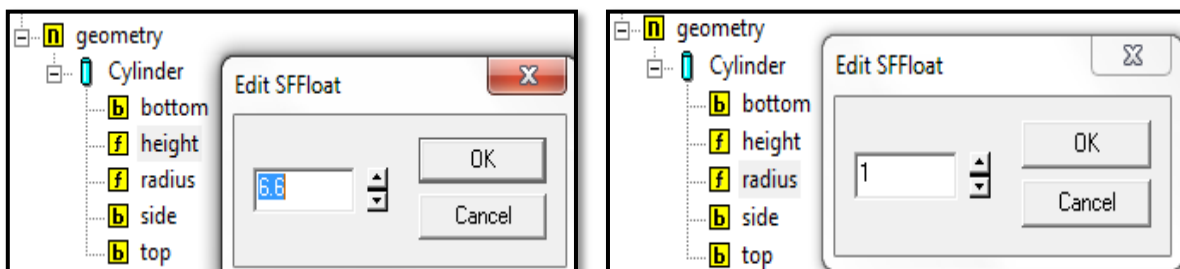


Figure II.2 Hauteur et rayon du vérin.

La tige du vérin est réalisée à partir d'un cylindre placé au centre du premier cylindre sur le même axe mais de dimension différente. Enfin on ajoute les couleurs pour différencier les supports.

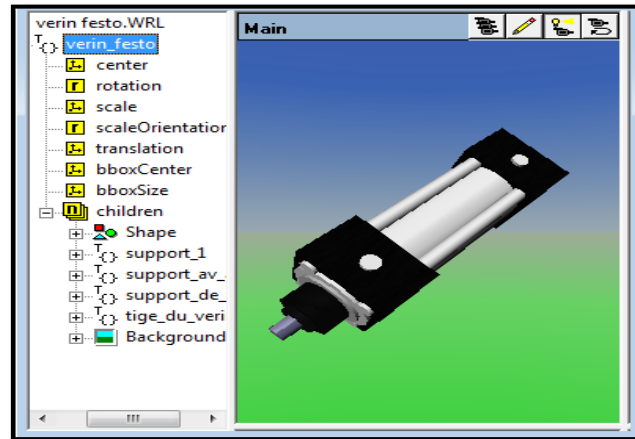


Figure II.3 Vérin pneumatique.

### II.2.1.2 Machines électriques

Parmi les machines électriques utilisées on a le moteur à courant continu, le moteur triphasé asynchrone et le moteur universel.

Pour réaliser un moteur on suit le même principe que le vérin on décompose le moteur en deux pièces : un support et l'arbre de transmission.

Le support du moteur est réalisé à partir d'un cylindre et deux boîtes pour le bloc d'alimentation, le cylindre est placé sur une plaque par deux pieds de mêmes dimensions.

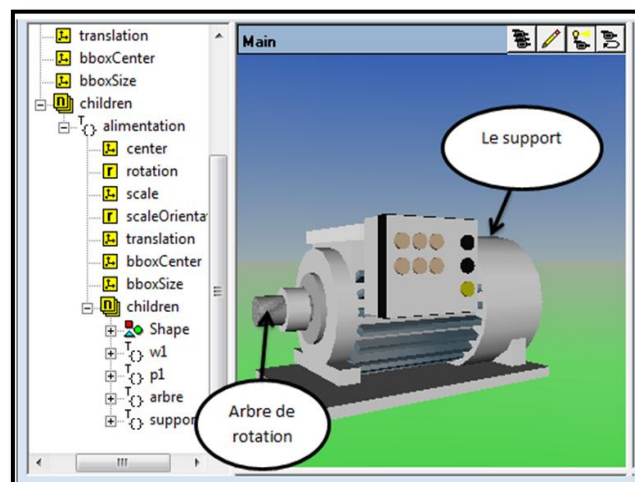


Figure II.4 Moteur électrique.

### II.2.2 la Réalisation des préactionneurs

#### II.2.2.1 Le Distributeur

Dans le cas du distributeur, on a respecté sa forme extérieure et on le réalise à partir de plusieurs objets de deux formes différentes : un cylindre et un cube. On change les dimensions, la translation et la rotation de ces objets et on les places chacun dans sa position jusqu'à avoir la forme finale.

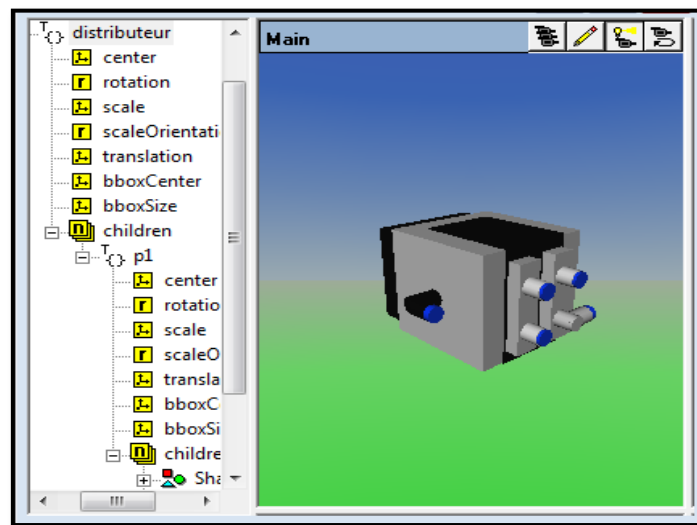


Figure II.5 Distributeur 5/2.

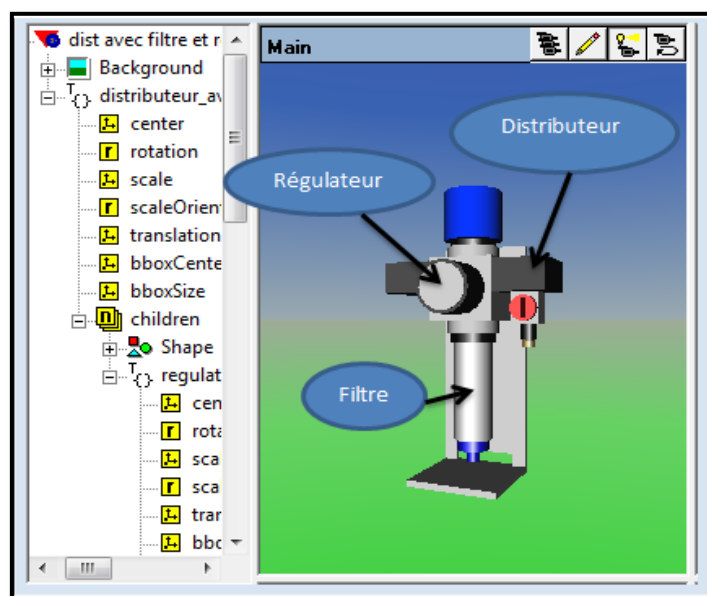


Figure II.6 Distributeur avec filtre et régulateur de pression.

### II.2.3 Capteurs

Parmi les capteurs utilisés, on trouve les capteurs de détection de fin de course et de proximité. On a réalisé un capteur à partir d'un ensemble de cylindres de longueurs et de diamètres différentes collés l'un sur l'autre sur le même axe et ayant le même centre.

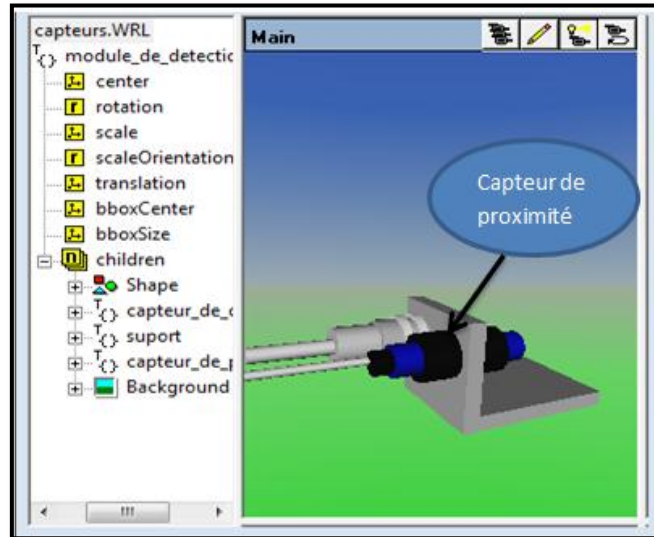


Figure II.7 Capteurs.

### II.2.4 Le contacteur

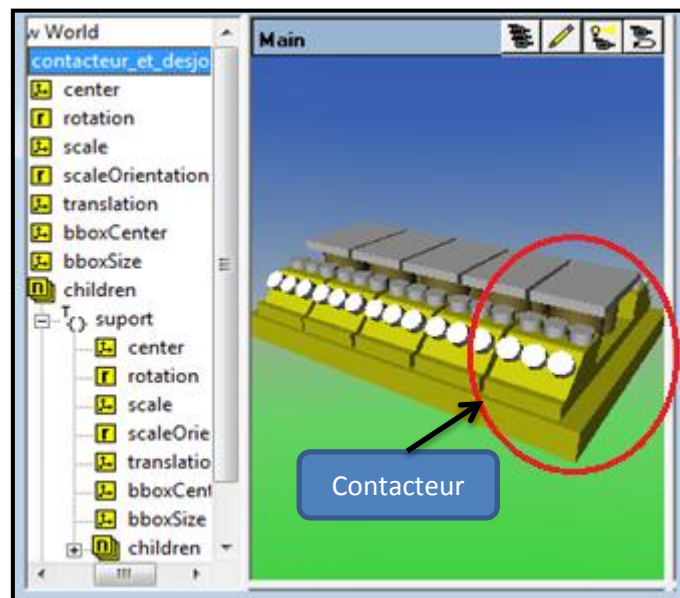


Figure II.8 Contacteurs.

### II.2.5 Le Tableau de connexion

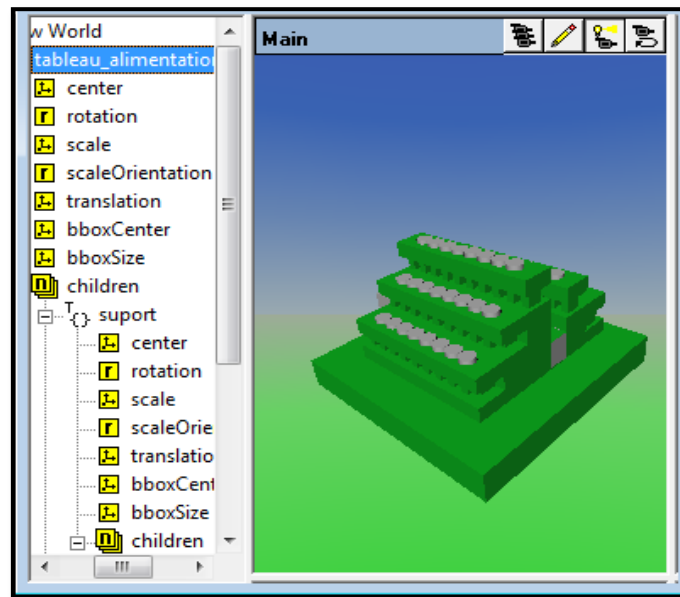


Figure II.9 Tableau de connexion.

### II.3 Réalisation d'autres composants

Le reste des composants sont des supports mécaniques pour l'emplacement des composants déjà réalisés et d'autres composants qu'on utilise pour combiner les tâches et les actions qui se produisent l'hors de leurs utilisations.

Parmi ces composants on a le convoyeur, la perceuse, le plateau à indexation, la pince, la glissière, portes composants...etc.

**II.3.1 Le convoyeur :** Le convoyeur se compose de plusieurs objets. Pour le réaliser on a utilisé la boite pour le tapis roulant et deux cylindres sur les extrémités de la boite de même hauteur et diamètre. Pour les barrières des côtés, on a utilisé deux autres boites de mêmes longueurs et largeurs placées sur les extrémités de la première boite. Enfin deux pieds identiques inverser l'un par rapport l'autre sont réalisées à partir des boites.

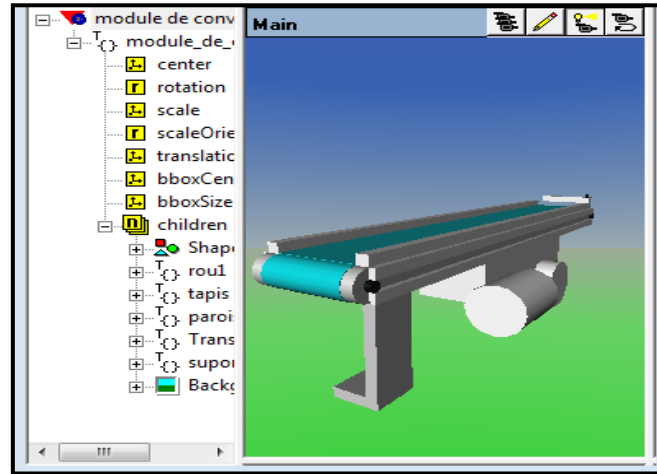


Figure II.10 Le Convoyeur.

**II.3.2 La perceuse électrique :** Dans le cas de la perceuse électrique, on a utilisé le cône pour montrer la pointe de la miche et deux boites l'une dans l'autre pour son support.

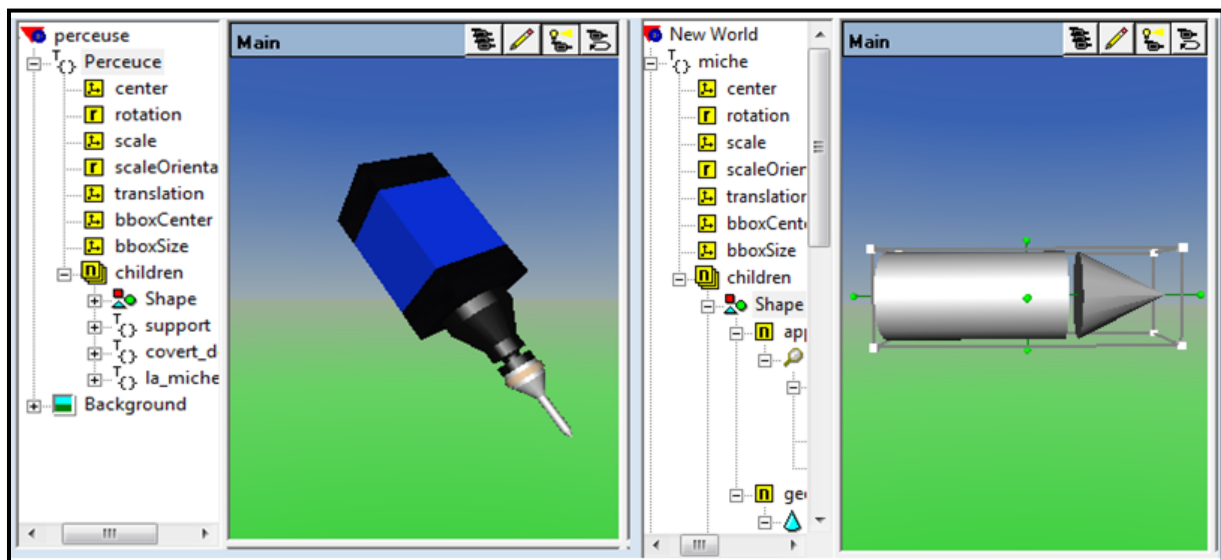


Figure II.11 Perceuse électrique.

**II.3.3 Le plateau à indexation :** Il se compose de trois pièces identiques placées sur le centre du cylindre et chaque pièce est décalé par rapport au l'autre d'un angle de 60 degré pour avoir six positions et selon le même axe de rotation. Chaque pièce, à son tour est réaliser à partir de de quatre pièces comme la montre la figure II.11.



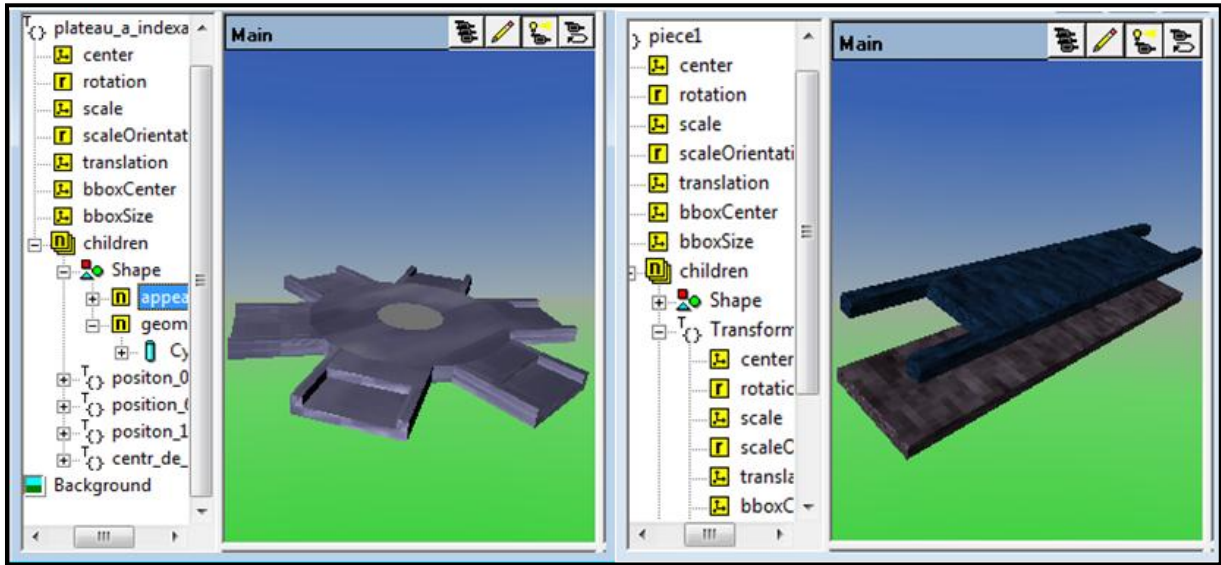


Figure II.12 Plateau à indexation.

**II.3.5 Porte de composants :** C'est un axe linéaire placé sur un cylindre. Il a quatre glissières verticales pour placer des composants qui peuvent se déplacer seulement sur l'axe vertical. Pour le réaliser on a utilisé l'extrusion comme le montre la figure II.13.

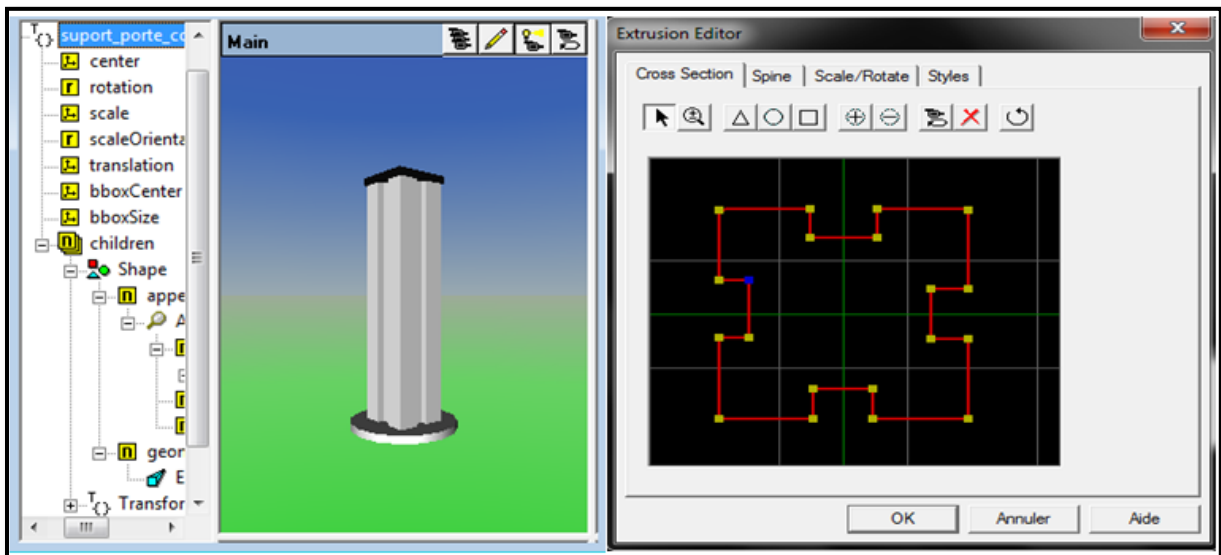
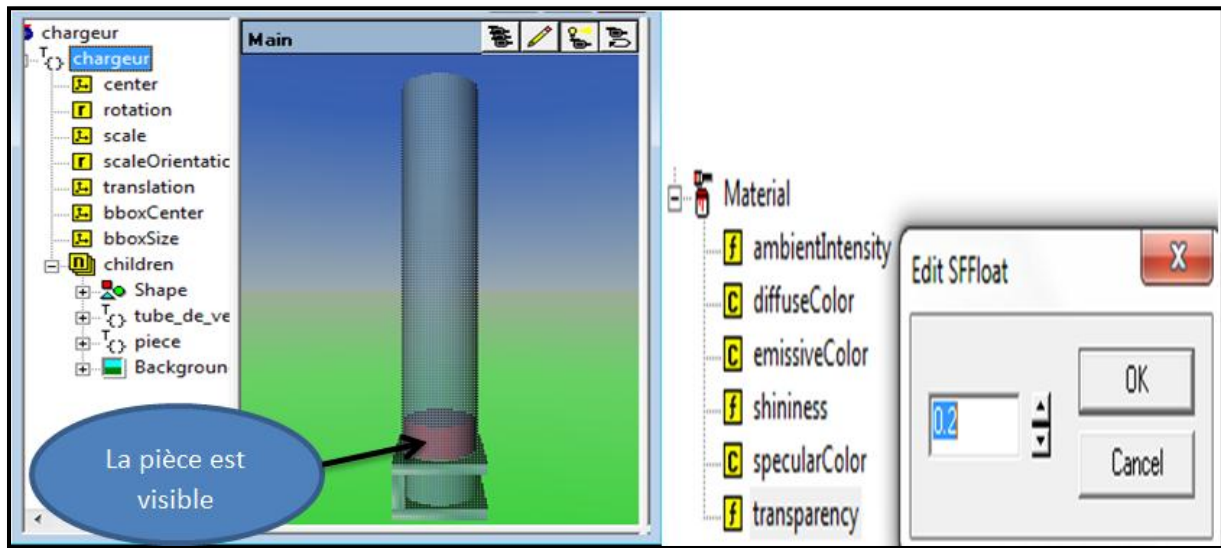


Figure II.13 Porte de composants.

**II.3.6 Le chargeur de pièce :** C'est un cylindre transparent qui est placé sur deux boîtes de mêmes dimensions. Ces boîtes présentes le support du chargeur et le cylindre pour placer des pièces. Pour que les objets soient transparents on agit sur la transparence dans le logiciel.



**Figure II.14** Chargeur de pièces.

### II.4 Dimensions des composants

Comme le nombre de composants est grand (50 composants), on prend seulement quelques exemples.

**Remarque :** L'unité des dimensions est le centimètre (cm).

Le composant	Longueur 'x'	Largeur 'z'	Hauteur 'y'	Rayon 'R'	Hauteur 'H'
Le vérin	9.2	3.95	3.95	1.2 (tige)	6.7 (tige)
Le moteur	40	25	15	/	/
Le distributeur	6.75	1	3.1	/	/
Le capteur	6	0.8	1.6	/	/
Le contacteur	5.2	1.15	3.8	/	/

**Tableau II.1** Dimensions des composants.

### II.5 Conclusion

Dans ce chapitre on a montré les différents composants réalisés ainsi que le principe de leurs constructions physiques et géométriques à l'aide du logiciel V-Realm Builder.

La bibliothèque réalisée sera utilisée dans la réalisation des maquettes virtuelles pour des travaux pratiques concernant la conception des systèmes automatisés. Cette dernière doit être complétée par la modélisation dynamique de ces composants. Cette modélisation est réalisée sous Matlab/Simulink. Donc, chaque composant à un comportement dynamique modélisé sous Matlab/Simulink.

Dans la suite de notre travail, on va utiliser les composants déjà réalisés pour créer d'autres composants, appelés modules de production enfin on met l'ensemble dans la bibliothèque.

## III.1 Introduction

La réalisation virtuelle d'une chaîne de production automatisée rencontre des difficultés que ce soit dans le dimensionnement ou la géométrie etc. Pour cette raison-là, on a procédé à séparer la chaîne en plusieurs stations de production. La réalisation de chaque station rend la tâche plus simple et rapide.

Dans ce chapitre on va présenter les différentes stations réalisées [8], les composants constituant d'elles ainsi que le fonctionnement et le rôle de chacune. L'assemblage des stations créées nous permet d'obtenir une chaîne de production automatisée.

## III.2 Les différentes stations réalisées

### III.2.1 Station de distribution

#### III.2.1.1 La fonction

La station se charge de distribuer les pièces. Huit pièces maximum se trouvent dans le module de magasinage à empilage. Un vérin à double effet éjecte les pièces l'une après l'autre. Le module de transport saisit chaque pièce éjectée au moyen d'une ventouse. Le bras pivotant du module de transport, commandé par un vérin rotatif, amène la pièce au point de transfert de la station suivante.

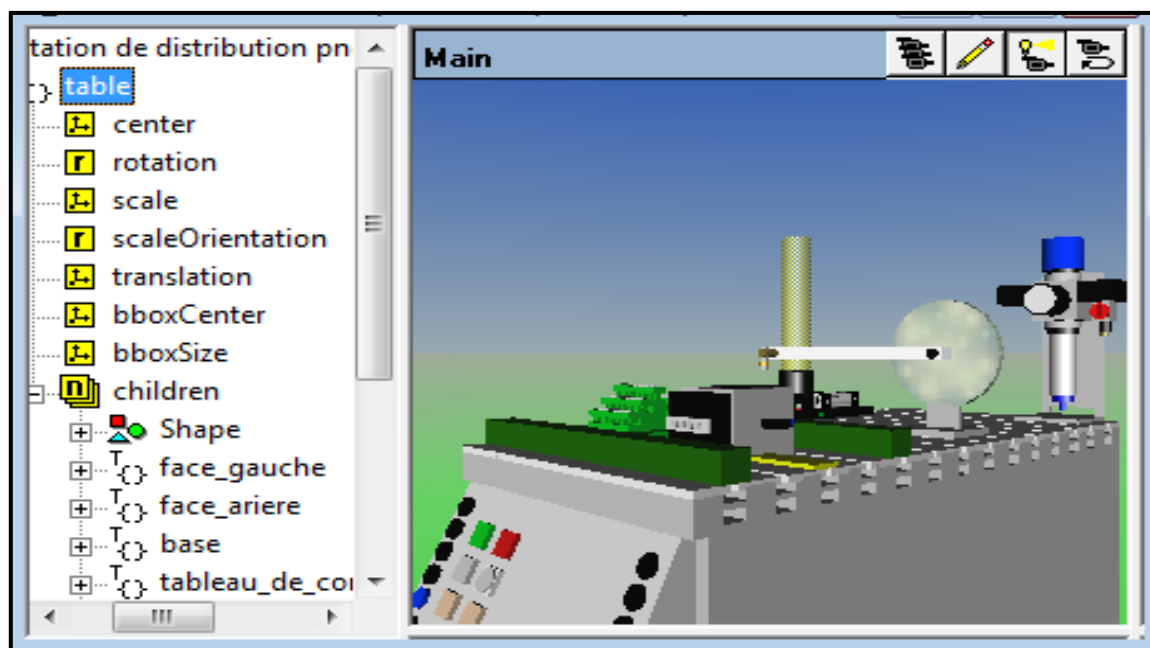


Figure III.1 Station de distribution.

### III.2.1.2 Les éléments principaux constituant la station de distribution

On trouve, les composants suivants :

- **Distributeur de mise sous pression avec filtre-régulateur de pression** : Il se compose d'un filtre-régulateur avec manomètre, distributeur de mise sous pression, un raccord enfichable et un coupleur, monté sur un support orientable.

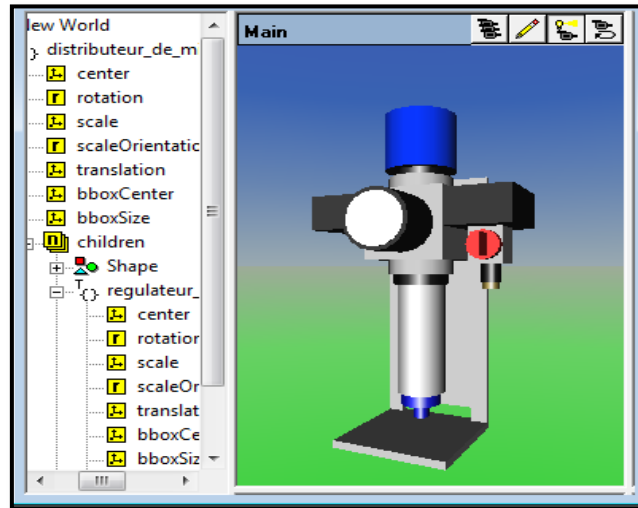


Figure III.2 Distributeur avec régulateur et filtre.

- **Module chargeur-empileur** : Le module chargeur-empileur sépare les pièces d'un magasin. Un vérin à double effet repousse la pièce se trouvant au bas de magasin alimenté par gravité jusqu'en butée mécanique. La position du vérin est détectée par des capteurs inductifs.

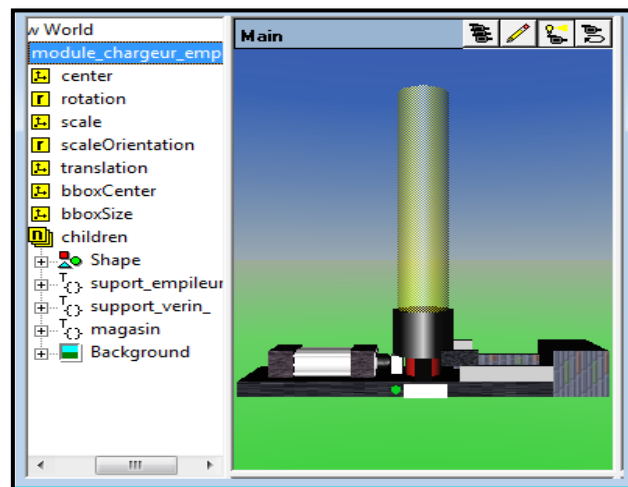
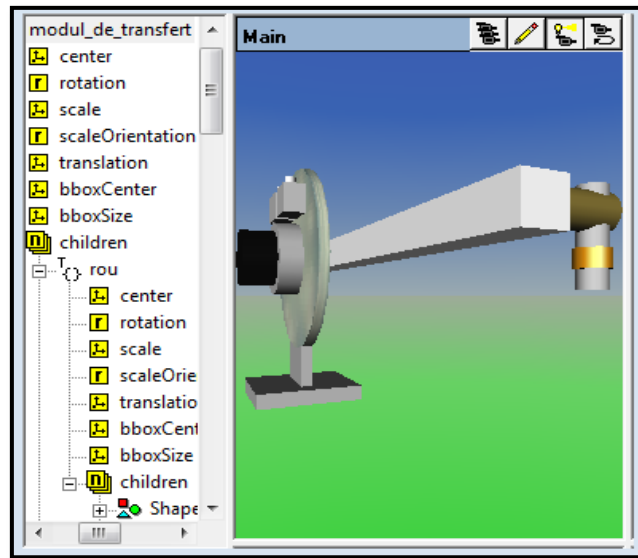


Figure III.3 Module chargeur et empileur.

- **Module de transfert :** Le module de transfert est un manipulateur pneumatique. Les pièces sont saisies par une ventouse et peuvent être déplacées sur un angle variable de 0 à 180 degrés par un vérin rotatif. La détection des fins de cours est assurée par des capteurs de fin de course.



**Figure III.4** Module de transfert.

- **Rôle du vérin rotatif :** Divers actionneurs sont mis en œuvre dans la station de distribution. Tous les actionneurs sont des composants industriels. Le vérin rotatif du bras pivotant peut être réglé à différents angles de pivotement compris entre 90 et 270 degrés. La détection de la fin de course s'effectue à l'aide de micro contacteurs. Au niveau du magasin à empilage un vérin à double effet éjecte les pièces. Les fins de course sont détectées sans contact par des capteurs (capteur à proximité).
- **Rôle de la pince spécifique (ventouse) :** La ventouse du module de transport saisit la pièce dans le magasin du chargeur. Elle est générée par le terminal du distributeur et surveillée par un pressostat.

### III.2.2 Station de contrôle

#### III.2.2.1 La fonction

La station de contrôle reconnaît les différentes propriétés des pièces insérées. A l'aide d'un capteur optique et d'un capteur capacitif, elle est capable de différencier les pièces. Une barrière photo-électrique surveille si la zone de travail est libre avant de procéder à l'élévation de la pièce à l'aide d'un vérin linéaire. Un capteur analogique détermine la hauteur de la pièce, un vérin linéaire achemine les pièces conformes vers la station voisine en empruntant la glissière à coussin d'air supérieure. Les pièces non conformes sont rebutées via la glissière à coussin d'air inférieure.

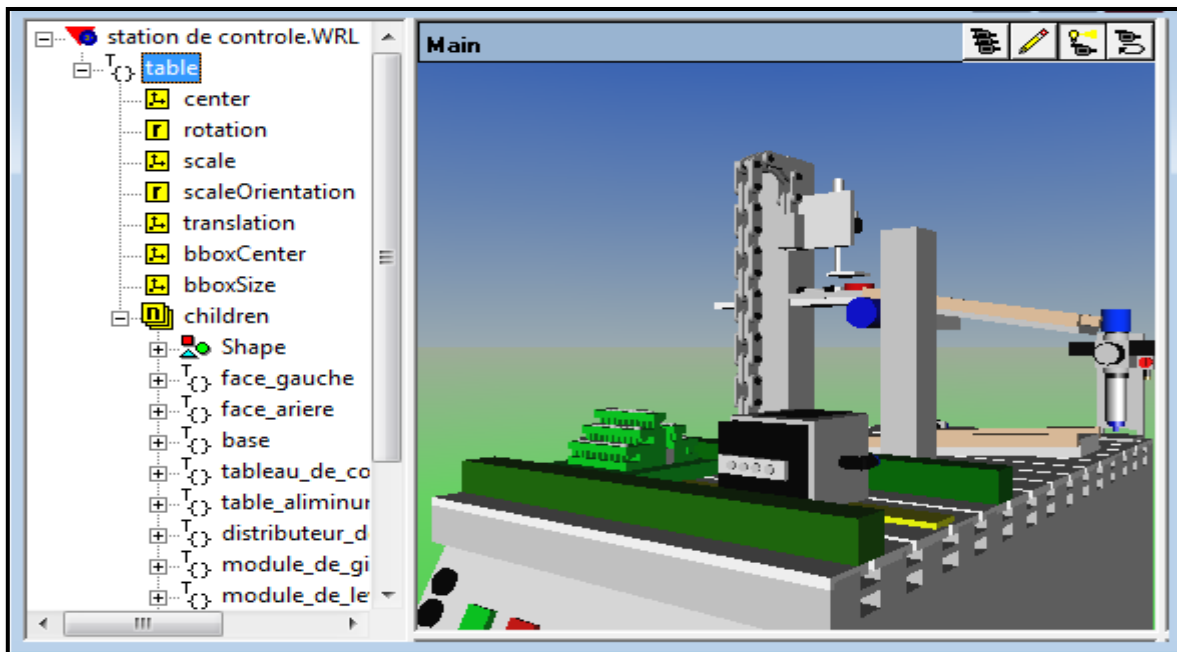


Figure III.5 Station de contrôle.

#### III.2.2.2 Les éléments principaux constituant la station de contrôle

- **Module de détection** : Le module de détection se compose de deux capteurs différents et d'une équerre de fixation.

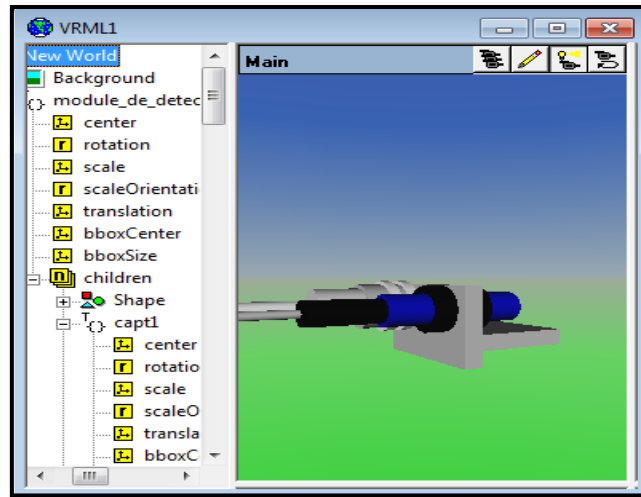


Figure III.6 Module de détection.

- **Module de levage :** Le module de levage permet de lever une pièce au moyen d'un vérin sans tige à piston. Dans cette position, la pièce peut faire l'objet d'un contrôle à l'aide du module de mesure. Elle est ensuite éjectée par un second vérin.

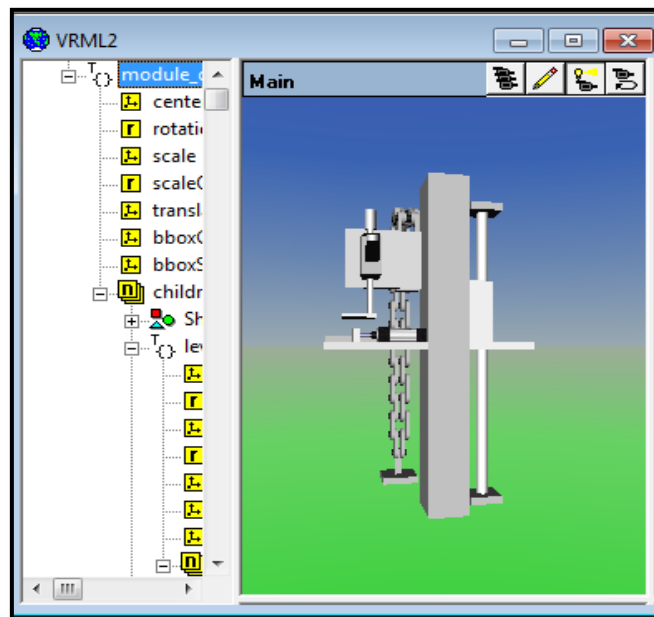


Figure III.7 Module de levage.

- **Module de mesure :** Le module de mesure permet de mesurer la hauteur d'une pièce à l'aide d'un palpeur de course linéaire. Il se fixe directement sur le module de levage. Le palpeur de course linéaire est relié à un comparateur. Le comparateur permet une exploitation aisée du signal de mesure.



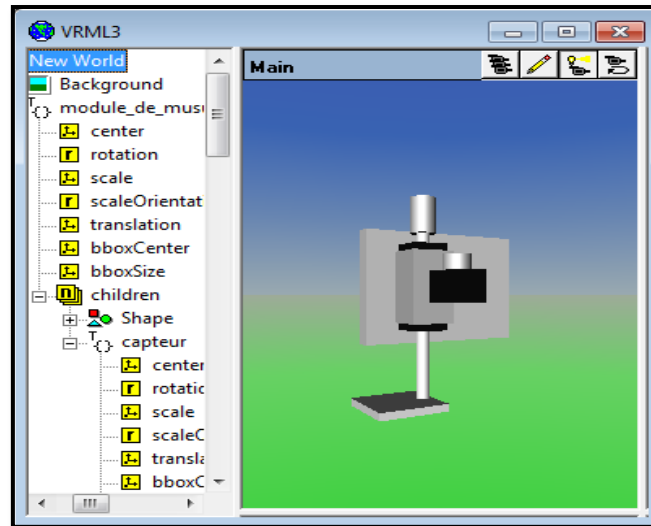


Figure III.8 Module de mesure.

- **Module de glissière pneumatique :** La glissière est fixée sur un profilé universel. Ses propriétés s'adaptent à l'aide d'un limiteur de débit situé sous la glissière.

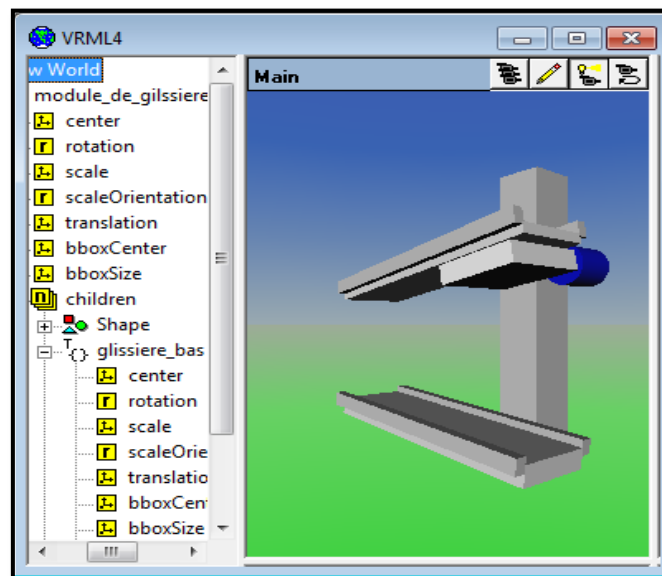


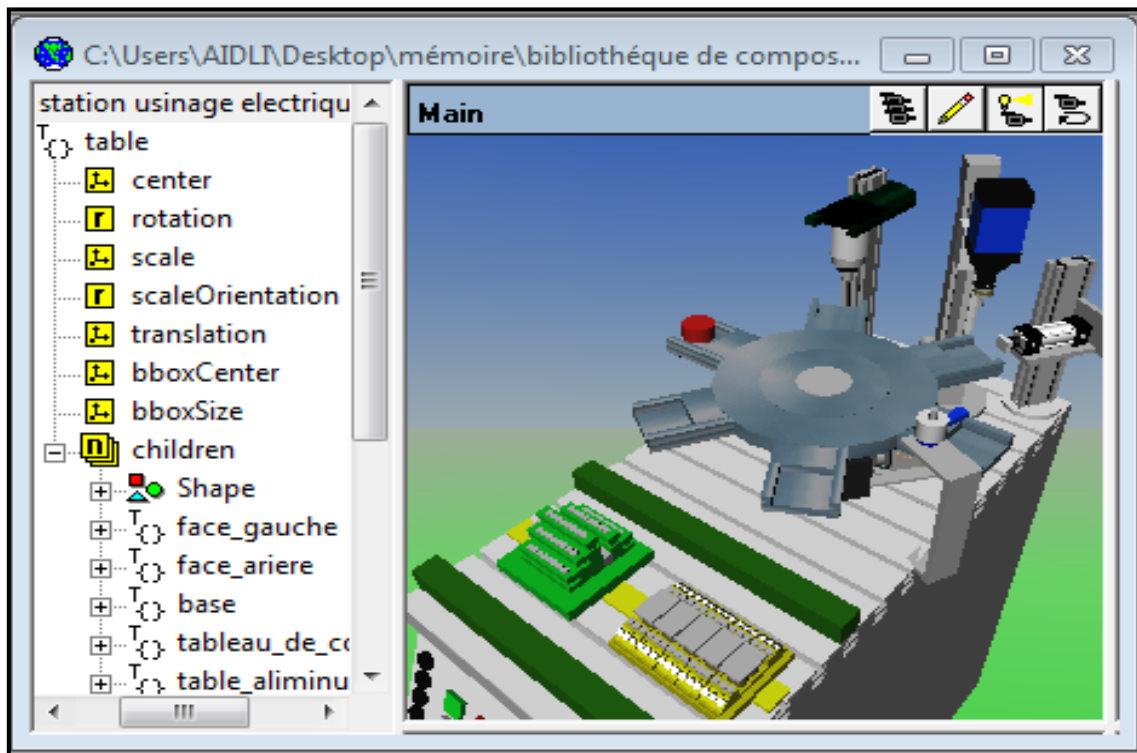
Figure III.9 Module de glissière pneumatique

- **Rôle des capteurs :** La station de contrôle réunit toutes les formes de base des capteurs industriels : détecteur de proximité optiques et capacitifs et barrière photo électrique. S'y ajoutant différents détecteurs de fin de course (inductifs, magnétiques) pour les vérins. Un capteur analogique détecte la hauteur de la pièce, amène en contact le dispositif de mesure par le vérin linéaire. Un comparateur analyse le signal du capteur et le transmet sous forme d'information numérique.

### III.2.3 Station d'usinage

#### III.2.3.1 La fonction

Dans la station d'usinage, il est procédé au contrôle et à l'usinage des pièces sur un plateau à indexation. La station utilise exclusivement des actionneurs électriques. Le plateau à indexation est commandé par un moteur à courant continu. Le positionnement du plateau à indexation s'effectue au moyen d'un circuit à relais, la position du plateau à indexation est détectée par un capteur inductif. Sur le plateau à indexation, les opérations de contrôle et de perçage des pièces sont réalisées parallèlement. Un électro-aimant de levage avec détecteur inductif contrôle si les pièces ont été insérées dans la bonne position. Pour le perçage, le serrage de la pièce est assuré par un électro-aimant de levage. Les pièces finies sont acheminées au poste suivant par un dispositif électrique de dérivation.



**Figure III.10** Station d'usinage.

La station permet de s'exercer à la programmation de deux processus se déroulant en parallèle : perçage et vérification du perçage. Cette station permet de se familiariser avec toute une série d'actionneurs différents :

- perceuse à courant continu,
- moteur à courant continu du plateau à indexation,

- axe linéaire électrique pour l'avance du vérin,
- dérivation électrique,
- électro-aimant de levage dans le dispositif de serrage et dans le module de contrôle.

**Remarque :** L'avance de la perceuse est assurée par un axe linéaire électrique à moteur à courant continu piloté par un contacteur-inverseur. La détection des fins de course s'effectue à l'aide de micro contacteurs.

### III.2.3.2 Les éléments principaux constituant la station d'usinage

- **Module de contrôle :** Le module de contrôle se compose d'un électro-aimant de levage doté d'un capteur inductif pour la détection. Le module peut s'utiliser pour la vérification des pièces : simple vérification d'un perçage, d'une hauteur de la position d'une pièce.

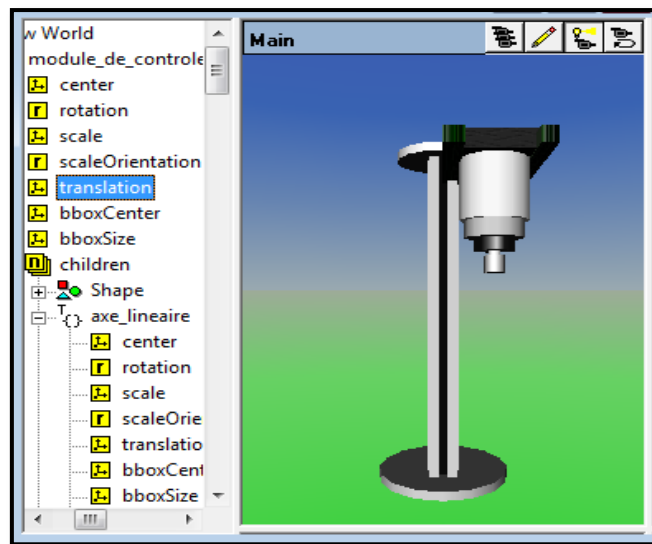


Figure III.11 Module de contrôle.

- **Module de perçage :** Le module de perçage est constitué d'une perceuse fixée sur un axe linéaire. L'axe linéaire est entraîné par un moteur à courant continu. Les fins de cours de l'axe linéaire sont détectées par des micros contacteurs.

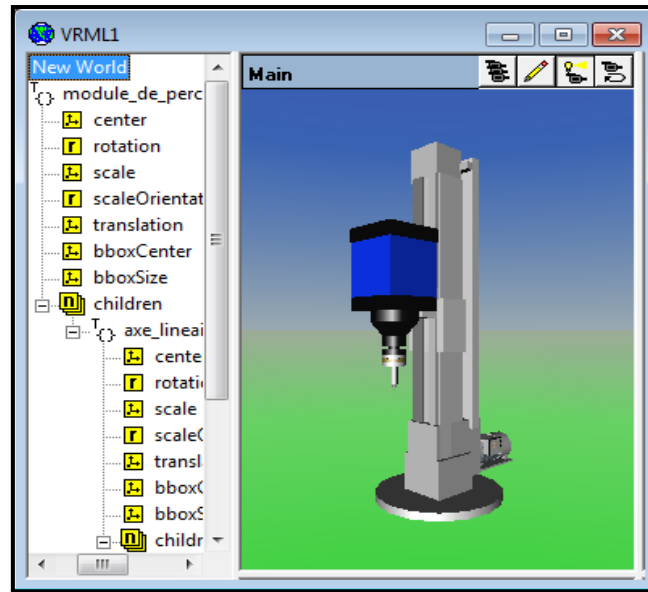


Figure III.12 Module de perçage.

- **Module de plateau à indexation** : Le plateau à indexation permet de positionner six pièces. L'entraînement est assuré par un motoréducteur à courant continu.

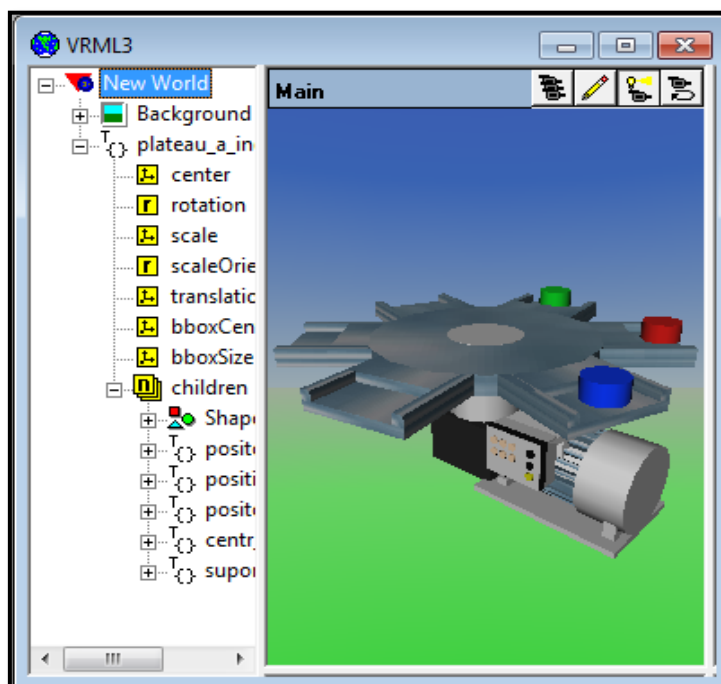
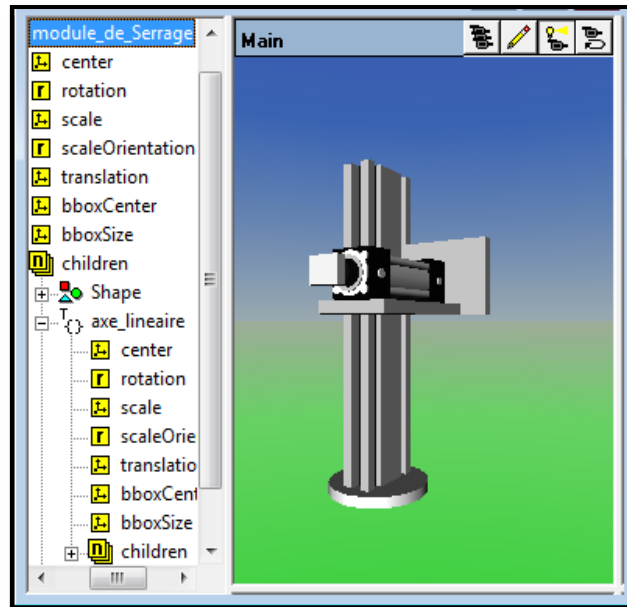


Figure III.13 Module de plateau à indexation.

- **Module de serrage/éjection** : Le montage est sur une plaque profilée. L'entraînement est assuré par un électro-aimant de levage.

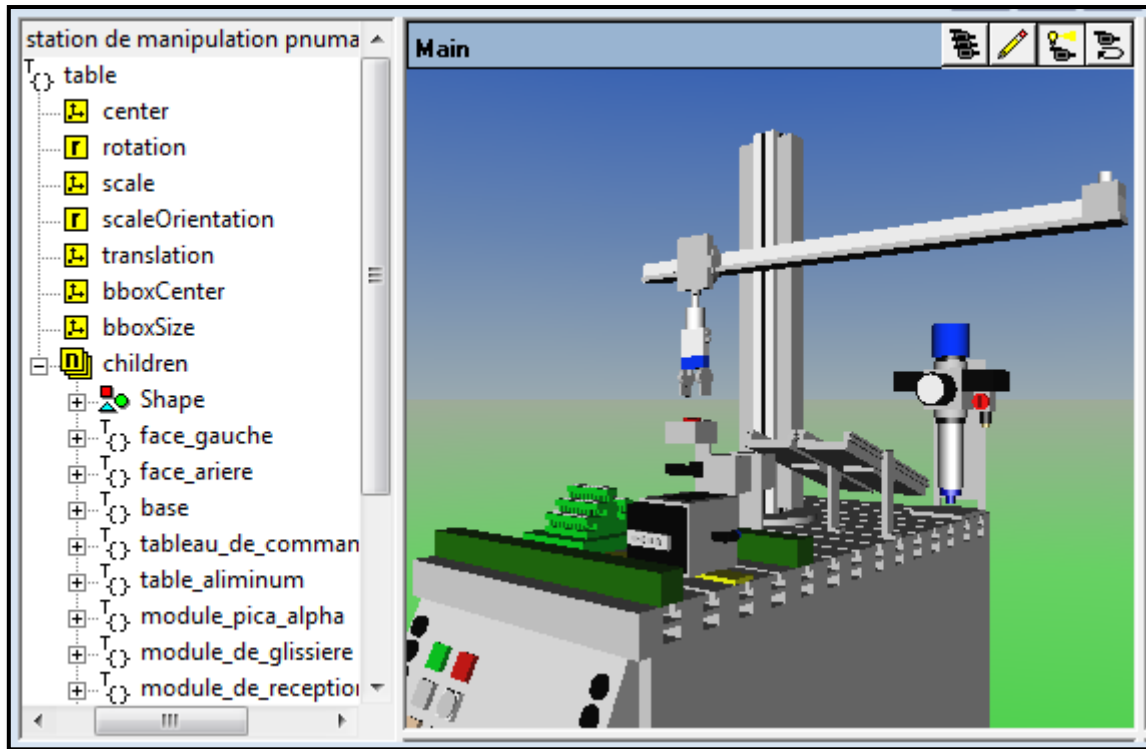


**Figure III.14** Module de serrage.

### III.2.4 Station de manipulation pneumatique

#### III.2.4.1 La fonction

La station est équipée d'un système de manipulation flexible à deux axes. Les pièces insérées sont détectées dans le réceptacle par une barrière photo-électrique. Le manipulateur y prélève les pièces à l'aide d'une pince pneumatique. Un capteur optique équipe la pince, le capteur distingue les pièces noires et les pièces non noires. Les pièces sont alors acheminées, en fonction de ces critères, vers des glissières distinctes. D'autres critères de tri peuvent être définis en cas de combinaison de la station avec d'autres stations. Les pièces peuvent également être transférées à une station en aval.



**Figure III.15** Station de manipulation pneumatique.

La station de manipulation pneumatique, fait appelle au même composants que ceux utilisé dans l'industrie. Un axe linéaire pneumatique avec réglage des fins de course et amortissement flexibles permet un positionnement rapide y compris sur des positions intermédiaires. Le vérin de levage de l'axe Z est un vérin linéaire plat à détection de fins de course. Le vérin de levage est équipé d'une pince linéaire pneumatique. Le capteur dans la mâchoire de la pince détecte les pièces.

**Remarque :** Le module de saisie et placement (pick and place), pneumatique, est d'une souplesse extraordinaire : il est possible de réglé la course, l'inclinaison des axes, la disposition des capteurs de fins de course de la position de montage.

### III.2.4.2 Les éléments principaux constituant la station de manipulation

- **Module de saisie et placement :** Manipulation universel à deux axes pour opérations de pick et place. Course, inclinaison des axes, disposition des capteurs de fin de cours et la position du montage sont réglables.

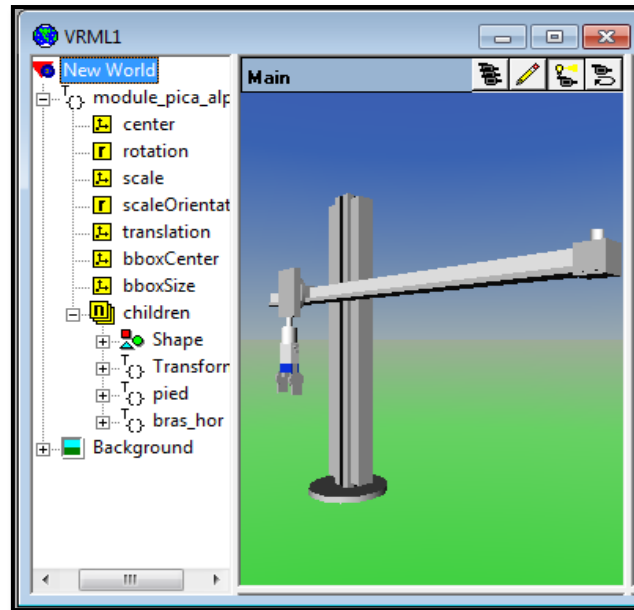


Figure III.16 Module de saisie et placement

- **Module de réception :** Le réceptacle est constitué par un support complet, pour montage sur une plaque profilée.

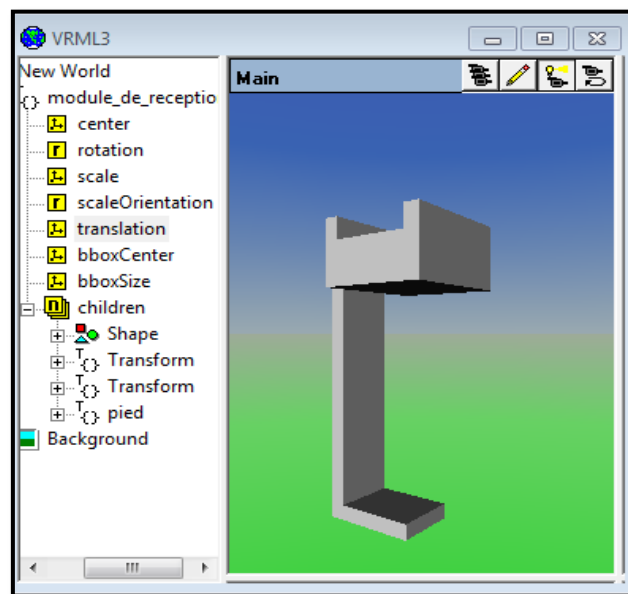


Figure III.17 Module de réception.

- **Détecteur à réflexion :** Le détecteur à réflexion à fibre optique peut se monter directement dans le module de réception, à l'extrémité d'une glissière ou sur une pince.

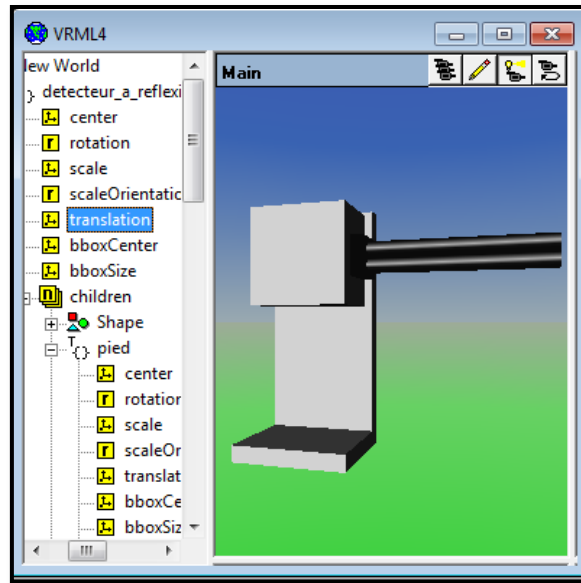


Figure III.18 Détecteur à réflexion.

- **Module de glissière :** La glissière est complète avec le support du montage sur la plaque profilée.

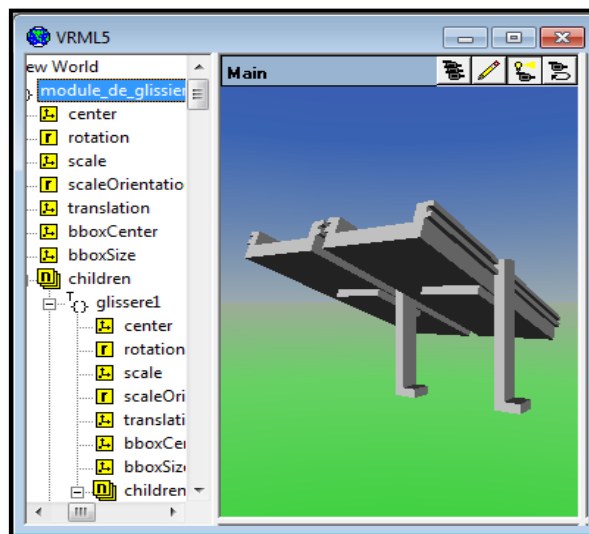


Figure III.19 Module de glissière.



### III.2.5 Station de robotique

#### III.2.5.1 La fonction

La station de robotique peut acheminer, à la réception de l'assemblage, des pièces alimentées via une glissière. Grâce au capteur équipant la pince, le robot différencie les pièces à leur couleur (noires /non noires). Le capteur de la réception de la station d'assemblage surveille l'orientation de la pièce. Depuis le cadre de la réception, le robot trie les pièces dans différents magasins ou les transmet à une station en aval. En combinaison avec la station d'assemblage, il permet également de procéder à l'assemblage des pièces.

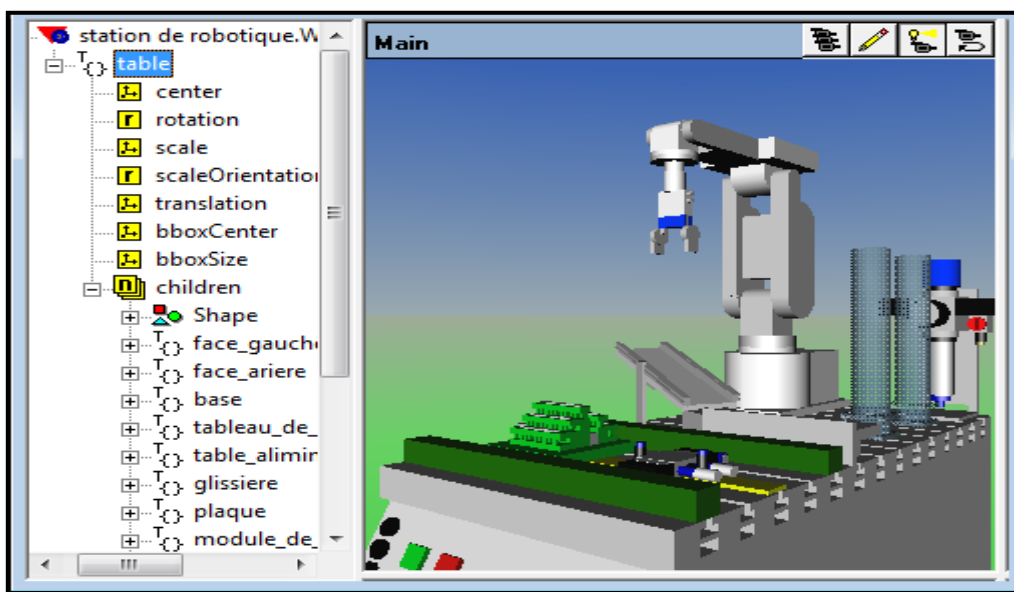


Figure III.20 Station de robotique.

#### III.2.5.2 Les éléments principaux constituant la station de robotique

- **Module de réception de la station d'assemblage :** Le réceptacle comporte deux positions. La position supérieure permet la réception des pièces indépendamment de leurs orientations. La position inférieure comporte une goupille d'arrêt. Les pièces (corps de vérin) doivent y être orientées correctement.

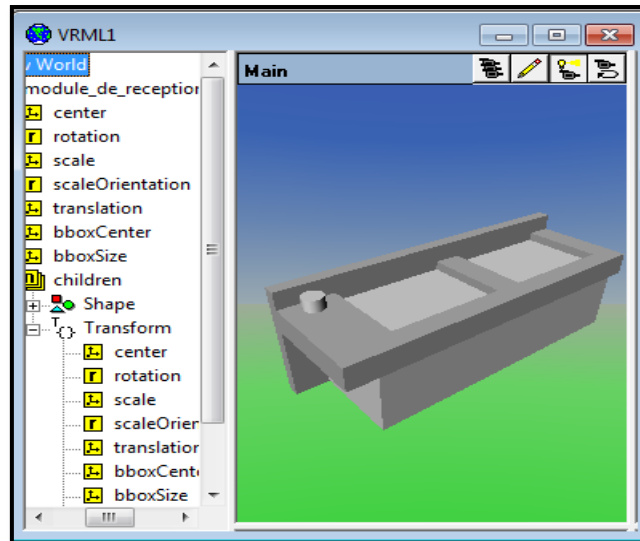


Figure III.21 Module de réception.

- **Pince pneumatique** : C'est une pince pneumatique à serrage parallèle pour montage sur le bras du robot.

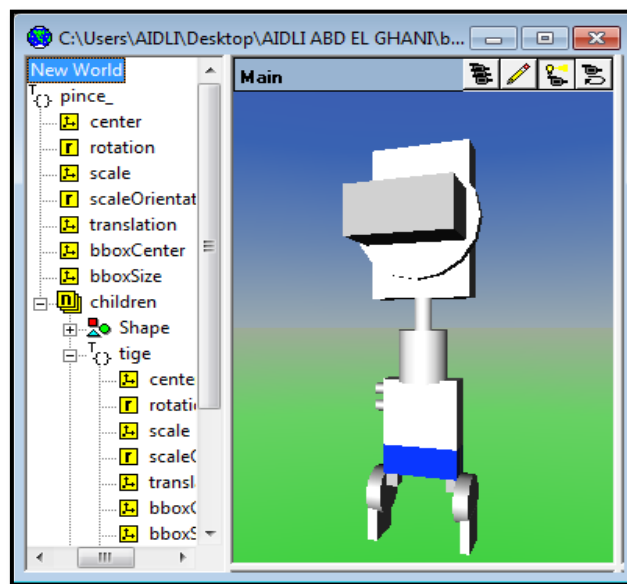


Figure III.22 Pince.

- **Module de glissière** : La glissière est complète avec le support du montage sur la plaque profilée.

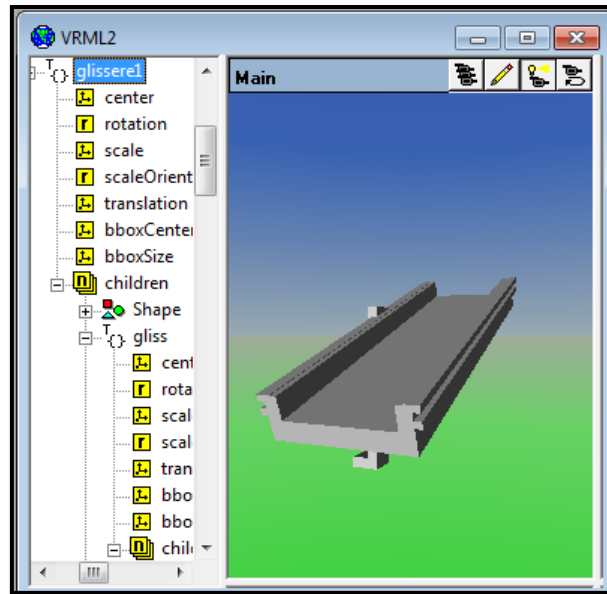


Figure III.23 Module de glissière.

- **Robot** : C'est un robot à six axes à bras coudé, hautement précis, à liberté de mouvement étendue pour minimiser les temps de cycle. La pince peut prélever divers pièces (corps, pistons, ressorts, culasses) et les assembler.

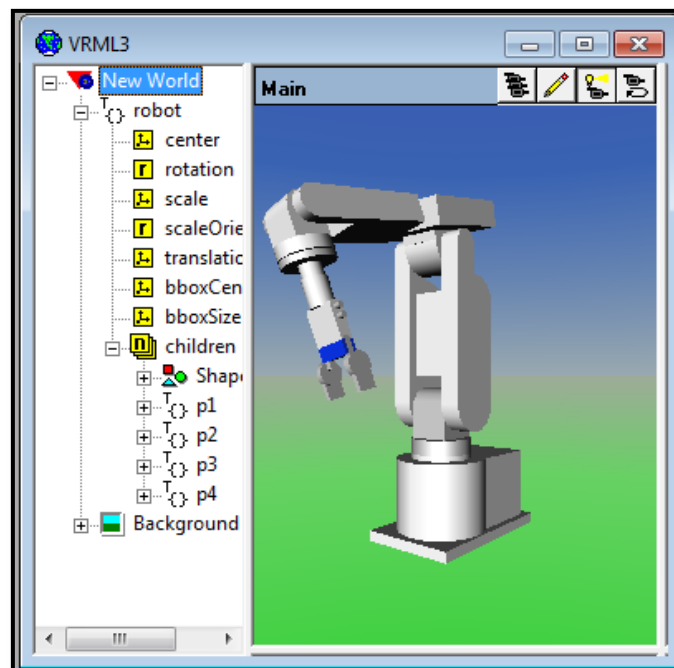
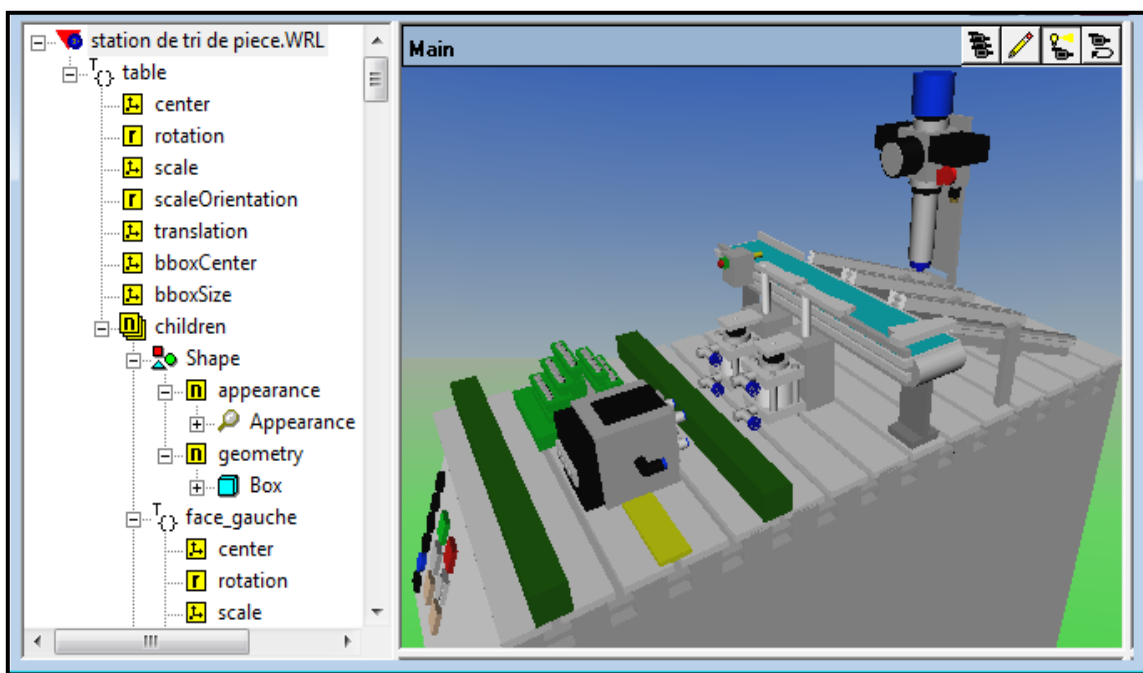


Figure III.24 Robot.

### III.2.6 Station de tri de pièce

#### III.2.6.1 La fonction

Cette station procède au tri de pièces dans trois glissières. Les pièces insérées au début de la bande sont détectées à l'aide d'un capteur à réflexion. Des capteurs installés en aval du barrage détectent les propriétés de la pièce (noire, rouge, métallique). Le tri des pièces et leur acheminement aux glissières respectives sont assurés par des séparateurs manœuvrés par des vérins à faible course via un mécanisme d'inversion. Une barrière photo-électrique surveille le niveau de remplissage des glissières.



**Figure III.25** Station de tri.

**Remarque :** La détection des pièces par des capteurs inductifs et optiques détectent leurs propriétés (couleur et matière). Des vérins à faibles courses arrêtent les pièces sur la bande convoyeuse en mouvement et les dirigent en vue du tri, vers l'une des trois glissières.

Tous les modules et composants utilisés dans cette station proviennent de l'ensemble modulaire de projet (convoyeur), par exemple :

- dérivation avec vérin à faible course.
- capteurs.
- rails de sécurité.

- moteur de convoyeur.

### III.2.6.2 Les éléments principaux constituant la station de tri

- **Module de dérivation pneumatique :** Il peut être monté sur un convoyeur complet avec un vérin à faible course et à double effet, deux capteurs de détection de fin de cours et matériel de fixation.

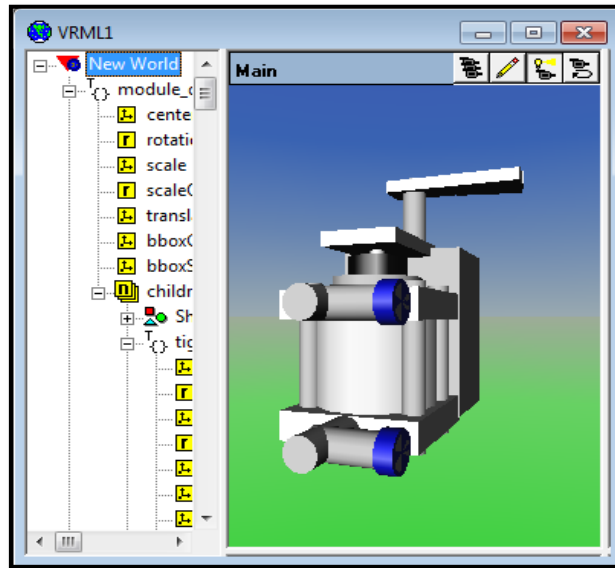


Figure III.26 Module de dérivation pneumatique.

- **Module de barrage :** Il est monté sur un rail de sécurité (convoyeur ou glissière) avec un vérin à faible course et à simple effet et d'autre matériel de fixation.

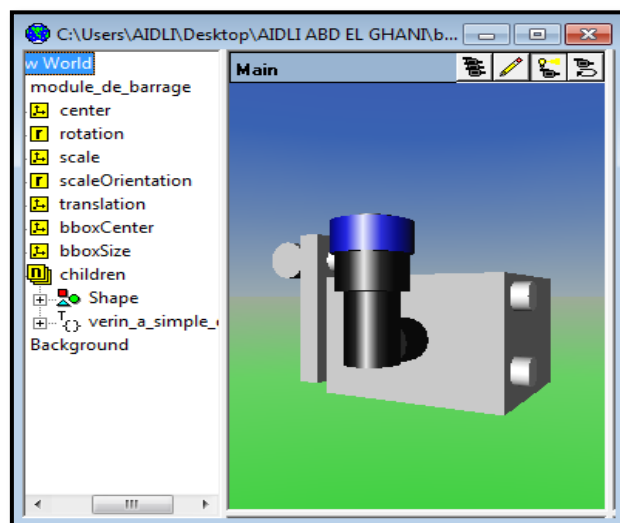


Figure III.27 Module de barrage.

- **Barrière à réflexion** : Le capteur optique et le réflecteur sont complets, avec les équerres de fixation sur un profilé ou une plaque profilée.

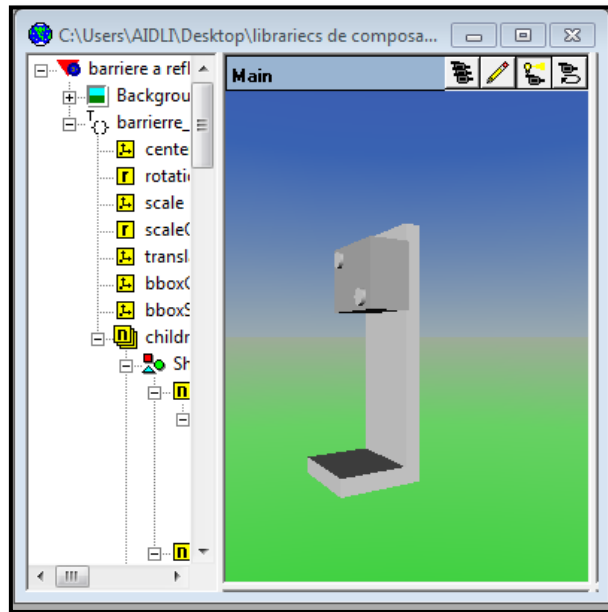


Figure III.28 Barrière à réflexion.

- **Capteur inductif** : Le capteur inductif est complet avec support de fixation sur le rail de sécurité du convoyeur ou d'une glissière.

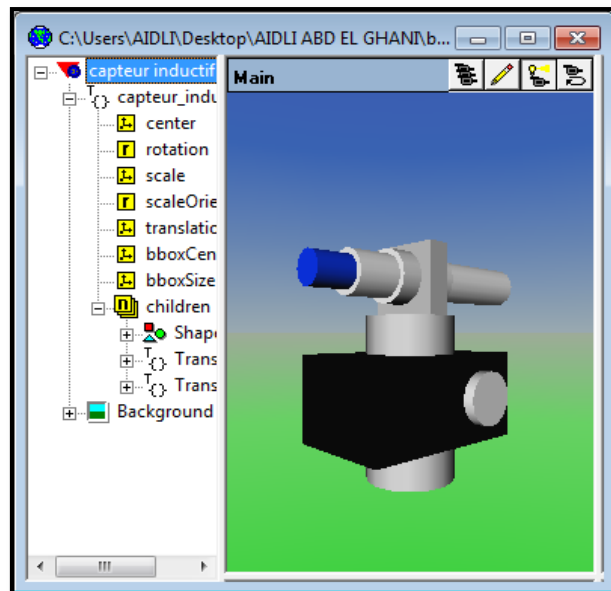


Figure III.29 Capteur inductif.

### III.3 Réalisation de la table

Pour réaliser les différentes stations, d'abord on a réalisé une table standard sur laquelle on a placé les différents composants constituant chacune. Elle peut être déplacé et tourner dans tous les sens, elle est constituée d'un ensemble de composants suivants :

- **Chariot** : Le chariot s'utilise pour transformer une station en une unité mobile et compacte. La station se monte sur le chariot. Des trous appropriés sur les côtes et la paroi arrière permettant un câblage ordonné. La façade est équipée pour recevoir le pupitre de commande (hauteur : 750 mm, largeur : 350 mm, profondeur : 700 mm).

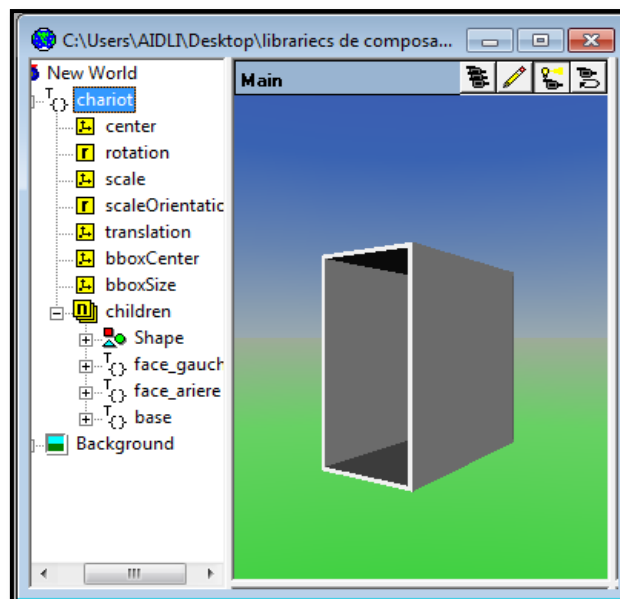


Figure III.30 Chariot.

- **Plaque profilé** : La plaque profilée en aluminium sert à l'assemblage de toute les stations des gorges sont prévus des deux côtés. Le montage des composants peut s'effectuant des deux côtés. La plaque s'adapte au chariot (pas de fixation : 5 mm, largeur: 350 mm, longueur : 700 mm).

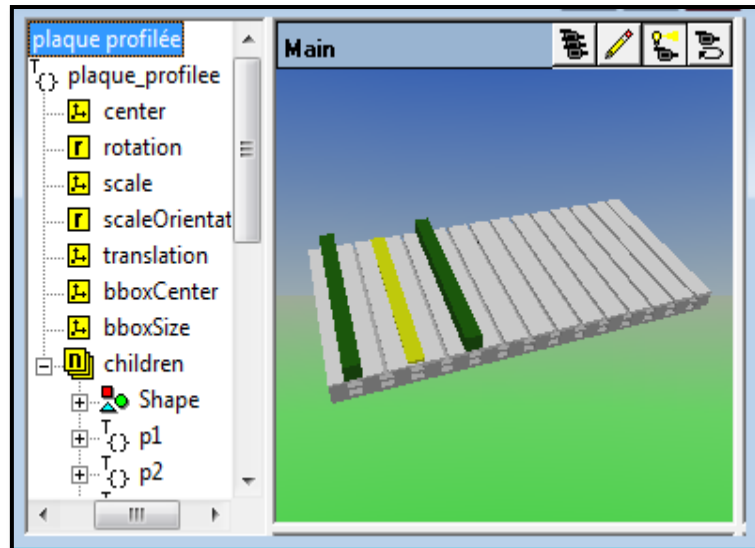


Figure III.31 Plaque profilée.

- **Tableau de contrôle et de commande :** Le pupitre de commande permet de commander la station pour un bon fonctionnement des machines.

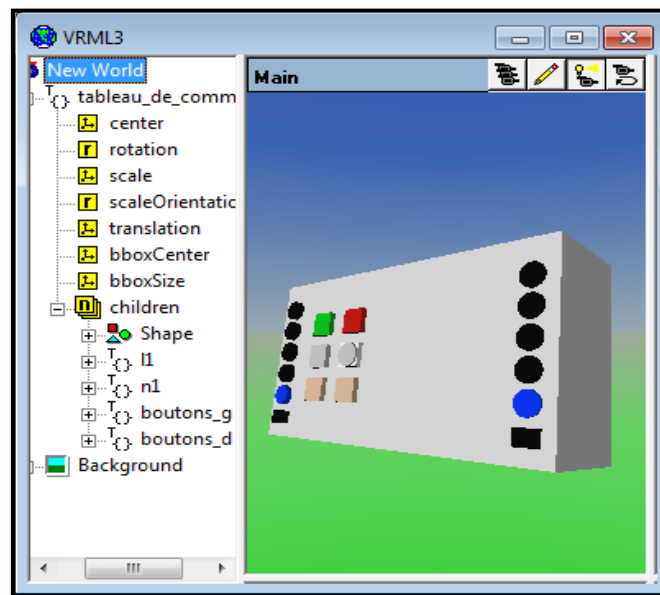


Figure III.32 Tableau de contrôle et de commande.

- **API :** Il permet d'accéder à la technique de la programmation de chaque station.



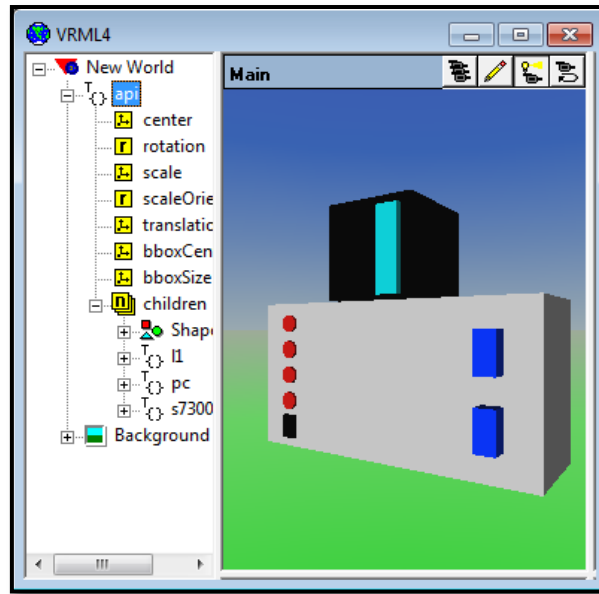


Figure III.33 API.

- Une fois, ses composants réalisés on les assemble pour avoir la table finale.

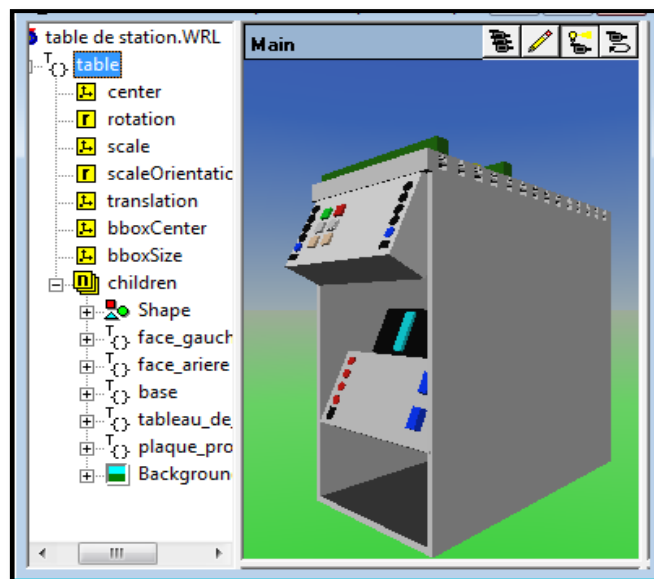


Figure III.34 Table de station.

### III.4 Combinaison des stations

Après avoir réalisé toutes les stations, le cahier des charges offre de nombreuses possibilités de combinaison directe des différentes stations afin d'avoir une chaîne de production automatisée.

### III.4 1 Possibilités de combinaison de stations

Le tableau III.1 montre les différentes possibilités de combinaison entre les stations réalisées.

station	contrôle	usinage	manipulation	robotique	tri
distribution	✓	✓			
contrôle		✓	✓	✓	✓
usinage			✓	✓	✓
Manipulation			✓		✓
tri	✓	✓	✓	✓	
robotique					✓

**Tableau III.1** Possibilité de combinaison.

### III.4.2 Combinaison entre deux stations (station de distribution et station de tri)

Le module de magasinage à empilage sépare les pièces. Le module de transport amène chaque pièce sur le convoyeur de tri au moyen de sa ventouse. Des capteurs optiques et indicatifs discriminent les pièces en fonction de leurs matières et de leurs couleurs. Les pièces sont réparties sur trois glissières par des aiguillages pneumatiques.

La station ne peut transférer les pièces à la station suivante qui celle-ci est prête à on poursuivre le traitement, dans cette chaine le signal de départ provient des capteurs optiques.

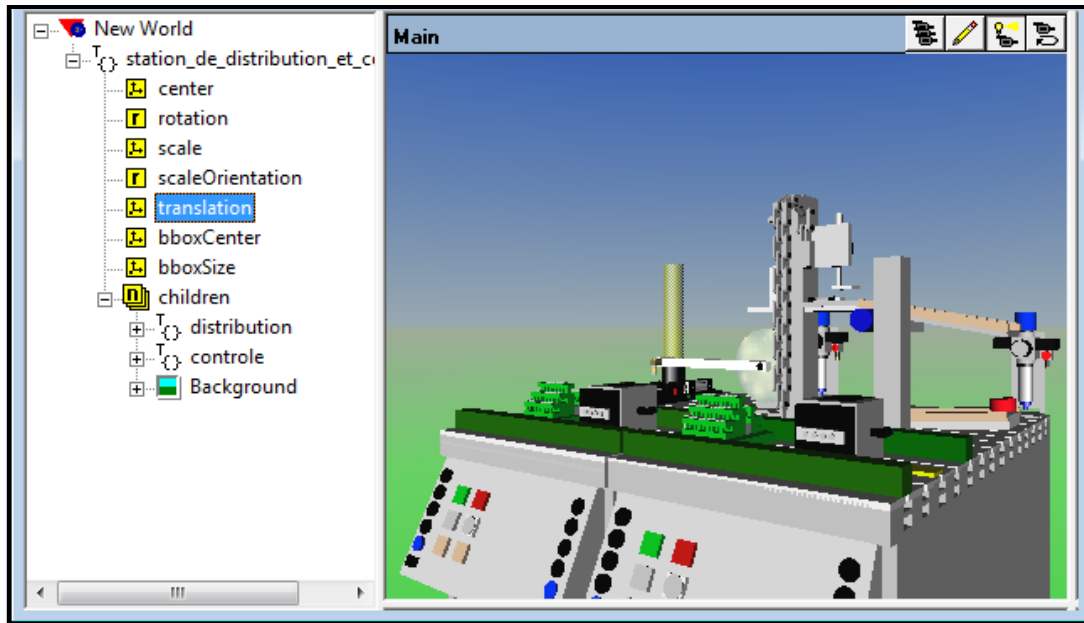


Figure III.35 Assemblage de tri et distribution.

### III.4.2.2 Combinaison entre trois stations (distribution, contrôle et tri).

La station de distribution sépare les pièces d'un magasin à empilage et les transferts à la station de contrôle. La station de control vérifie la hauteur des pièces les répartit sur les trois glissières en fonction de leurs matières et de leurs couleurs.

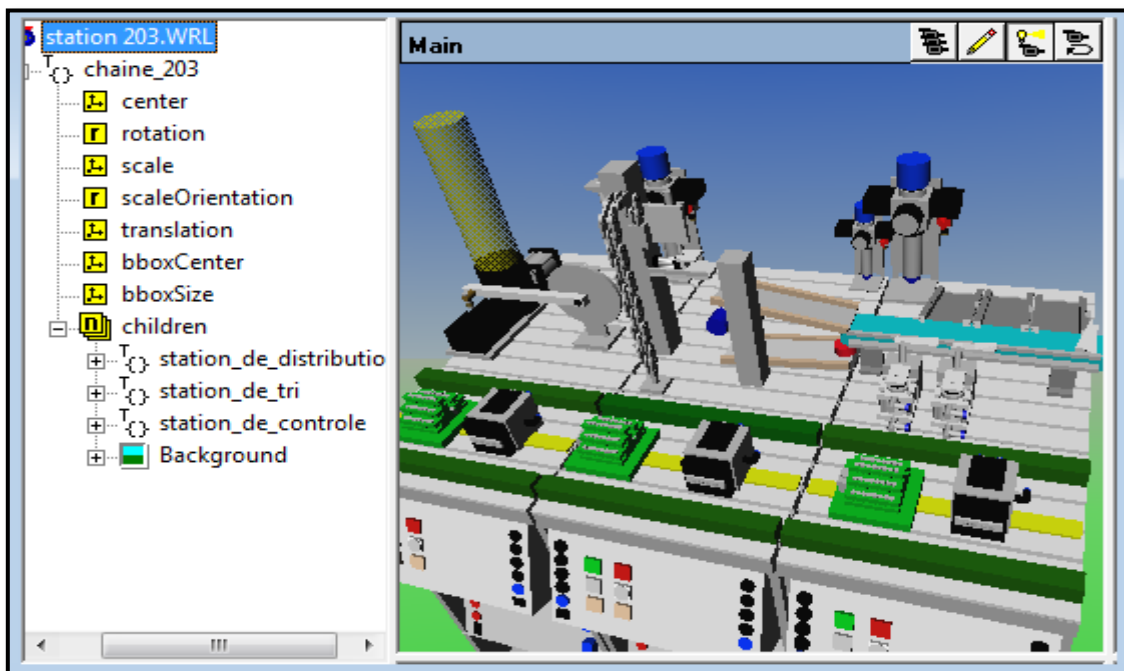


Figure III.36 Assemblage de stations de distribution, contrôle et tri.

### III.4.2.3 Assemblage entre stations de distribution, contrôle, usinage, manipulation, tri et de robotique.

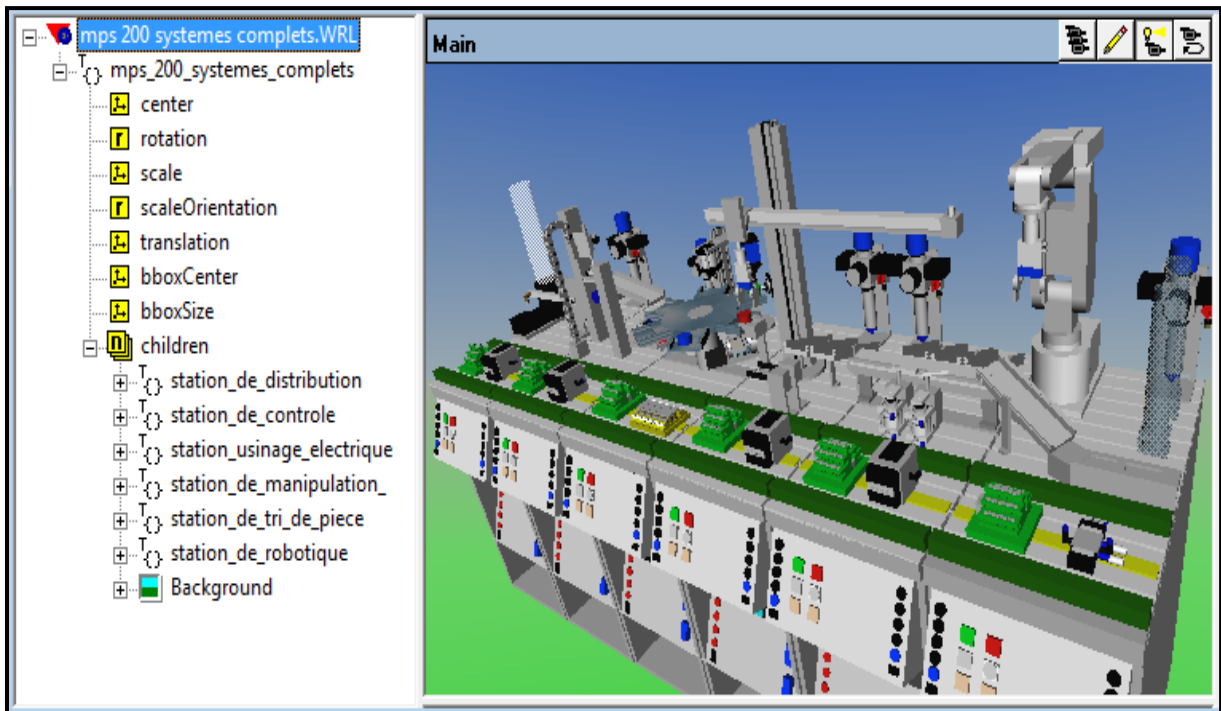


Figure III.37 Système complet.

### III.5 Conclusion

Dans ce chapitre on a montré les différentes stations réalisées (six station) à partir des différents composants et modules déjà réalisées dans la bibliothèque de composants, ainsi le fonctionnement de chaque station et le rôle de chaque composant et module constituant de chacun. Ensuite on à procéder aux différentes possibilités de combinaison entre ces stations pour réaliser une chaîne de production automatisée.

### IV.1 Introduction

Pour la simulation des maquettes virtuelles d'une chaîne de production automatisée sous matlab on associer pour chaque station un model Simulink. On utilisant La Virtuelle Réalité Toolbox et pour la visualisation des simulations des systèmes dynamiques dans un environnement 3D on utilisant Simulink 3D Animation, cette fonction inclus une visionneuse qui nous permet de visualisé et d'observer le comportement dynamique de chaque système, en change la position, la rotation, la taille et d'autre propriétés dans le monde virtuelle [9].

Les stations réalisées ont des fonctions précises, chaque station réalise un certain nombre de tâches. Afin d'accomplir une suite d'opérations et de respecter les séquences des actions, on doit respecter le grafcet de chaque station. Chaque grafcet correspond au fonctionnement d'une station. Il a pour but de commander le processus on respectant le cahier des charges de la chaîne de production.

Chaque station est un système qui se compose de trois parties. La partie commande réalisée par un API. La partie dynamique qui se caractérise par l'ensemble d'équations modélisant la station. Cette partie génère les mouvements des éléments de la station. La partie visualisation présente l'animation en 3D de la station [10].

Pour la simulation on prend quatre exemples d'applications de quatre stations différentes. Et on termine par la présentation d'une chaîne de production comportant quatre stations.

### IV.2 Simulation des stations

Pour commander un système dynamique à partir du Simulink, on lui associé un modèle (des équations qui permettent de d'écrire le processus et l'enchaînement des actions). Chaque action est associée à un mouvement donné. Donc, en se basent sur l'ensemble des mouvements du chaque système, on inclue des programmes sous forme d'un API qui commande le processus physique du système.

L'API sous Matlab se présente sous forme de trois parties : scrutation des entrées, calcul des états et calcul des sorties. Les entrées sont délivrées par des capteurs et des boutons poussoirs. Les sorties sont les actions à réalisées par les composants mouvants. On relie les entrées, les états et les sorties par des équations logiques qui régissent les grafcets.

## Chapitre IV : Automatisation de la chaîne et simulation sous Matlab.

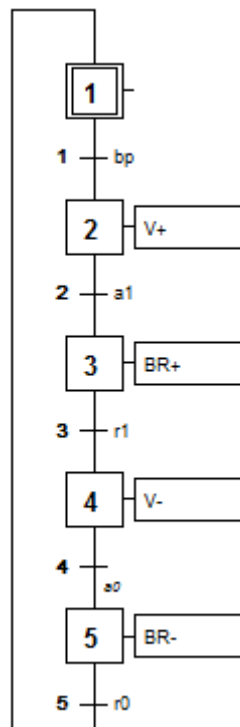
---

Par la suite, on relie l'API au modèle du système. La visualisation en 3D du système se fait par la visionneuse d'Animation Simulink 3D.

### IV.2.1 La station de distribution

#### IV.2.1.1 Le grafcet de la station

Le fonctionnement du cycle est commandé par un bouton poussoir, le système contient deux actionneurs ; un vérin linéaire à double effet et un vérin rotatif et quatre capteurs de proximité. Le grafcet suivant sert à commander cette station.



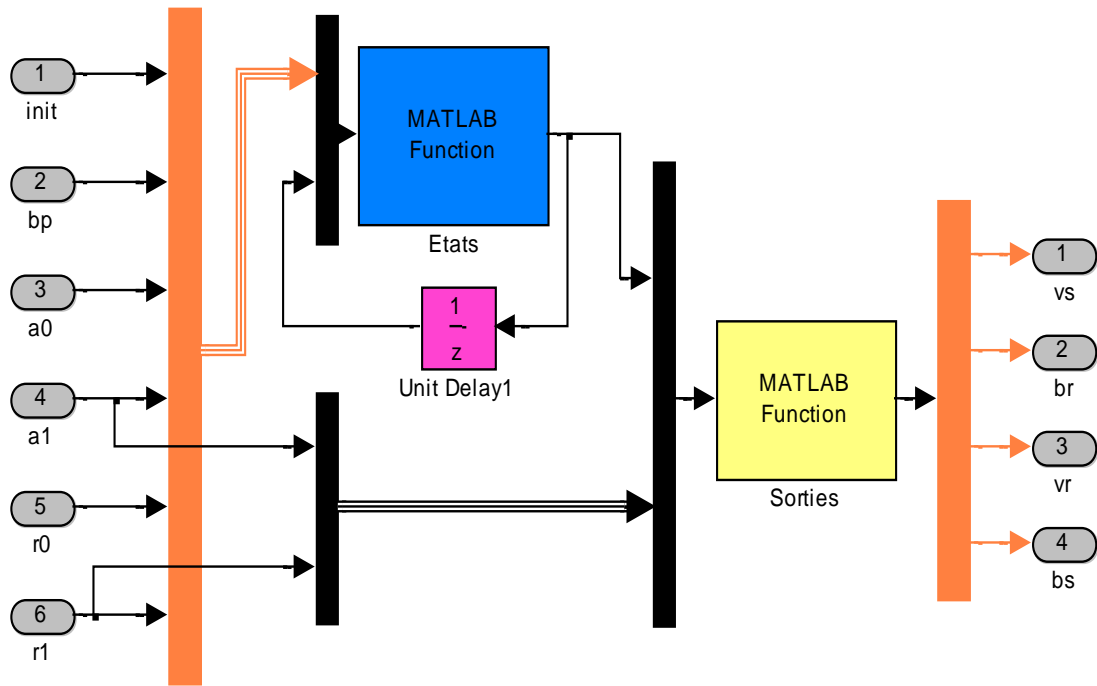
**Figure IV.1** Grafcet de la station de distribution.

#### IV.2.1.2 La simulation

Le schéma de simulation est composé de trois parties :

##### ➤ La partie commande

Cette partie permet de commander le processus par le grafcet de la station, ce dernier est traduit par un API programmé sous Matlab qui donne les ordres à la partie dynamique du système. La figure IV.2 présente le schéma Simulink de l'API utilisé.



**Figure IV.2** Schéma de commande (API).

### ➤ La partie dynamique

Cette partie elle permet de générer l'ensemble des mouvements du système en se basant sur son modèle dynamique. Le mouvement peut être une translation ou une rotation. Pour avoir le mouvement de chaque composant, on a utilisé un modèle dynamique simplifié comportant un gain et un intégrateur.

Pour les deux cas précédents des mouvements, si c'est le cas de la translation, il faut choisir le sens du mouvement (selon l'axe nécessaire) et si c'est le cas de la rotation, il faut désigner l'axe et l'angle de rotation.

La détection des positions des composants est réalisée par des capteurs. Ces capteurs indiquant la position initiale et finale de chaque élément mouvant. Les entrées du modèle dynamique sont les sorties de l'API (voir la figure IV.5).

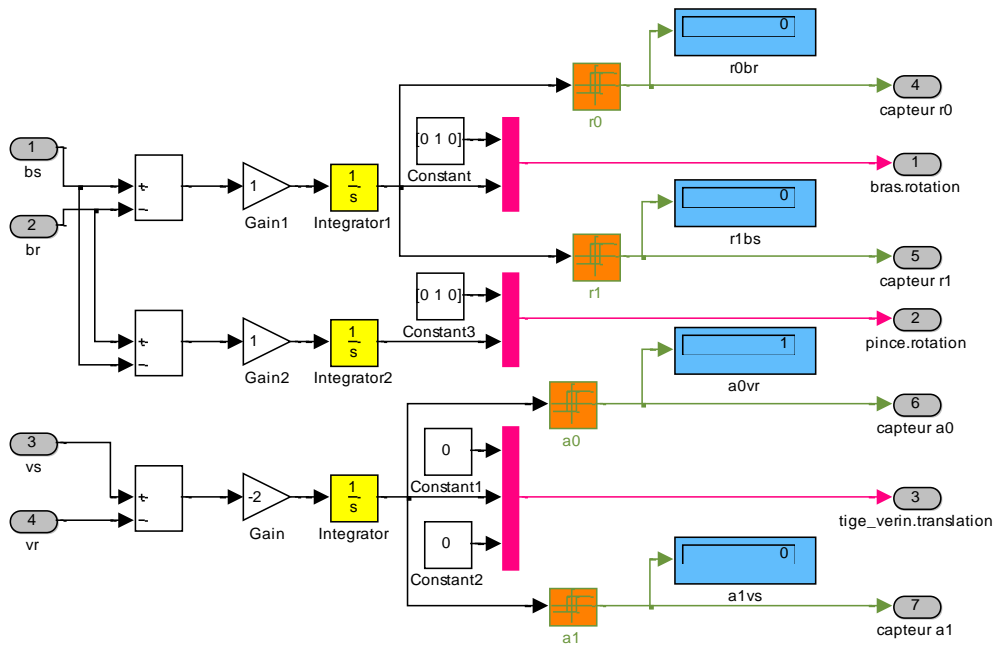


Figure IV.3 Schéma de la partie dynamique.

### ➤ La partie d'Animation

Pour visualiser le modèle de la station en 3D, on utilise le bloc 'VR Sink'. Dans ce bloc on fait appel au fichier correspond à la station et on sélectionne les composants mouvants et les types des mouvements nécessaires. Cette fonction nous permet à chaque fois de voir, modifier et charger les paramètres du système.

La figure ci-dessous nous montre les différents composants constituant la station de distribution et la manière par laquelle on peut sélectionner les composants mouvants.



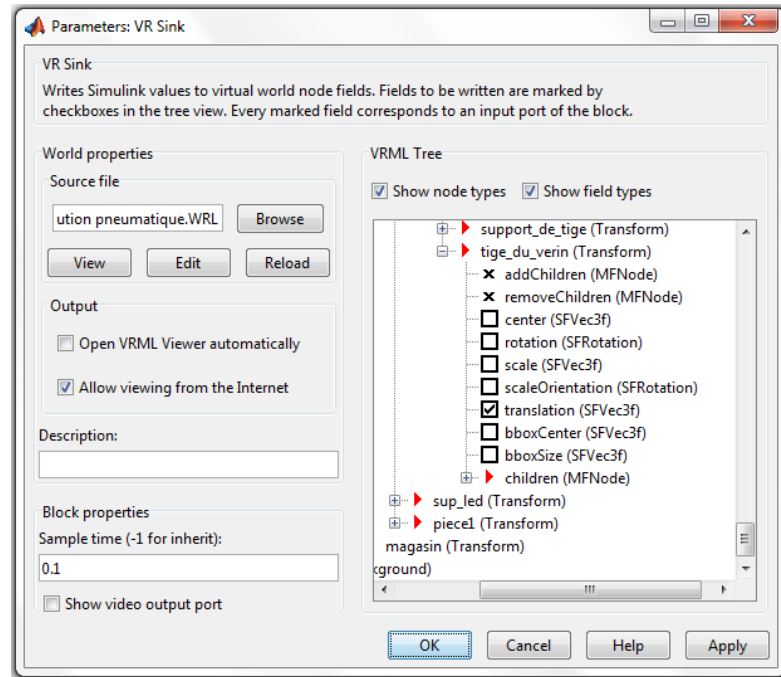


Figure IV.4 Les paramètres du système.

La partie d'Animation sert à visualiser le fonctionnement de la station dans un environnement à 3D. On peut voir l'enchaînement des tâches ainsi que les actions effectuées par chaque actionneur.

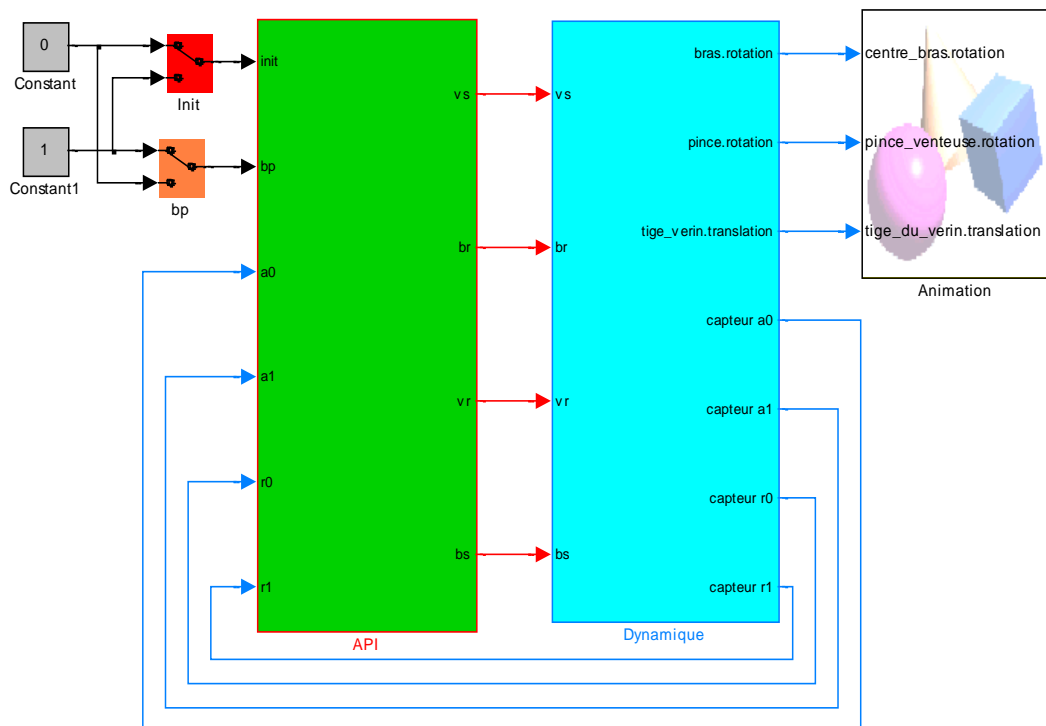


Figure IV.5 Schéma de simulation de la station de distribution.

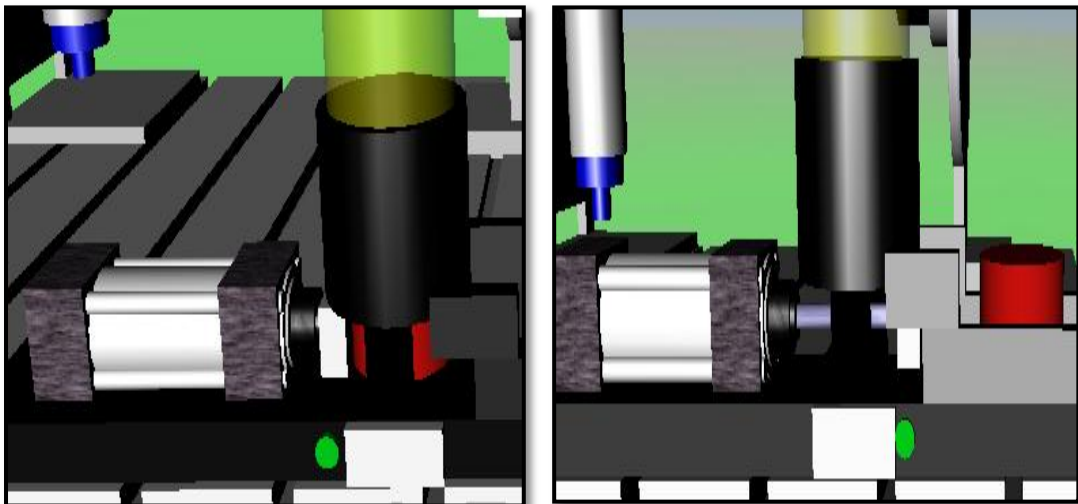
## Chapitre IV : Automatisation de la chaîne et simulation sous Matlab.

---

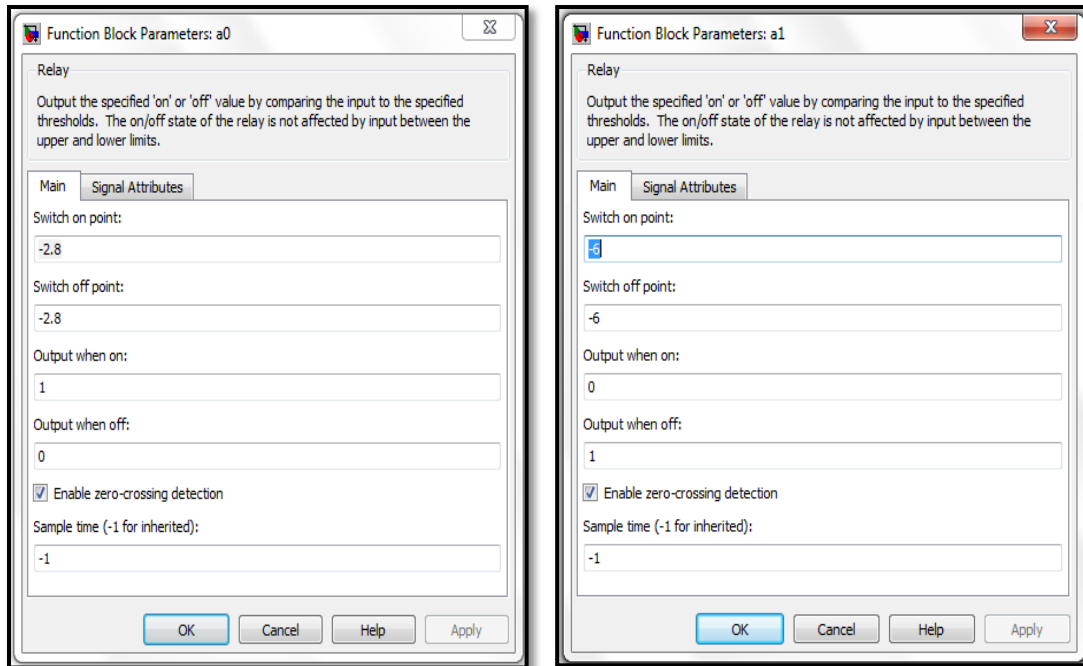
Pour la simulation du système, il suffit d'initialiser le processus par le boutons 'Init' et pour commencer le cycle il faut un appui sur le boutons poussoir 'bp' (le boutons poussoir à deux états logiques : 1 logique pour démarrer le cycle et 0 logique pour l'arrêter).

La partie d'Animation du système nous montre les éléments principaux suivants : le bras, qui porte la pince ventouse, fait la rotation à l'aide d'un vérin rotatif, et la tige du vérin se meut en translation. Chacun de ces éléments est modélisé dans la partie dynamique du système. Cette partie dynamique comprend trois blocs, chaque bloc a pour objectif d'avoir les mouvements dans un repère à 3D (x, y, z).

Par exemple dans le cas du vérin linéaire, la tige fait la translation entre deux positions. La position initiale, est détectée par le capteur de position a0 et la position finale est détectée par le capteur de position a1.



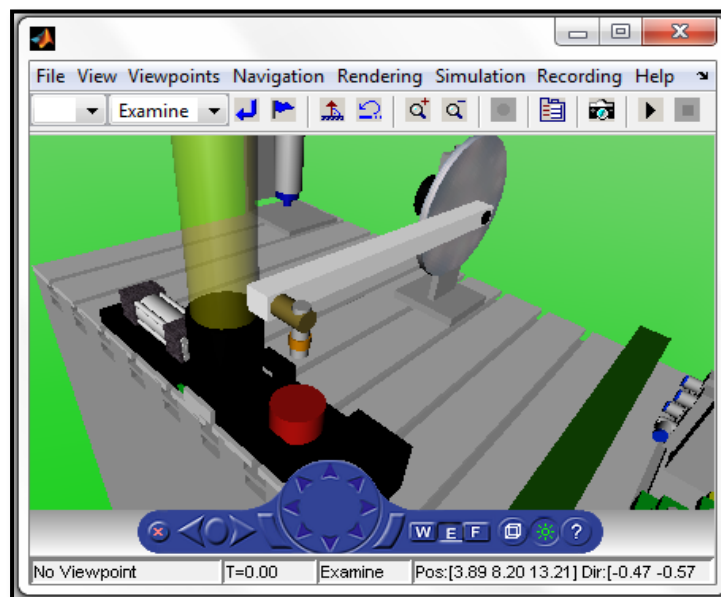
**Figure IV.6** La position initiale et finale du vérin.



**Figure IV.7** Capteurs de positions a0 et a1.

Le bras rotatif fait un mouvement rotatif autour de l'axe 'Z' avec un angle de rotation compris entre 0 et 180 degrés.

Pour la visualisation, la visionneuse nous permet de voir le mouvement dans un environnement à 3D, les figures VI.4 et VI.5 nous montrent les deux positions du bras rotatif.



**Figure IV.8** La position initiale du bras.

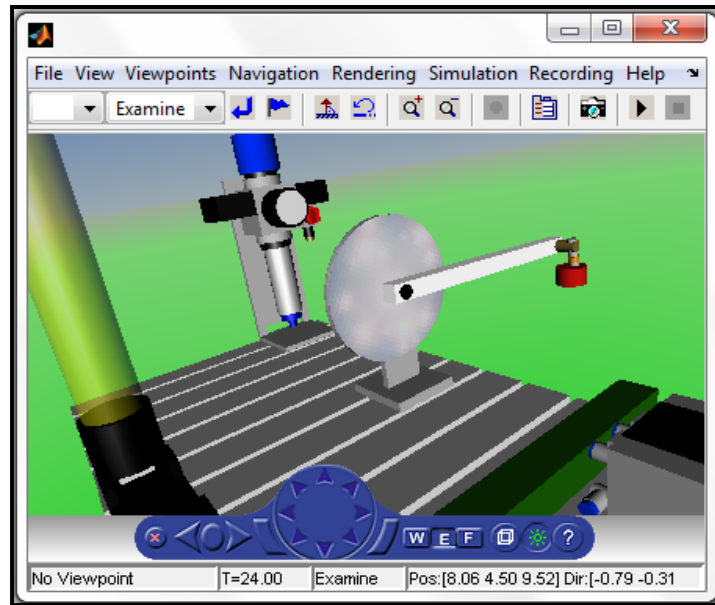


Figure IV.9 La position finale du bras.

Les positions initiales et finales du mouvement de rotation sont détectées par les deux capteurs de positions  $r_0$  et  $r_1$ .

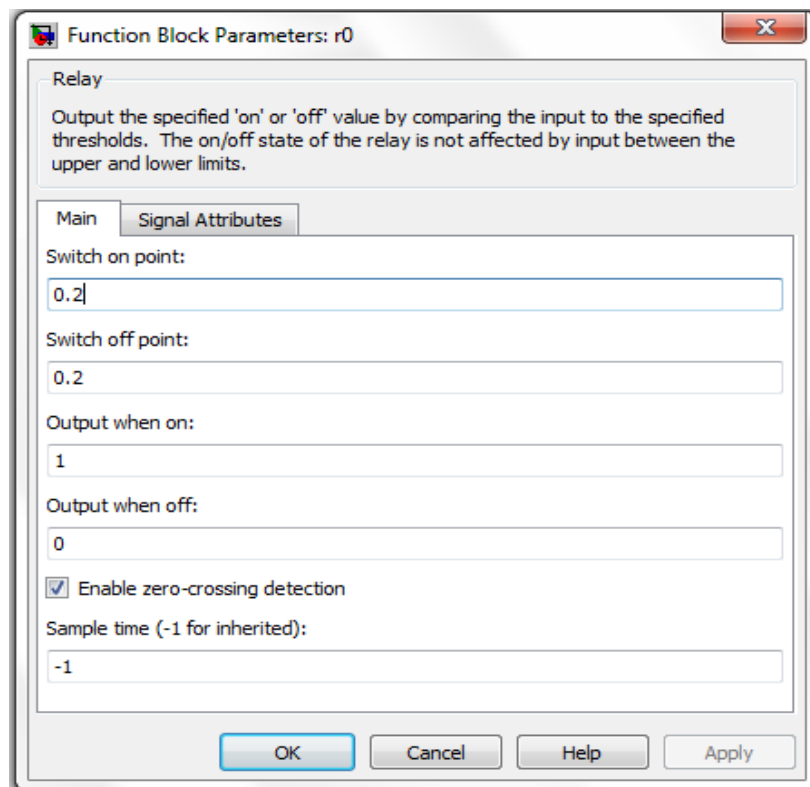
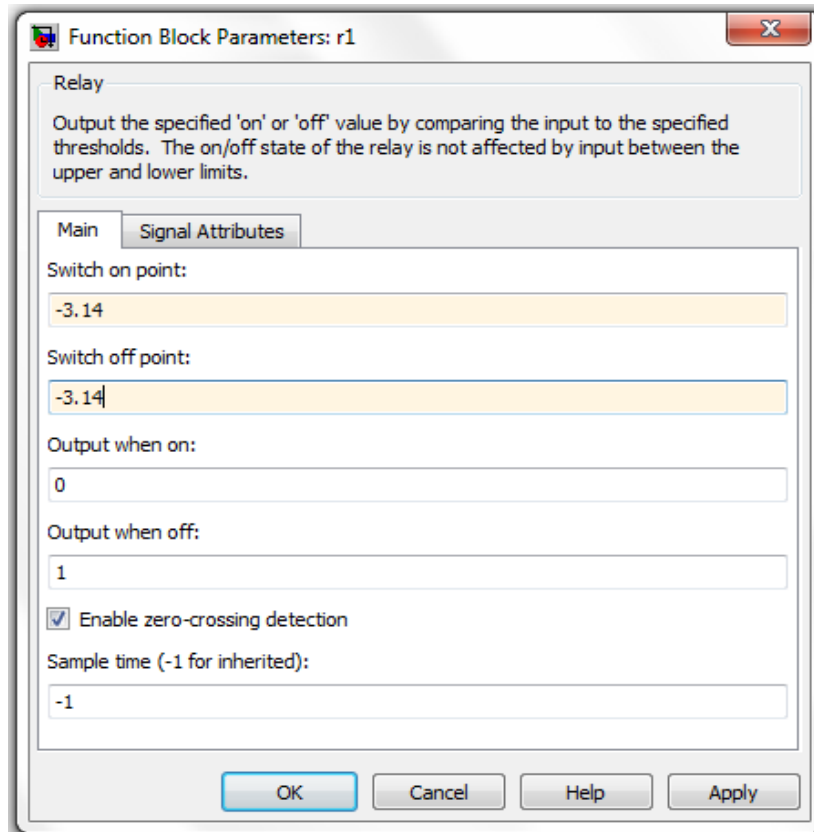


Figure IV.10 Capteur de position initiale  $r_0$  du vérin rotatif.



**Figure IV.11** Capteur de position finale r1 du vérin rotatif.

### IV.2.2 La station de contrôle

#### IV.2.2.1 Le grafcet de la station

La figure suivante présente le grafcet de la station de contrôle. Ce grafcet est la réponse au cahier des charges qui précise les spécifications fonctionnelles du système.

Le fonctionnement du cycle est commandé par un bouton poussoir, au départ la plateforme se trouve au niveau bat puis elle se déplace vers le haut à l'aide d'un vérin sans tige de piston. Lorsque cette action est effectuée, le deuxième vérin fait l'évacuation de la pièce vers la glissière.

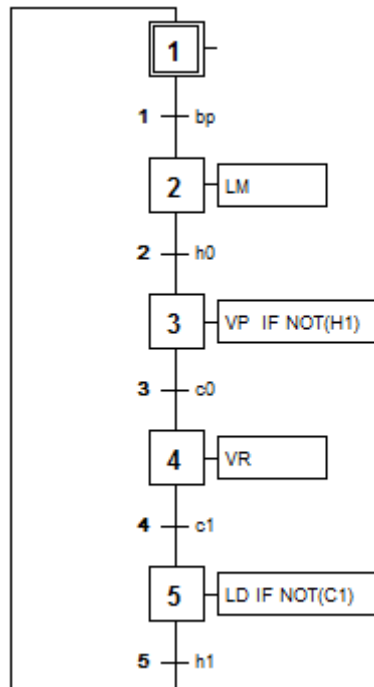


Figure IV.12 Grafcet de la station de contrôle.

#### IV.2.2.2 La simulation de la station

La station est composée de trois parties

➤ **La partie commande**

La partie commande du système est réalisée à l'aide de deux fonctions Matlab, la première pour calculer les états, la deuxième pour les sorties (actions). Les entrées sont connectées au composants 'MUX' du Simulink.

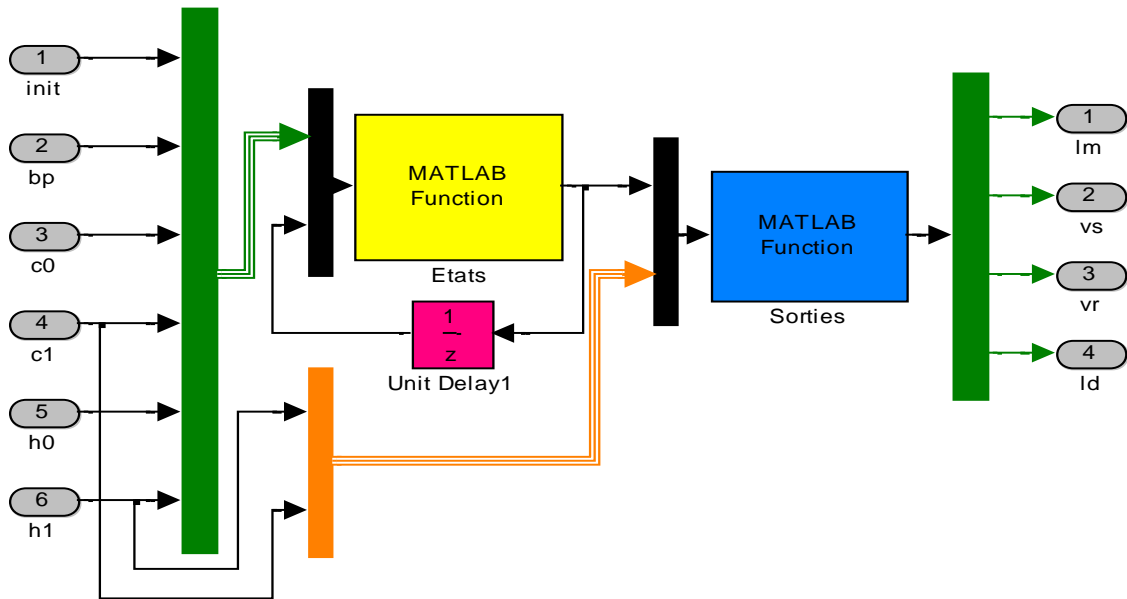


Figure IV.13 Schéma de la partie commande.

➤ La partie dynamique

La partie dynamique du système contient deux bloc un pour la translation du module de levage et l'autre pour la translation de la tige du vérin. Des capteurs de positions sont placés pour capter les positions prises par la tige et le module de levage.

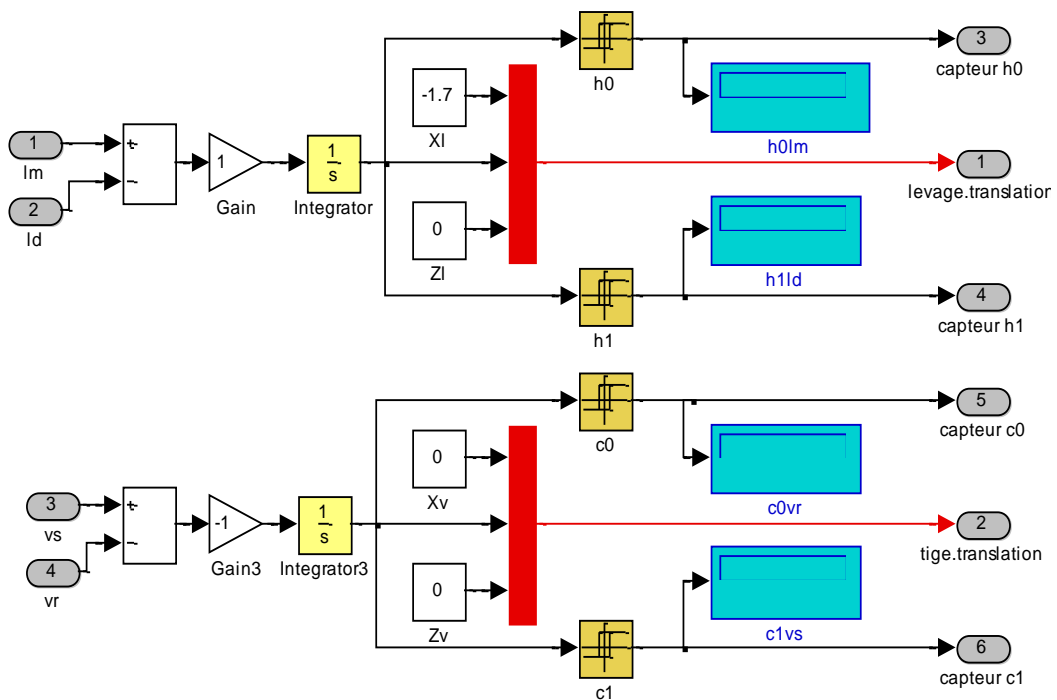
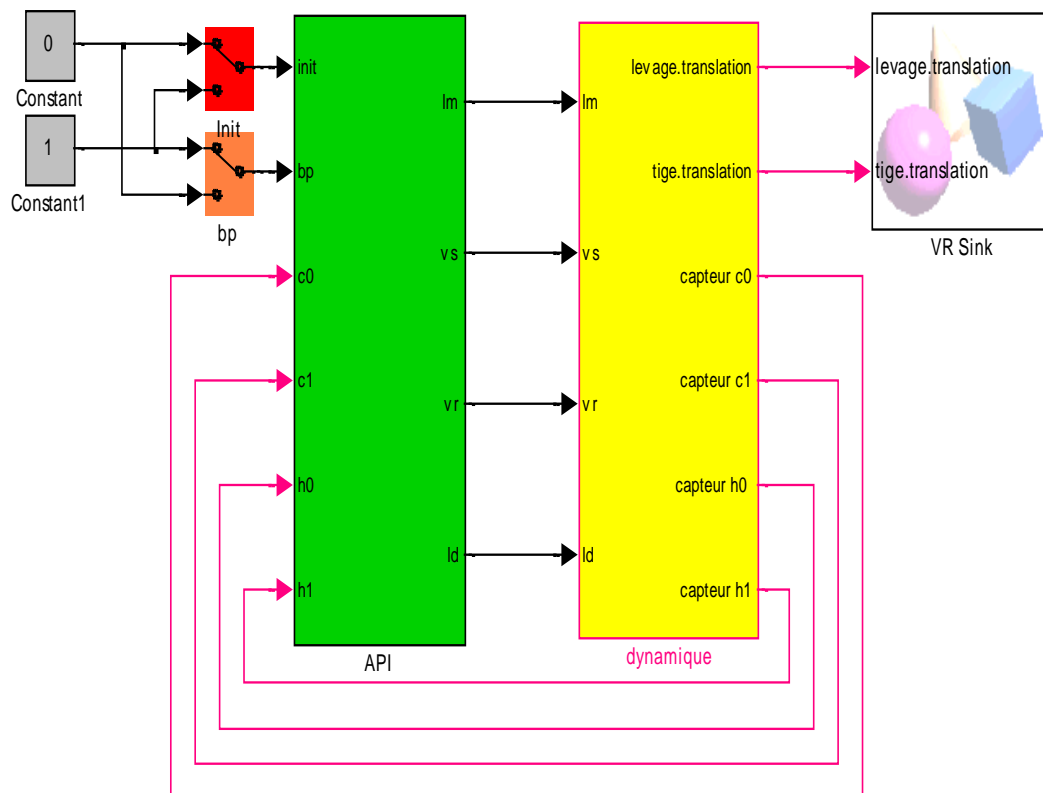


Figure IV.14 Schéma de la partie dynamique.

### ➤ La partie d'Animation

Dans cette partie, on a utilisé le bloc du Toolbox de Réalité virtuelle 'VR sink' pour visualiser l'animation du système en 3D.

Pour lancer la simulation, il faut d'abord initialiser le système, puis démarrer par le bouton poussoir. Le système est constitué de deux actionneurs le premier est le vérin sans tige qui fait le levage de la pièce et le deuxième est un vérin à double effet. Donc la dynamique du système est caractérisée par deux mouvements : la translation de la tige du vérin et la translation du module de levage dont les déplacements se font entre deux positions et chaque position est détectée par des capteurs propres à chaque actionneur.



**Figure IV.15** Schéma de simulation de la station de contrôle.

**Le premier actionneur :** C'est un vérin sans tige à piston qui sert à déplacer le module de levage porte avec lui la pièce du niveau bas vers le niveau haut. La position initiale et la position finale du module de levage sont capturées par des capteurs de positions. La position initiale du module de levage est détectée par le capteur h0. La position finale est détectée par le capteur de position h1. La figure IV.16 présente l'état initial alors que la figure IV.17 présente l'état finale du levage.



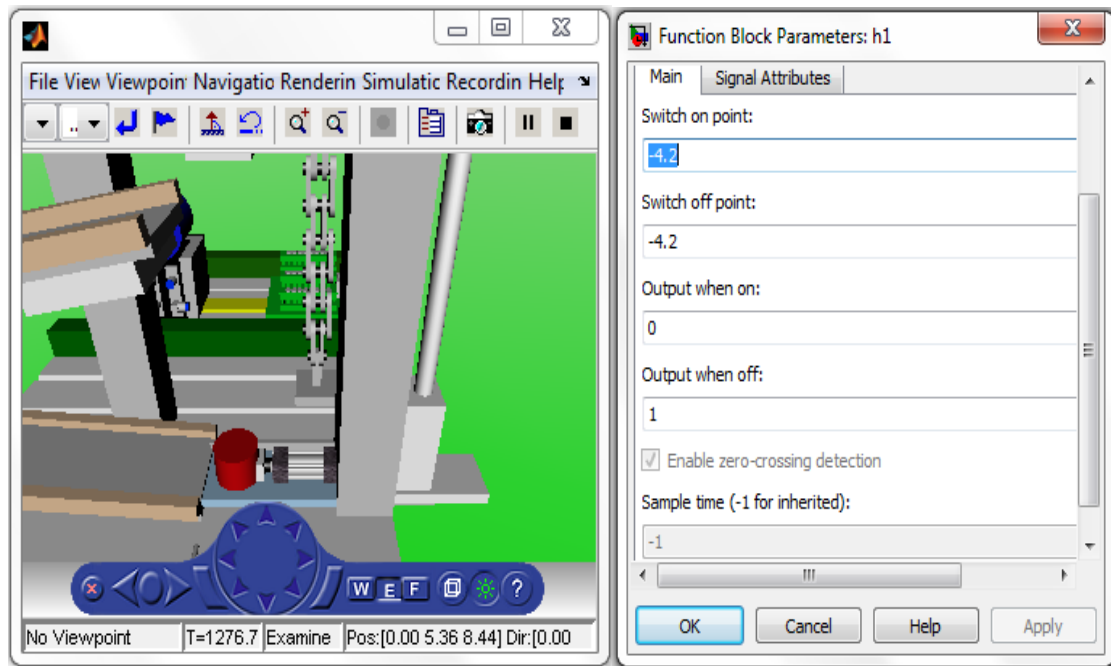


Figure IV.16 L'état initiale du levage.

Après avoir la pièce sur la plateforme du levage, ce dernière se déplace verticalement jusqu'à la position finale. Cette position finale est détectée par un capteur de position h0.

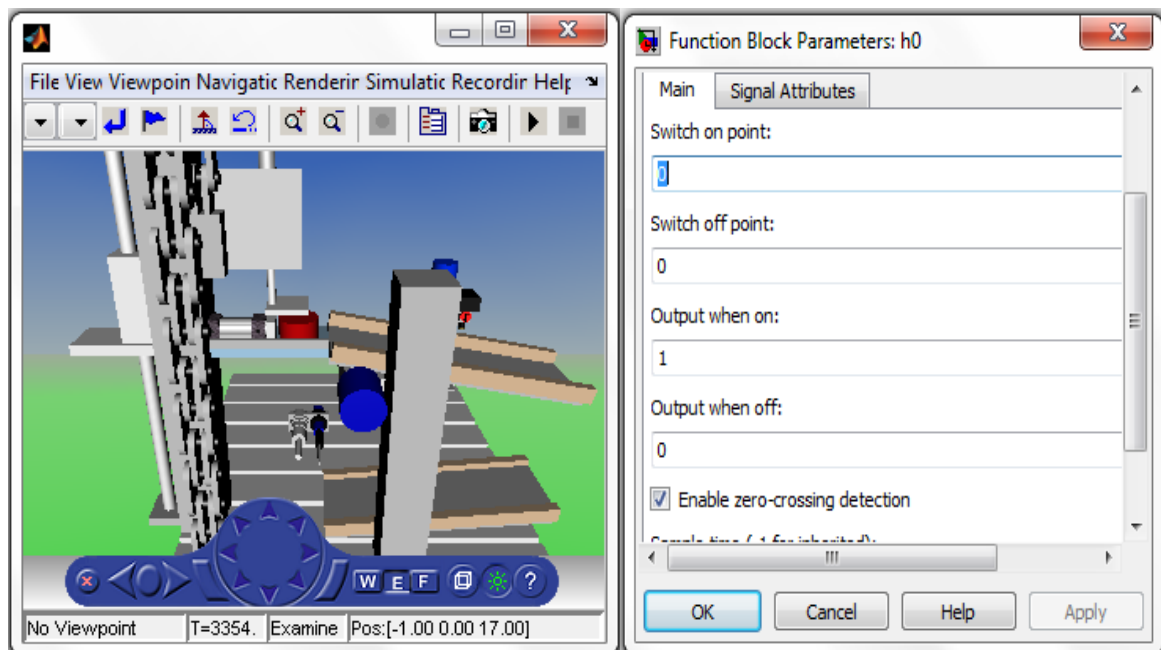


Figure IV.17 L'état finale du levage.

**Le deuxième actionneur :** Est un vérin à double effet qui assure l'évacuation de la pièce vers la glissière. Deux capteurs de position c0 et c1 sont utilisées pour détecter la position initiale et finale de tige de vérin (voir la figure IV.18 et la figure IV.19).

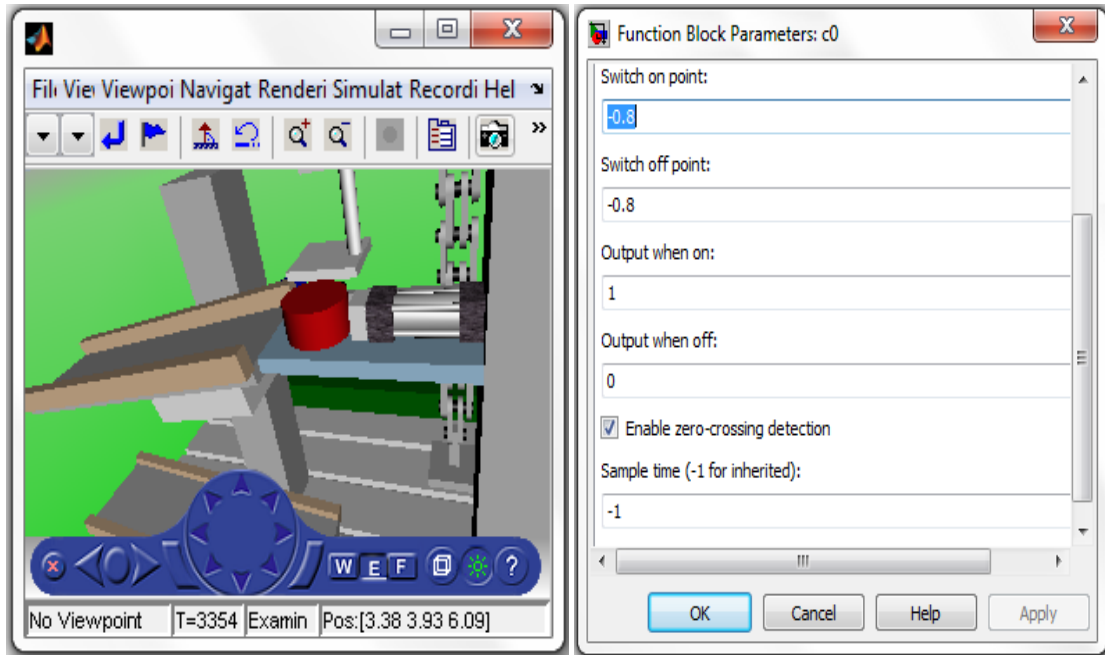


Figure IV.18 L'état initiale de la tige.

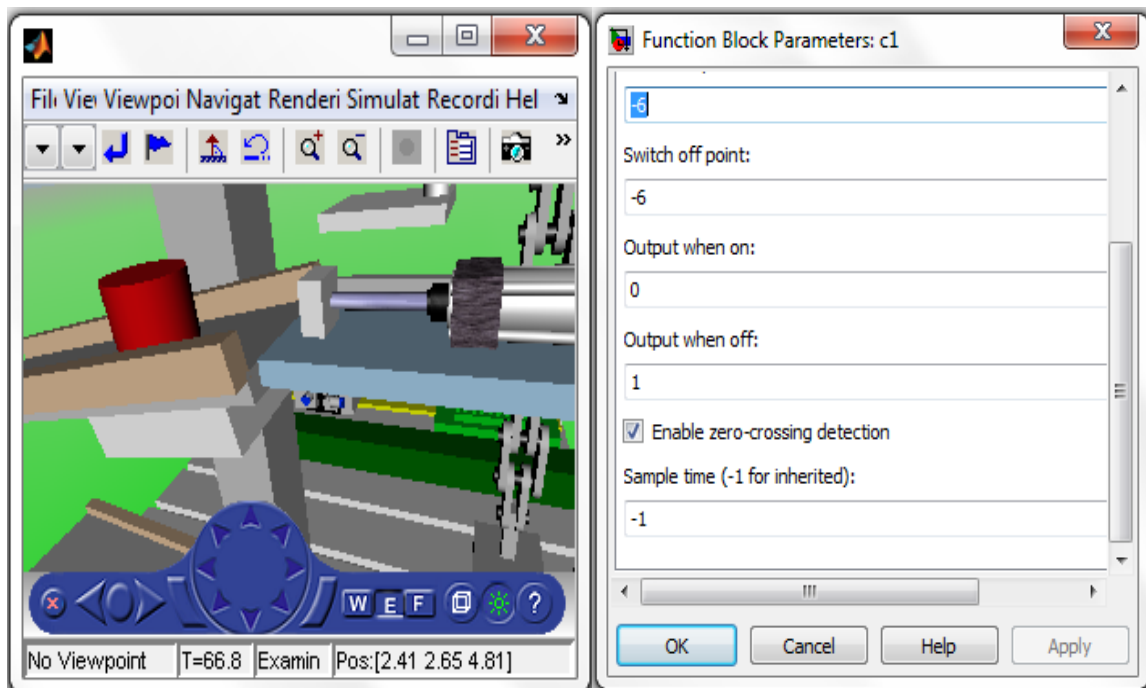


Figure IV.19 L'état finale de la tige.

### IV.2.3 La station d'usinage

#### IV.2.3.1 Le grafcet de la station

La description de fonctionnement est donnée dans le cahier des charges de la station. Le grafcet suivant traduit le fonctionnement.

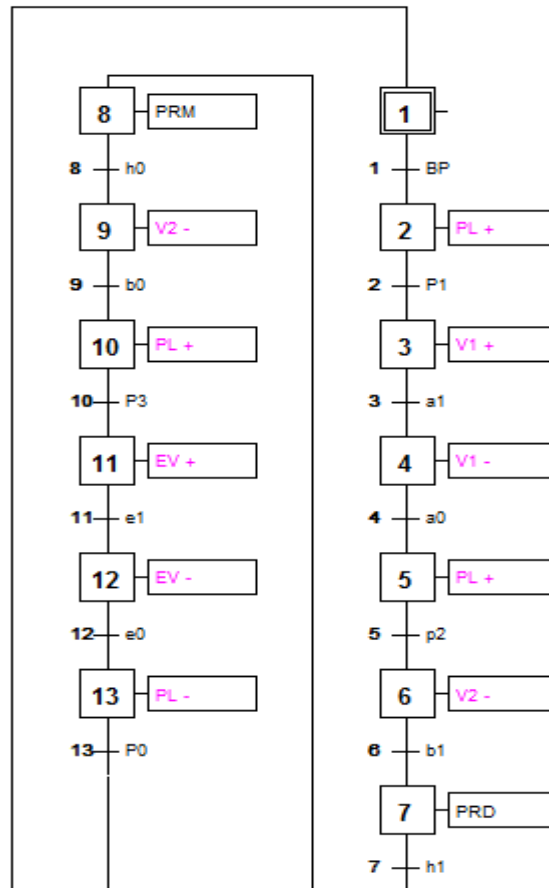


Figure IV.20 Grafcet de la station d'usinage.

#### IV.2.3.2 La simulation

Le schéma de simulation se compose de trois parties :

##### ➤ La partie commande

Le bloc de la commande API est partagé en deux fonctions Matlab, une représente le calcul des états et la deuxième représente le calcul des sorties (actions). Le bloc des entrées de l'API est donné par le composant 'MUX' de Simulink.

Dans le schéma suivant, à l'entrée on a 12 capteurs et deux boutons poussoir, à la sortie on a dix actions.

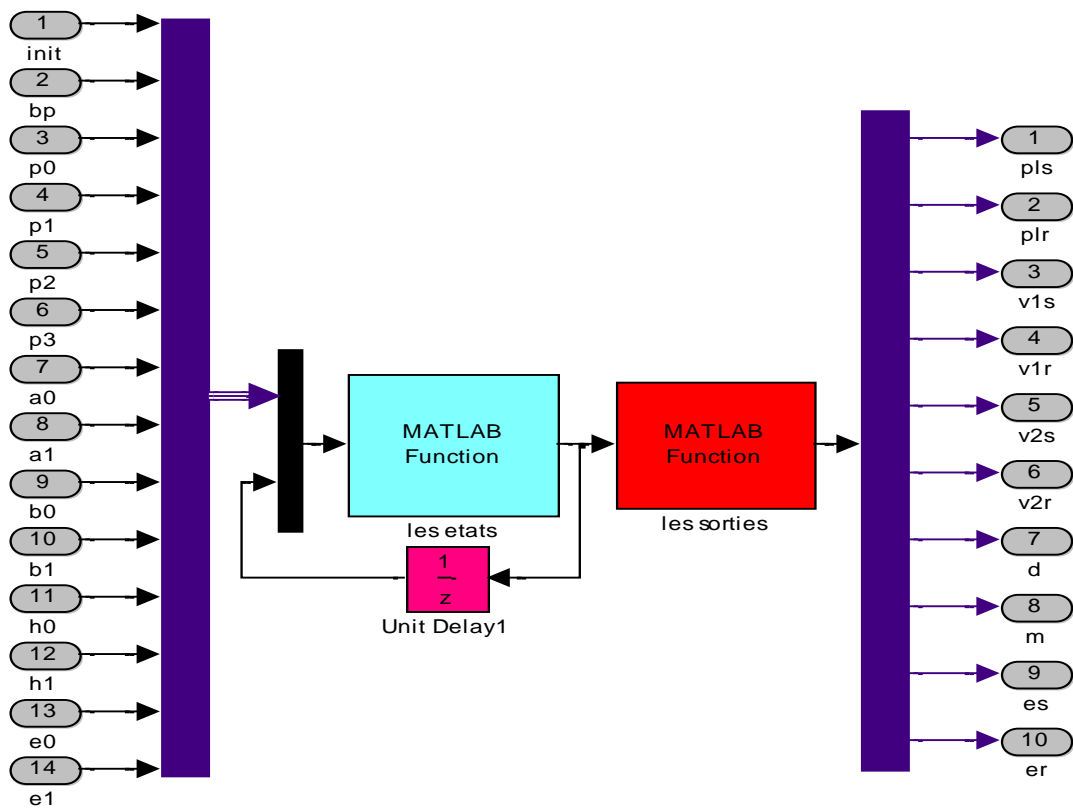
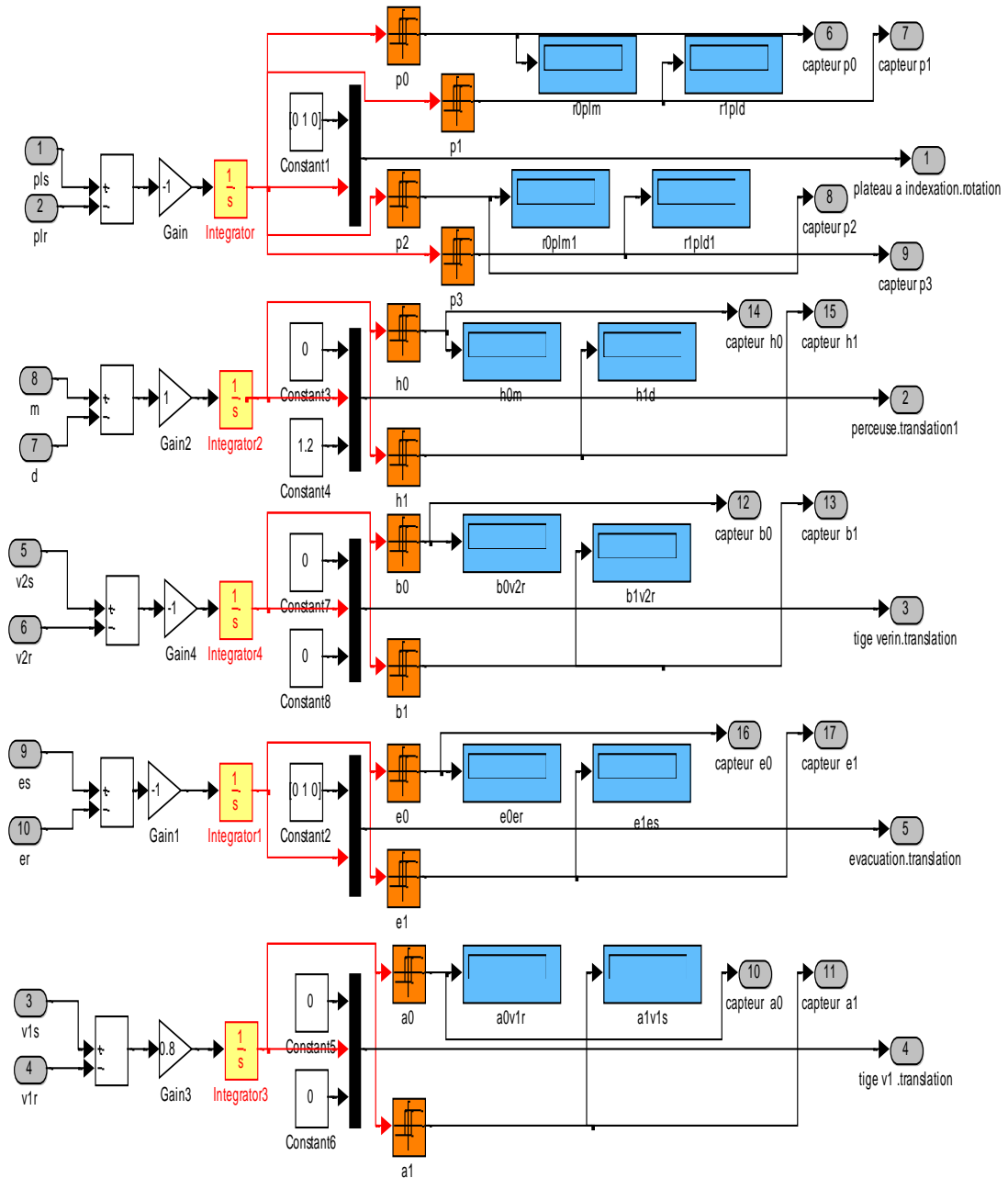


Figure IV.21 Schéma de commande (API).

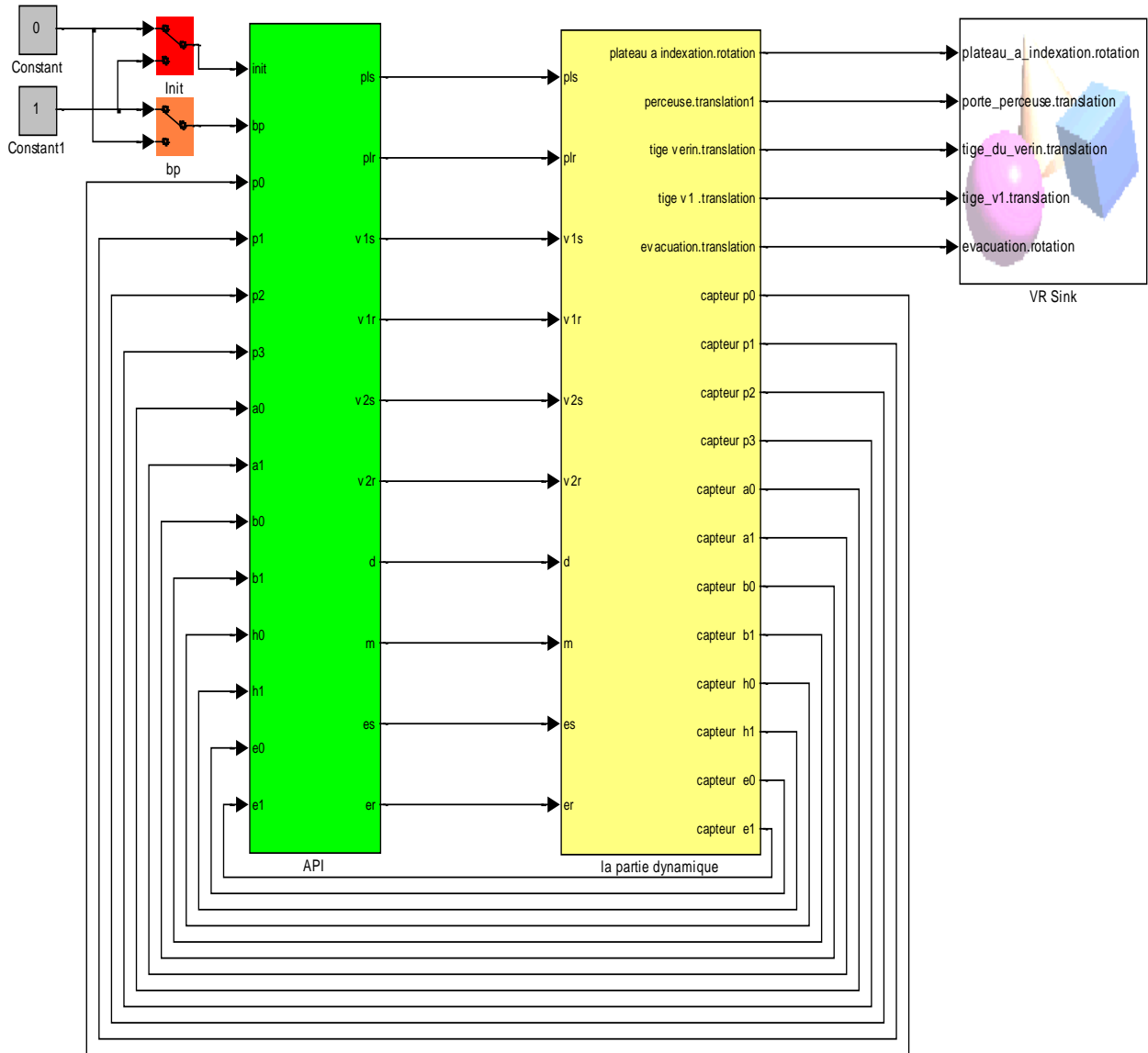
### ➤ La partie dynamique

La partie dynamique du système présente un modèle simplifié de la station. Ce modèle comporte des gains et des intégrateurs. Ici, on a négligé les constantes de temps pour simplifier la présentation (on a fait une approximation). Les sorties des gains sont des vitesses (linéaires ou angulaires). Ces sorties une fois intégrées nous donnant les positions des éléments en mouvements.



**Figure IV.22** Schéma de la partie dynamique.

- **La partie d'Animation :** La partie d'Animation du système comprend cinq éléments principaux : plateau à indexation a un mouvement rotatif, la perceuse qui se met en translation, deux vérins linéaires à double effet chacune à une tige (translation) et l'évacuation par un vérin rotatif (rotation). Chaque élément est modélisé dans la partie dynamique du système. Ce dernier à son tour est partagé en blocs, chaque bloc indique le sens du mouvement dans un espace à 3D, les capteurs de position détectent les positions des composants mouvants.

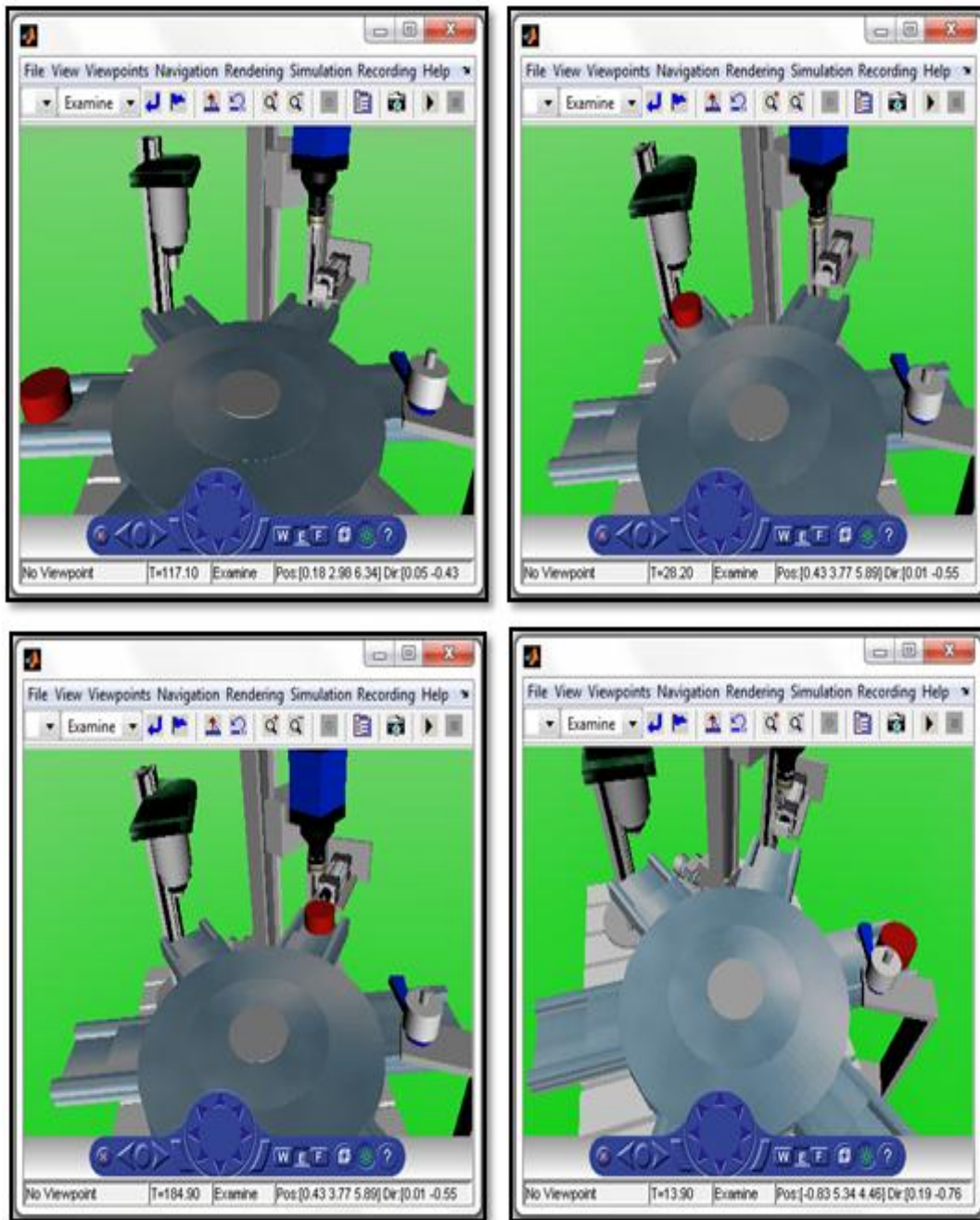


**Figure IV.23** Schéma de simulation de la station d'usinage.

La simulation de la station commence par l'initialisation puis le démarrage du processus de fonctionnement selon le cahier des charges qui traduisent en grafctet.

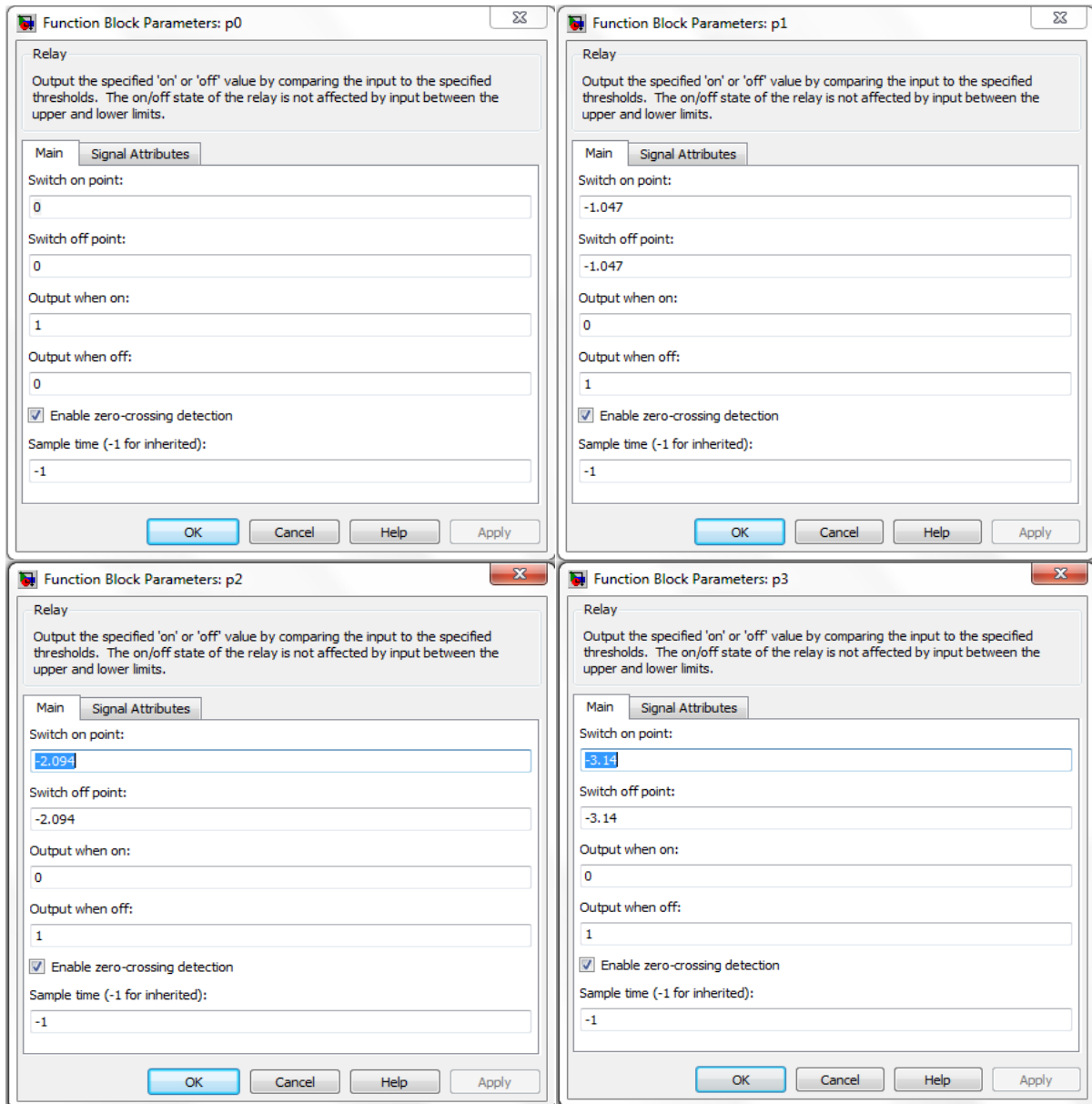
Dans cette station, on a cinq actionneurs. Chaque actionneur à pour effectue un ensemble d'actions :

**Le premier actionneur :** Est un moteur à courant continu qui entraine le plateau à indexation. Ce dernier tourne et passe par quatre positions déférentes. Pour passer d'une position à l'autre le plateau tourne avec un angle de 60 degrés.



**Figure IV.24** Les positions du plateau à indexation.

Les différentes positions sont indiquées respectivement par les quatre capteurs de position  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  et  $p_3$ . La figure IV.25 montre l'emplacement de chaque capteur (ici en rotation).



**Figure IV.25** Les capteurs de positions du plateau à indexation.

**Le deuxième actionneur :** Est un vérin à double effet du module de contrôle. Il porte un capteur sur sa tige il peut se déplacer entre deux positions a0 et a1.

Les deux figures ci-dessous nous représentent, respectivement de gauche à droite les positions du mouvement du module de contrôle au repos puis au moment de simulation.



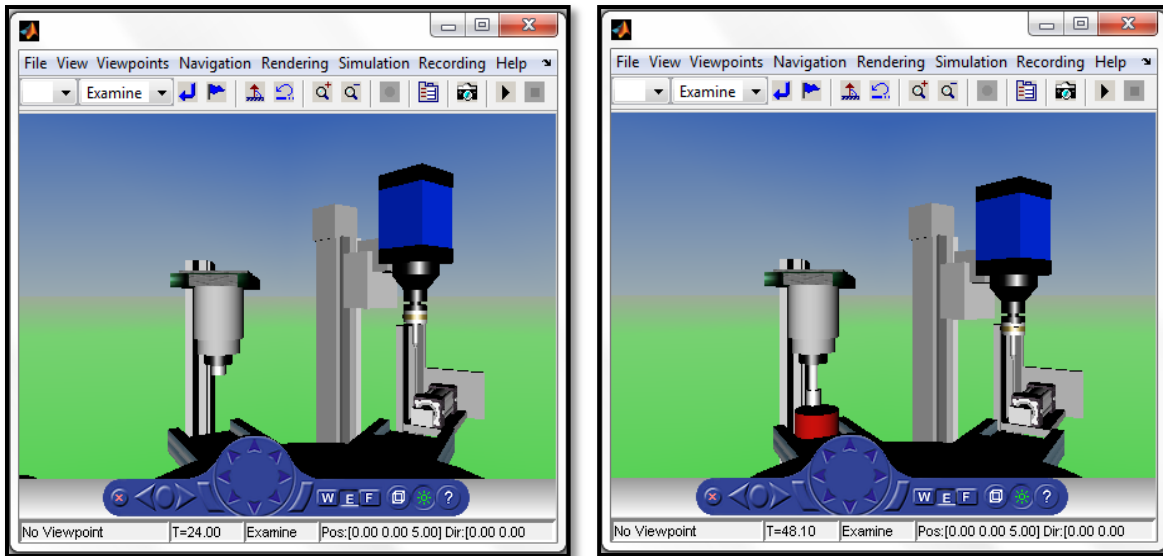


Figure IV.26 Les positions du module de contrôle.

Les deux positions de la tige de vérin du module de contrôle sont détectées par les deux capteurs de positions a0 et a1.

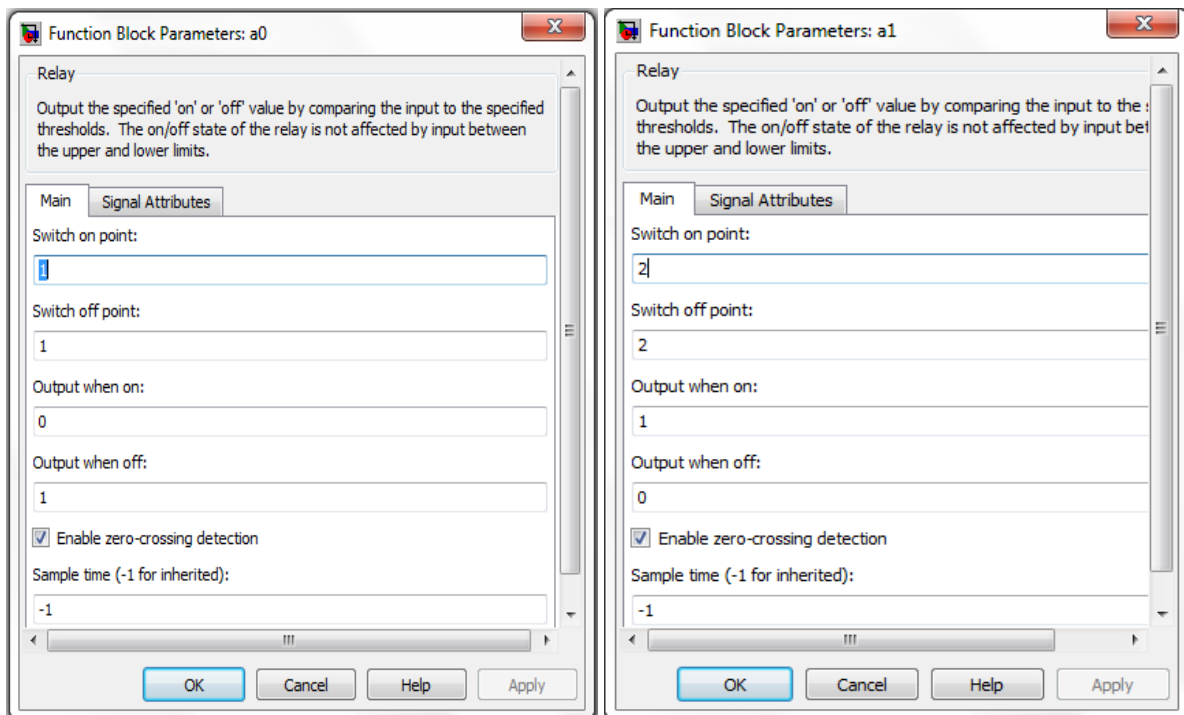


Figure IV.27 Les positions du capteurs.

**Le troisième actionneur :** C'est un moteur à courant continu pour la montée et la descente de la perceuse.

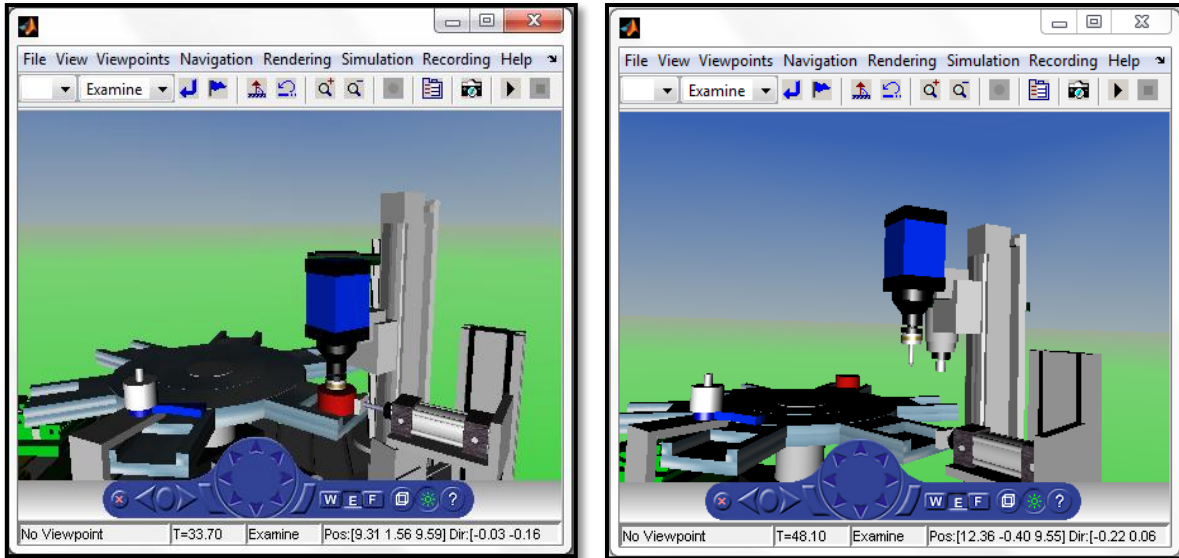


Figure IV.28 Les postions de la perceuse.

**Le quatrième actionneur :** C'est un vérin linéaire à double effet pour le serrage de la pièce.

La figure ci-dessous nous montrant l'état initial de la tige de vérin qui est détecté par le capteur b0. Et l'état final de la tige de vérin (la sortie de la tige) qui est détecté par un capteur de position b1.

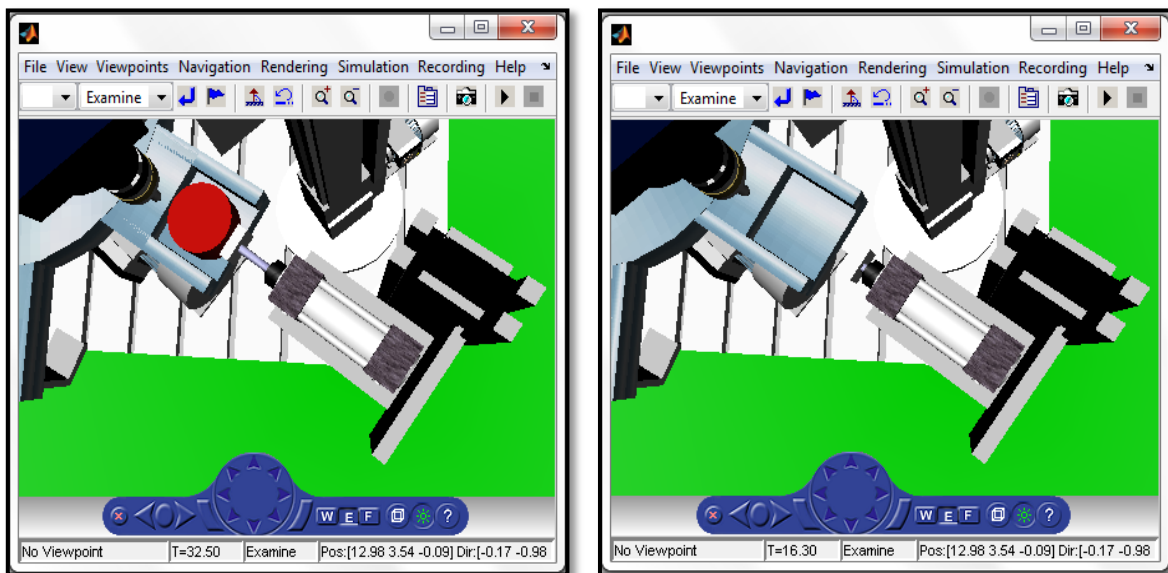


Figure IV.29 Les positions du vérin.

**Le cinquième actionneur :** Est un vérin rotatif. Il fait l'évacuation de la pièce vers l'autre station.

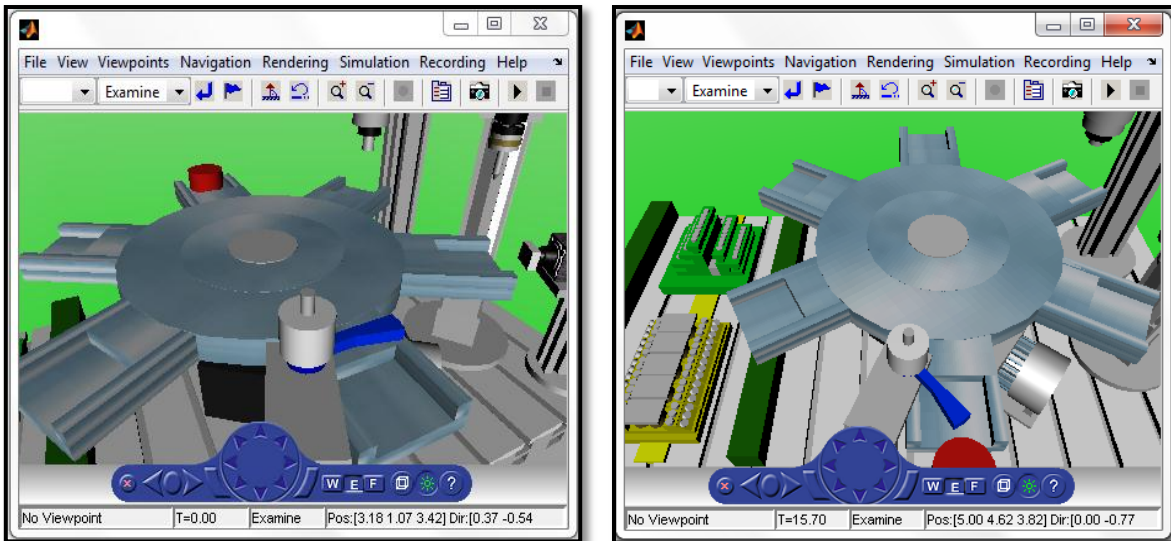


Figure IV.30 Position initiale et finale de module d'évacuation.

## IV.2.4 Station de manipulation

### IV.2.4.1 Le grafcet de la station

La station se compose de deux actionneurs, un moteur à courant continu pour déplacer la pince sur un axe linéaire horizontale et un vérin à double effet pour le levage de la pièce par la pince. Cette dernière se déplace verticalement entre deux positions.

Le grafcet suivant sert à commander la station.

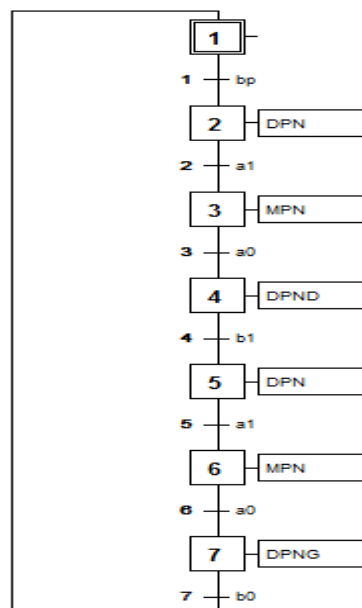


Figure IV.31 Grafcet de la station de la manipulation.

### IV.2.4.2 La simulation

La simulation de la station est partagée en trois parties suivant :

#### ➤ La partie commande

La partie commande est réalisé par un API programmé sous Matlab. Il se compose de deux fonctions Matlab pour le calcul des états et les sorties. Les entées sont connectées au composant 'MUX' de Simulink. La figure IV.31 présente le schéma Simulink de l'API utilisé.

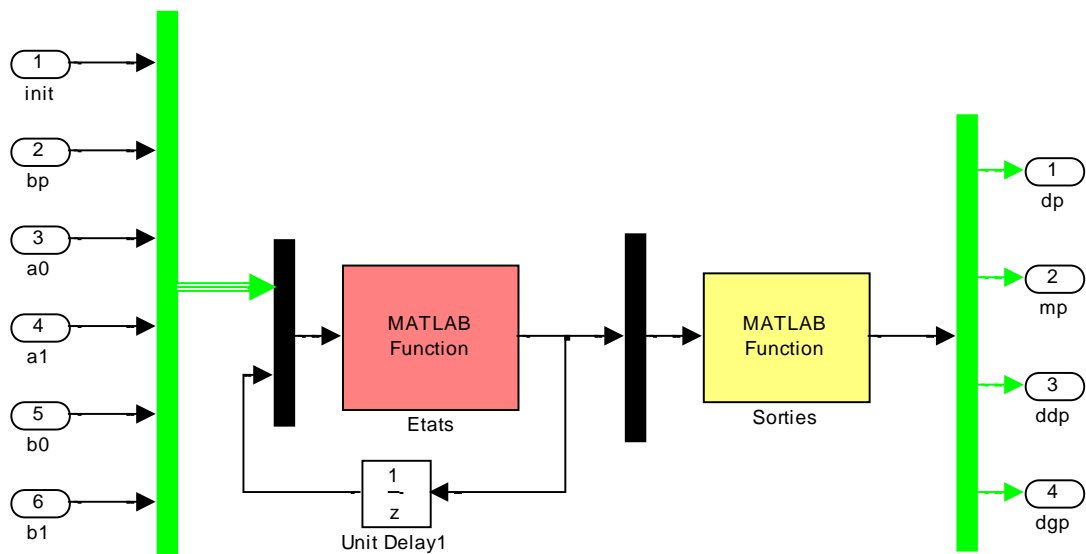


Figure IV.32 Schéma de commande(API).

#### ➤ La partie dynamique

Elle permet de générer l'ensemble des mouvements du système en se basant sur son modèle dynamique. Le mouvement de deux actionneurs est la translation. Pour avoir le mouvement on a utilisé un modèle simplifié comportant un gain et un intégrateur.

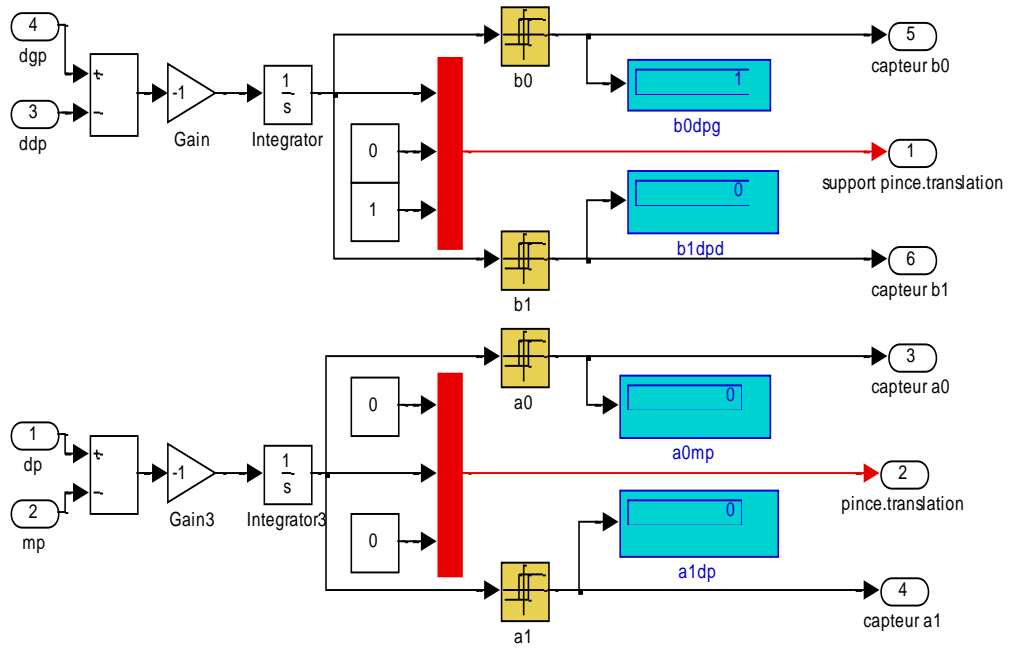


Figure IV.33 Schéma de la partie dynamique.

➤ La partie d'Animation

Cette partie sert à visualiser le modèle de la station en 3D, on utilise le bloc 'VR Sink' ce bloc fait appel au fichier correspond à la station et on sélectionne les composants mouvants et types des mouvements nécessaires.

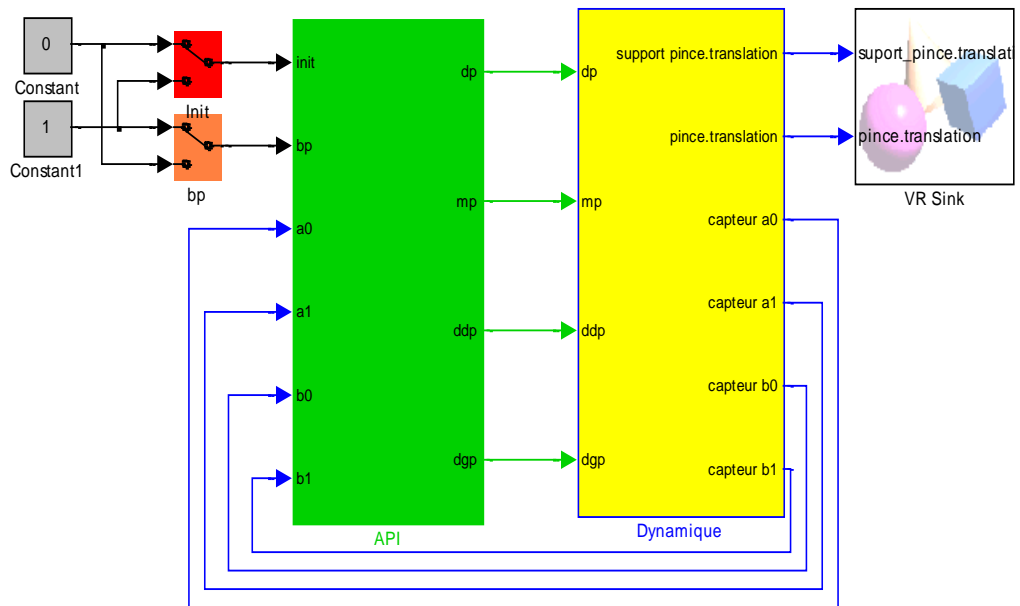


Figure IV.34 Schéma de simulation.

## Chapitre IV : Automatisation de la chaîne et simulation sous Matlab.

Pour commencer la simulation il faut initialiser le cycle pour que chaque élément prenne sa position initiale puis démarrer la station par le bouton poussoir. Dans cette dernière il y a deux actionneurs pour déplacer la pièce du module de réception à la glissière ou à l'autre station.

Pour effectuer cette opération on simule la station et on va étudier chaque mouvement réalisé par chaque actionneur.

**Le premier actionneur :** Est un vérin linéaire à double effet. il peut effectuer deux actions à l'aide de la pince. Elle descend pour prendre la pièce puis elle monte cette opération est répéter deux fois dans deux positions différents.

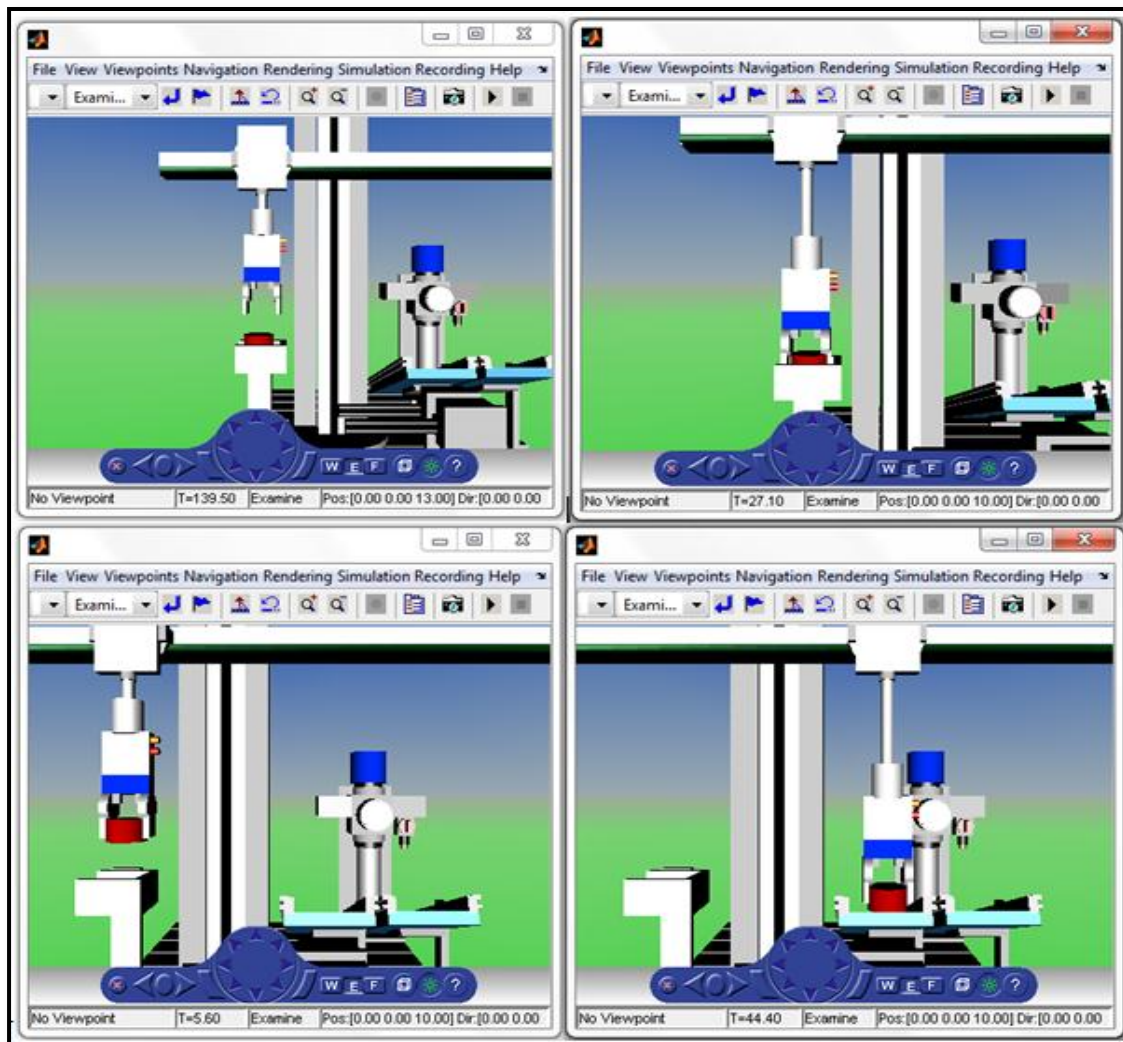
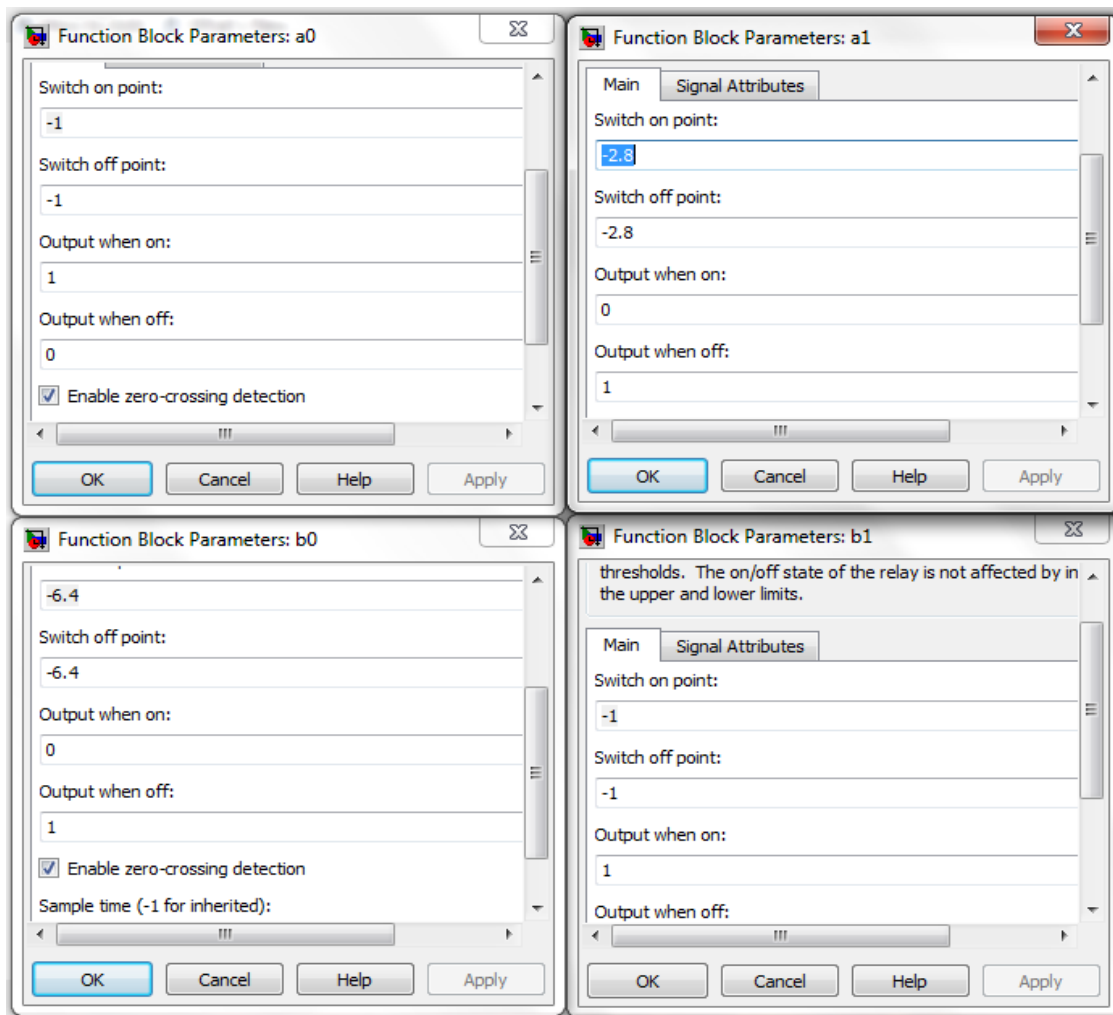


Figure IV.35 les positions de la pince.

Les quatre positions de la pince sont détectées par les capteurs de positions a0, a1, b0, b1 respectivement comme nous montre la figure IV.36.



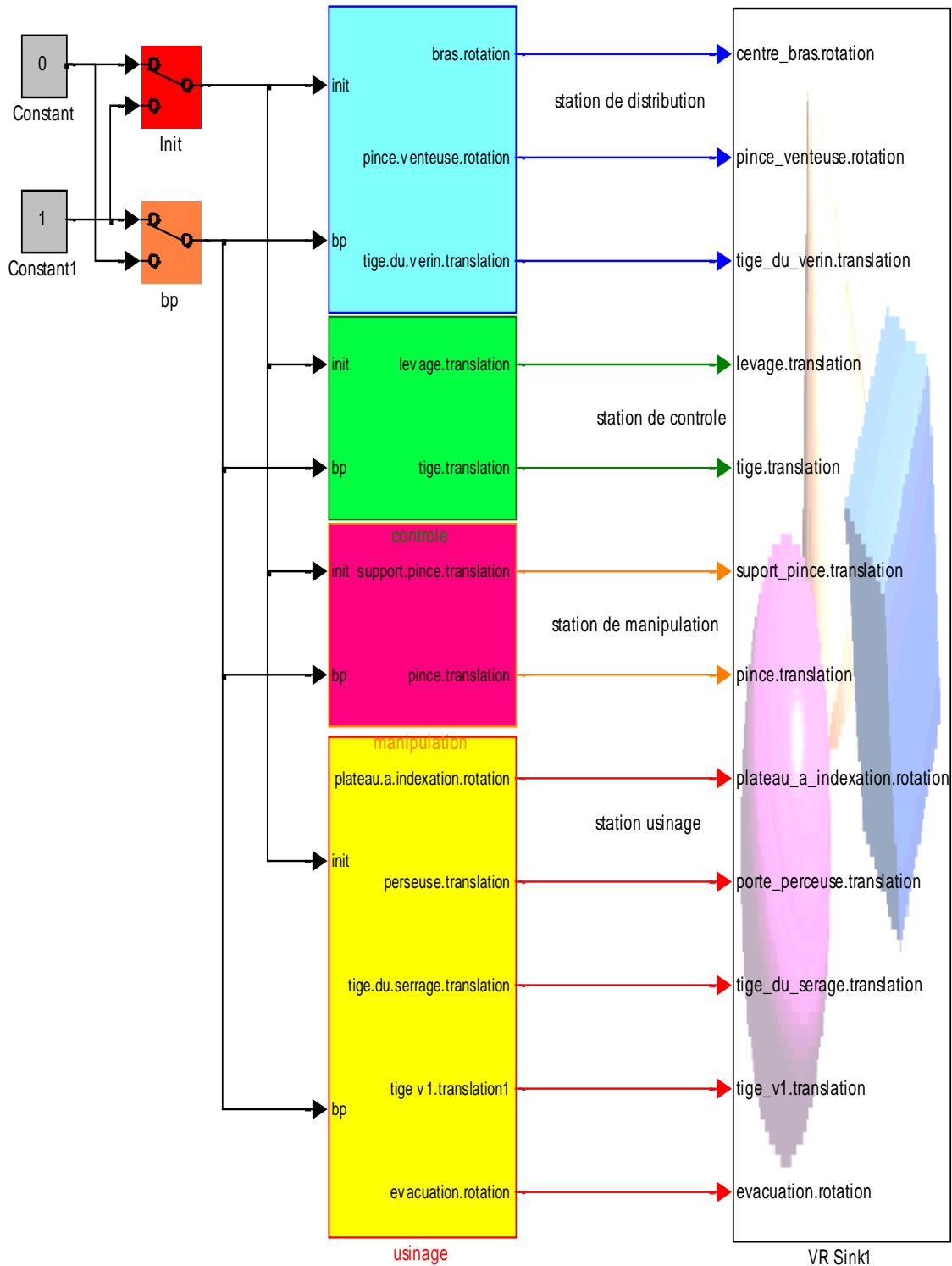
**Figure IV.36** Les capteurs de position de deux actionneurs.

**Le deuxième actionneur :** Est un moteur à courant continu qui déplace la pince le long de l'axe horizontale du côté gauche au côté droit, ces deux positions sont déjà indiquée par les capteurs b0 et b1 (voir la figure IV.36).

### IV.3 Simulation d'une chaîne de production automatisée

Après la simulation des stations réalisées, on a assemblé les modèles des différentes stations pour avoir un seul système dans un seul modèle dans le but de réaliser une chaîne de production automatisée.

La figure suivante montre un schéma Simulink. On y trouve la visionneuse (VR-Sink) qui englobe toute les entrées pour animer les quatre stations. Chaque station lui correspond à un bloc (API + partie dynamique).

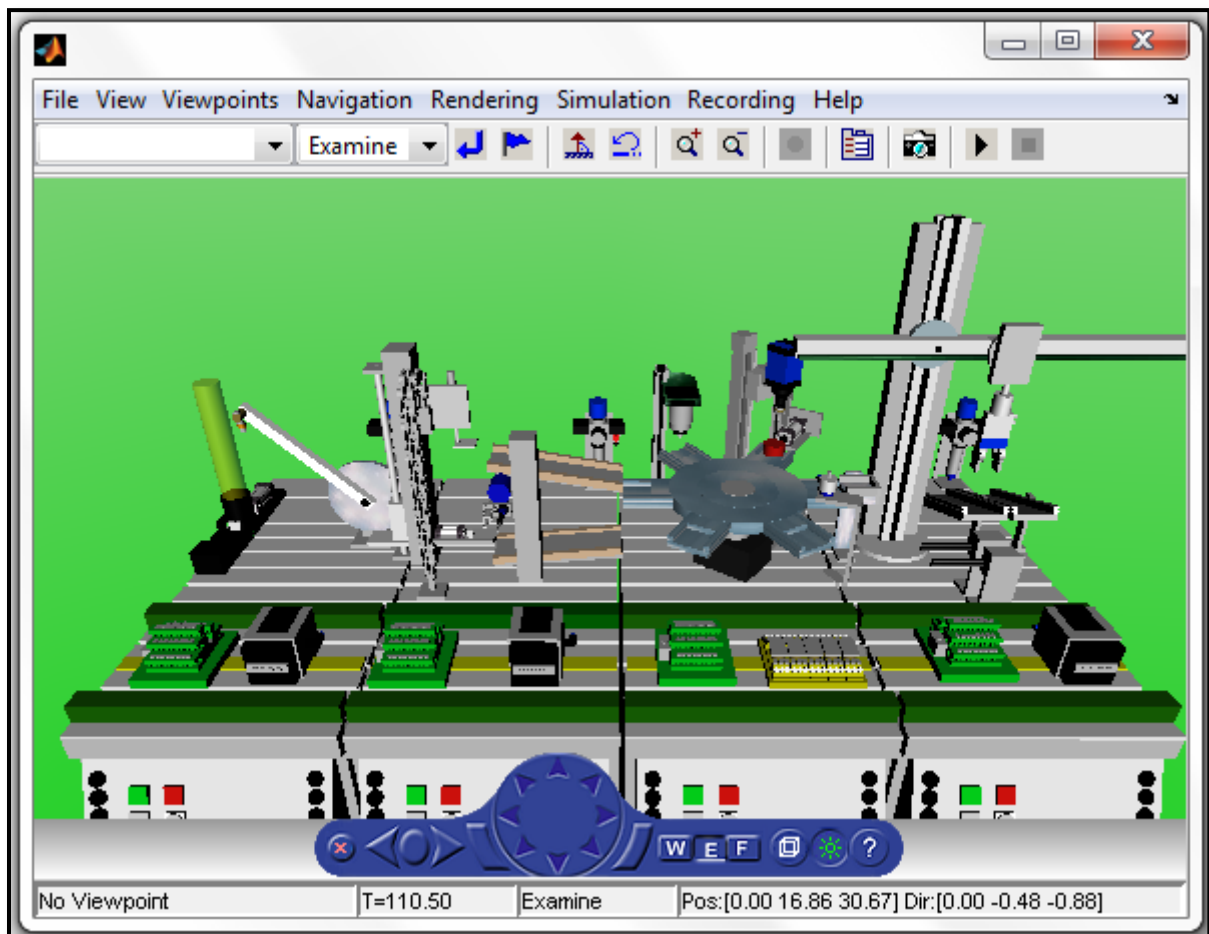


**Figure IV.37** Schéma de simulation de la chaîne de production automatisée.



## Chapitre IV : Automatisation de la chaîne et simulation sous Matlab.

La figure IV.38 montre une maquette virtuelle d'une chaîne de production automatisée réalisé par l'assemblage des quatre stations.



**Figure IV.38** La maquette virtuelle chaîne de production automatisée.

### IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre on a simulé et visualiser quatre maquettes virtuelles de quatre stations de production différentes sous Matlab. Dont chaque station est suivie des différentes étapes de construction, de modélisation, de simulation et d'animation. Cette méthode nous permet de concevoir des systèmes automatisées et des chaînes de production automatisées, de les simuler et de faire la conception de la commande nécessaire dans un monde virtuel avant de passé à la réalisation pratique.

On a réalisé les différents grafkets correspond à chaque station dans le but d'élaborer un programme sous Matlab à base d'équations logiques. La partie commande (API) est relrier à la partie dynamique du système. La partie dynamique donne les différentes positions linéaires et angulaires des éléments mouvants du système. L'animation en 3D utilise ces positions.

Après avoir fait la simulation de chaque station seule, on a assemblé toutes les stations (quatre stations) pour former un système complet (chaîne de production automatisée) et on a gardé le model dynamique de chaque station.

La simulation de toute la chaîne a validé notre approche successive. Cette approche consiste à utiliser la bibliothèque des composants pour former des stations, de module on même système complet sous forme virtuelle et d'élaborer la commande nécessaire et valider le résultat par simulation avant de passer à la réalisation pratique.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Au cours de ce travail nous avons rappelé les différentes notions et définitions d'un système automatisé qui nous aide à la réalisation des maquettes virtuelles des chaînes de production automatisées et à la conception.

Notre effort est consacré à la réalisation d'une bibliothèque de composants. Ces composants sont utilisés dans l'industrie comme un moyen de production. Parmi ces composants on a pris d'une manière générale un ensemble d'équipements et d'accessoires qui peuvent être des actionneurs, des préactionneurs, des capteurs...etc. ces composants sont utilisés dans n'importe quelle chaîne de production automatisée.

Dans la réalisation de certains composants, nous avons rencontré certaines difficultés. Celles-ci concernent quelques caractéristiques physiques, mécaniques ainsi que géométriques. Ceci est dû au fait que le logiciel V-Realm Builder ne peut modéliser et respecter toutes ces propriétés. Pour cela, nous sommes intéressés à la réalisation géométrique virtuelle en respectant seulement la forme et les dimensions des composants. La réalisation de cette bibliothèque nous a permis d'apprendre et maîtriser davantage les différentes techniques du logiciel. L'aspect physique est programmé sous Matlab/Simulink afin de faire les animations nécessaires. Cette démarche nous a facilités la tâche de la conception.

La bibliothèque des composants sert à être utilisée pour la réalisation de chaînes de production automatisées sous forme de maquettes virtuelles. Pour cela, nous avons proposé six stations de production. Chaque station est constituée d'un ensemble de composants. Ces composants sont déjà réalisés dans la bibliothèque, alors il suffit de se référer à la bibliothèque et de choisir les composants nécessaires pour chaque station selon un cahier des charges qui répond au fonctionnement de chacune.

Après avoir réalisé les six stations sous forme de maquettes virtuelles, nous avons développé les modèles dynamiques pour quatre stations (à titre d'exemple d'utilisation) afin d'avoir leurs fonctionnements dans un environnement 3D. Ici, il s'agit de la conduite des composants mouvants.

A la fin et après l'étude des possibilités de combinaisons, nous avons procédé à la combinaison des maquettes virtuelles réalisées pour obtenir des maquettes virtuelles d'une chaîne de production comportant quatre stations.

# Conclusion générale

---

Avant de procéder à la réalisation de la chaîne de production, nous avons testé les quatre stations avec leurs conduites par des automates programmables industriels simulés sous Matlab/Simulink. Une fois les tests sur les stations terminés, nous avons fait les mêmes tests avec la chaîne de production réalisée.

Les automates programmables simulés conduisent les systèmes (stations) selon le cahier des charges. Ce cahier des charges a été traduit en grafjets, et ces derniers sont programmés en Matlab (équations logiques régissant les grafjets).

La simulation nous a montrés la validité de notre démarche. Nous espérons que ce travail serve à la conception d'autres systèmes avec test sous Matlab. De plus, la bibliothèque est ouverte pour s'enrichir avec de nouveaux composants et nous attendons que des travaux futurs aillent réaliser cette tâche.

# Références bibliographiques

---

---

## **Bibliographie**

- [1] Olivier Fournier, Conception de la commande d'un système de production, Thèse Doctorat, L'Université de RENUION, (2002).
- [2] Un article de Wikipédia libre, Site Web ; Architecture des systèmes automatisés FIP.M.1(2013).
- [3] Un article de Wikipédia, Technologie de production 'chaîne de production', Etude des SPI. (2010).
- [5] Un article de Wikipédia Structure des Systèmes automatisés, Pilotage par ordinateur les systèmes automatisés (2013).
- [4] Pfe. Maintenance d'un système automatisée (www.Doc-Etudiant.fr). Un article libre, Organisation du processus de production (2013)
- [6] M.TAHIRI, Support de cours sur l'automatisme et l'automatisation, Rabat (Maroc). Un article de Wikipédia, L'Encyclopédie libre, Etude des systèmes automatisés.
- [7] V-Realm™ Builder, Guide de l'utilisateur et de référence, Copyright © 1996-1997 Ligos Corporation.
- [8] Système d'apprentissage 2012, festo-didactic.doc \ système automatisé modulaire-mps.htm. festo- didactique .com.
- [9] Help MATLAB; VRML Editing tools Virtual worlds virtual reality toolbox.
- [10] Help MATLAB; Simulink 3D Animation software requires MATLAB software Version7.9.

# Annexe 1

---

## V-Realm Builder

### 1. Introduction

Le V-Realm Builder est un outil à trois dimensions puissant pour la création d'objets 3D et des mondes virtuelles à regarder avec le navigateur de V-Realm, ou n'importe quel autre navigateur conforme de VRML 2.0.

Le V-Realm Builder et le VRML n'ont pas été prévus pour remplacer les outils de modélisation d'aujourd'hui. Le VRML ne peut pas faire espérer face à modéliser les paquets qui créent les objets incroyablement réalistes avec 5 ou 10 millions de polygones. Ces objets peuvent être bons pour les ordinateurs autonomes ou les applications, mais s'attendre à ce qu'un dossier de cette taille soit facilement transportable au-dessus du filet, en temps réel n'est pas faisable. Pour cette raison, V-Realm Builder et le VRML ont été conçus pour nous donner des outils pour réduire au minimum la taille des dossiers et pour fournir des moyens de modéliser des objets plus complexes à base de primitifs, sans devoir surcharger le filet avec de grands dossiers.

Le langage de modélisation de réalité virtuelle (VRML); est le langage que nous employons pour montrer les objets 3D avec une visionneuse de VRML. Ce langage a été employé la première fois par Tim Berners-Lee à une conférence européenne de Web en 1994, où il a parlé d'un besoin de norme à trois dimensions de Web, la norme de VRML 1 a été mise en application en plusieurs navigateurs de VRML, mais elle permet de créer seulement les mondes virtuels statiques. Cette limitation a réduit la possibilité de son utilisation répandue. Rapidement, il est apparu clairement que le langage a besoin d'une prolongation robuste pour ajouter l'animation, l'interactivité et apporte la vie à un monde virtuel. La norme de VRML 2 a été développée en 1997, elle a été adoptée en tant que norme internationale ISO/IEC 14772-1 elle est désignée sous le nom de VRML97; elle représente une plate-forme ouverte et flexible pour créer des scènes à 3D interactives (mondes virtuels). Pendant que les ordinateurs s'améliorent dans des possibilités informatiques de puissance, de graphique et des lignes de communication deviennent plus rapidement. L'utilisation des graphiques à 3D devient plus populaire en dehors du domaine traditionnel de l'art et des jeux.

Le produit d'animation de Simulink 3D emploie la technologie VRML97 pour fournir une solution à 3D unique et ouverte de visualisation pour des utilisateurs de MATLAB. C'est

# Annexe 1

---

une contribution utile à une utilisation large de VRML97 dans le domaine du calcul technique et scientifique et de l'animation à 3D interactive.

## 2. Interface de V-Realm Builder

### 2.1 Caractéristiques de V-Realm Builder

V-Realm Builder possède un certain nombre de dispositifs importants qui prolongent notre capacité de construire les mondes 3D efficaces. Ceux-ci incluent :

\* **Interface intuitive** : L'interface de V-Realm Builder enlève le besoin de VRML de main-codage, sans emporter la puissance. Sa facilité d'utilisation nous permet de maîtriser rapidement son opération et de construire des mondes de VRML.

\* **Standards ouverts** : V-Realm Builder produit les dossiers qui peuvent être lus par tous les navigateurs conformes de VRML 2.0.

\* **Commandes étendus de la manipulation 3D** : V-Realm Builder inclut les outils puissants de manipulation de la forme 3D pour la transformation des objets et de l'éclairage.

\* **Bibliothèques personnalisables** : V-Realm Builder fournit des objets, des textures et des matériaux de VRML par l'objet personnalisable, la texture, et les bibliothèques matérielles. Un certain nombre de mondes d'exemple sont également inclus comme des exemples de dispositif disponible dans le VRML.

\* **Contrôle visuelle instantanée avec des vues multiples** : Un arbre de nœud et des vues multiples des objets 3D peuvent être simultanément montrés, intensifiant l'interaction de réalisateur avec l'environnement 3D en construction. Le V-Realm Builder montre jusqu'à quatre vu simultanées d'objet qui est indépendamment réglables pour le visionnement optimal.

\* **Placage de texture** : Des objets peuvent être donnés une consistance rugueuse avec des formats de fichier de GIF, JPEG et de RVB. Des textures de film sont soutenues avec les formats de fichier de MPEG1, MPEG2 et AVI.

\* **Importation d'objet 3D** : V-Realm Builder nous laisse importer n'importe quel dossier standard de VRML 1.0 aussi bien que les objets 3D créés dans les formats de fichier suivants : Front des ondes (\*.obj), CRU (\*.raw), studio 3D (\*.3ds), objet (\*.cob).

## Annexe 1

---

\* **Editeurs spécialisés** : Extrusion, animation principale d'armature, grille d'altitude et polygone modelant des éditeurs.

\* **Support audio et vidéo** : V-Realm Builder permet d'incorporer plusieurs formats de fichier audio et visuels utilisés généralement aux mondes qu'elles construisent.

\* **Points de vue définissables** : L'utilisateur a la capacité de sauver autant de positions dans un monde comme désiré. Ces positions peuvent être employées comme guides à diriger le monde ou comme excursion virtuelle.

\* **Arbre de nœud intelligent** : Pour éditer un dossier de VRML en ajoutant ou en insérant des nœuds. L'arbre de nœud place automatiquement l'objet de nœud les plus efficaces repèrent pour le codage de VRML. Dans beaucoup de cas, il agit en tant que contrôleur de syntaxe pour s'assurer que les nœuds sont placés convenablement.

\* **Barres d'outils intelligentes** : Quand les icônes de barre d'outils ne se rapportent pas à la fonction étant exécutée, les icônes qui sont liées à la tâche étant exécutée resteront pleines.

\* **Fichier de sortie simplifiée** : V-Realm Builder écrit les dossiers compacts du monde parce qu'il n'écrit aucune valeur qui est défaut. En outre, le constructeur fournit l'option de sauver automatiquement un dossier dans le format de fichier binaire comprimé

### 2.2 Interface V-Realm Builder

L'interface de V-Realm Builder se compose de trois parties suivantes:

Une partie sur le côté gauche en couleur blanc, s'appelle la fenêtre d'arborescence de nœud, et du côté droit une surface noir, s'appelle le volet d'affichage ou le travail s'effectuer et la troisième partie située au long de dessus et de côtés s'appelle les barres d'outils pour donner l'accès aux différentes modes.



# Annexe 1

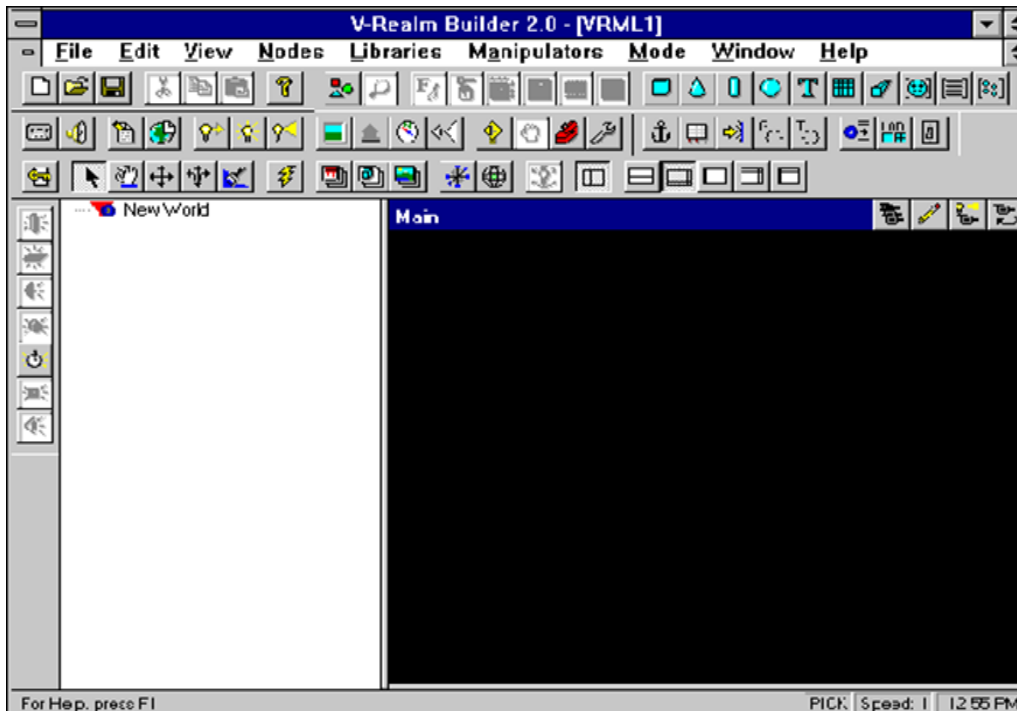


Figure 1. Interface V-Realm Builder

## 3. Fenêtres et Menus de V-Realm Builder

### ❖ Menu principal

Ce menu nous donne l'accès à toutes les commandes et les options disponibles.

**File Edit View Nodes Libraries Manipulators Mode Window Help**

Figure 2. Menu principal

- **File** : l'option **fichier** [File] dans le menu principal affiche une liste d'options de fichier.
- **Edit** : l'option **modifiée** [Edit] dans le menu principal affiche une liste d'options d'édition.
- **View** : l'option **Afficher** [View] dans le menu principal affiche une liste de points à vérifier. Les articles cochés seront actifs pendant la session de construction du monde.
- **Node** : Lorsque l'option **nœuds** [Nodes] est choisie dans le menu principal, la liste d'options s'affiche pour la sélection de l'utilisateur.
- **Libraries** : L'option **bibliothèque** [Libraries] permet à l'utilisateur d'ajouter et de modifier des éléments d'une bibliothèque sélectionnée, et d'importer un élément d'une bibliothèque vers la scène.

## Annexe 1

---

- **Manipulators** : Lorsque l'option **Manipulateurs [Manipulators]** est sélectionnée une liste d'options s'affiche. Pour sélectionner un objet de manipulation.
- **Mode** : Lorsque l'option **[mode]** est sélectionnée une liste d'options s'affiche pour choisir la couleur, le model, la navigation d'objets.
- **Window** : Quand l'option **[window]** est choisi les sous options (cascade, tuile et arranger les icones) s'affiche.
- **Help** : L'option d'aide **[help]** affiche les options de fichier d'aide du V-Realm Builder.

### 4. Barres d'outils

Chaque barre d'outils a été conçue pour donner à l'utilisateur toutes les fonctions concernant une tâche spécifique. En second lieu, chaque barre d'outils a été conçue pour répondre automatiquement au choix dans l'arbre de nœud ou les fenêtres de vue. Troisièmement, l'utilisateur a été chargé d'assurer la position de chaque barre d'outils. Et pour finir ; V-Realm Builder a été conçu pour donner à l'utilisateur la capacité de traiter chaque nœud de VRML.

#### ❖ La barre d'outils standard

La barre d'outils standard de l'application V-Realm Builder fournit les boutons : fichier [File], ouvrir [Open], enregistrer [Save], couper [Cut], coller [Paste], copier [Copy], et le bouton d'aide [Help]. Ces boutons permettent l'accès des utilisateurs aux fonctions de base du fichier.



**Figure 3.** Barre d'outils standard

#### ❖ Barre d'outils mode

La barre d'outils mode donne à l'utilisateur l'accès aux fonctions comme ; select, modèle [model], déplacer [move], Matériel de peinture [Material Painter], Animateur Key Frame, Test, bibliothèque de contrôles (objet, matériel, texture) [library control], manipulateur [manipulator], et la fenêtre de contrôle [window control].

## Annexe 1



**Figure 4.** Barre d'outils de mode

### ❖ Barre d'outils commune

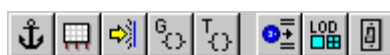
La barre d'outils commune rend disponible aux nœuds communs à l'utilisateur comme Audio Clip, bruit, manuscrit, [World Info], lumières, fond, brouillard, [Navigation Info], point de vue, itinéraire, utilisation, PROTO, et exemple PROTO. La barre porte-outils commune donne l'accès d'utilisateur à certains d'outils plus puissants (nœuds) disponibles dans le VRML.



**Figure 5.** Barre d'outils commune

### ❖ Barre d'outils de groupe

La barre d'outils groupe fait le regroupement des nœuds disponibles. Elle met à la disposition de l'utilisateur des nœuds spécialisés qui permettent l'amélioration de la géométrie, et des nœuds qui permettent à l'utilisateur de charger d'autre géométrie d'ailleurs. Les nœuds comme : Ancre [Anchor], Panneau d'affichage [Billboard], Collision [Collision], Groupe [Group], Transformer [Transform], En Ligne [Inline], LOD et Interrupteur [Switch] sont des types de nœuds très puissants, et une base pour la construction de mondes interactifs.



**Figure 6.** Barre d'outils de groupe

### ❖ Barre d'outils de la géométrie

La barre d'outils de la géométrie rend disponible à l'utilisateur tous les nœuds de la géométrie disponibles dans le VRML.



**Figure 7.** Barre d'outils de la géométrie

## Annexe 1

---

### ❖ Barre d'outils des capteurs

La barre d'outils des capteurs rend disponible à l'utilisateur tous les nœuds disponibles ; Le cylindre, le plan, le contact, la sphère, le temps, la proximité.



**Figure 8.** Barre d'outils des capteurs

### ❖ Barre d'outils de fenêtre principale

La barre d'outils de fenêtre principale comprend le bouton de position de visionneuse, le bouton de mode, le bouton à bascule de phare et le bouton de visionneuse de remise. Ces boutons affecteront seulement la fenêtre dont ils sont activés.



**Figure 9.** Barre d'outils de fenêtre principale

### ❖ Barre d'outils orthographique

La barre d'outils fenêtre orthographique se compose du bouton [Flip view], bouton Mode du rendu [Rendering Mode], bouton bascule de phare [toggle Headlight], et le bouton de réinitialisation d'observation [Reset Viewer].



**Figure 10.** Barre d'outils orthographique

## I.5 Bibliothèque de V-Realm Builder énumérées

La bibliothèque matérielle permet à l'utilisateur d'inclure des matériaux à leurs mondes. Il y a plusieurs types de bibliothèques disponibles. L'utilisateur doit s'assurer que le type approprié d'information a été annoncé à chaque bibliothèque. Dans la bibliothèque matérielle les matériaux simples peuvent être combinés pour créer des matériaux plus complexes, l'avantage de ce concept de bibliothèque est qu'une fois qu'un matériel a été créé, il peut être importé à un nouveau monde c.-à-d. il n'est pas nécessaire d'aller à un autre dossier.

# Annexe 1

## 6. Editeurs spécialisés

### ❖ Nœuds complexes de la géométrie

Des nœuds de la géométrie doivent être contenus dans un nœud de forme afin d'être visibles. Le nœud de forme contient exact un nœud dans son domaine de la géométrie. Ce nœud doit être l'un des nœuds suivants : Elevation Grid, extrusion, Indexed Face Set, ou un des primitifs. Plusieurs de ces nœuds contiennent la coordonnée, couleur, Nœuds de Texture en tant que nœuds géométriques de propriété. L'application des matériaux, les textures, et les couleurs sont différentes pour chaque nœud géométrique.



Figure 11. Nœuds complexes de la géométrie

### ❖ Editeur d'altitude

L'Editeur d'altitude est un réseau réglable s'étendant le long de plan de XZ qui est utile pour produire d'objet tel que des plates-formes et des paysages.

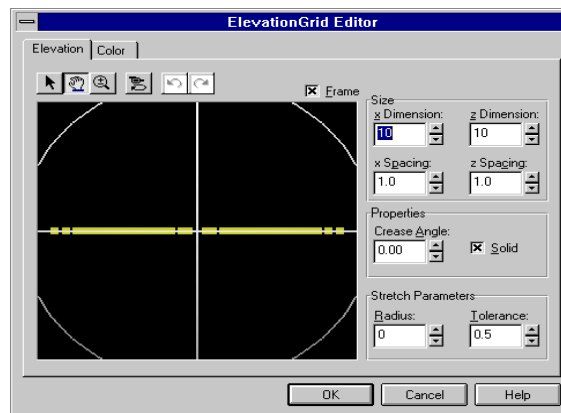


Figure 12. Grille d'altitude

### ❖ Éditeur d'extrusion

L'éditeur d'extrusion prend une forme d'entrée 2D et la prolonge d'une façon continue. La section transversale de la forme peut être choisie parmi la liste de formes primitives qui inclure un triangle, une sphère, et un grand carré. L'éditeur d'extrusion peut produire presque n'importe quelle forme imaginable, tout ce qui est exigée est une bonne illustration d'objet dans 3D.

# Annexe 1

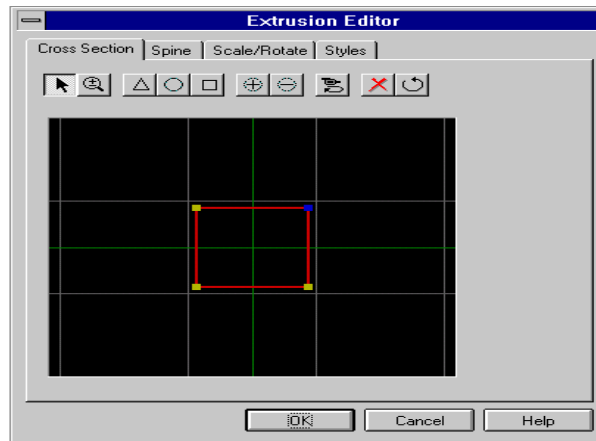


Figure 13. Editeur d'extrusion

## ❖ Éditeur réglé de face

L'éditeur réglé de face permet à l'utilisateur de réaliser d'objets en appliquant à chaque face effectué un ensemble de points d'intersection, les points d'intersection ajoutés ou soustraits, jusqu'à ce que le nombre désiré de points d'intersection puisse être déplacés pour produire la forme voulue. L'éditeur réglé de face a la capacité de modéliser la forme dans 3D, donnant à l'utilisateur la capacité de voir la forme de n'importe quel angle.

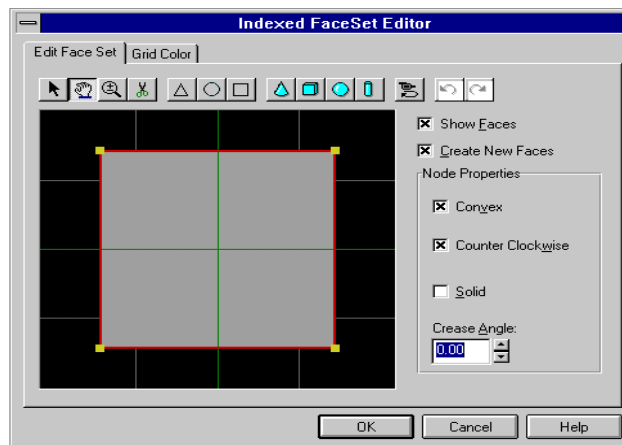


Figure 14. Rédacteur réglé de face

## 7. Conclusion

Au cours de ce travail, nous avons présenté et rappelé les différentes notions et définitions nécessaires du logiciel (l'interface, les barres d'outils et les caractéristique...) pour faciliter leur l'utilisation, ce dernier nous offre un outil du CAO pour la réalisation et la présentation graphique des maquettes virtuelles à 3D à partir d'objet 3D.

## Annexe 2

---

### Programmation

Dans cette partie on donne le programme d'un API simulé sous Matlab pour la station de distribution.

#### ✓ Calcul des états

```
function y=prog_api(ux)
init=ux(1); bp=ux(2); a0=ux(3); a1=ux(4); r0=ux(5); r1=ux(6);
xp0=ux(7); xp1=ux(8); xp2=ux(9); xp3=ux(10); xp4=ux(11);
s0=xp4&r0|init; s1=xp0&bp&~init; s2=xp1&a1&~init; s3=xp2&r1&~init;
s4=xp3&a0&~init;
r0=xp1&~init; r1=xp2|init; r2=xp3|init; r3=xp4|init; r4=xp0|init;
x0=(xp0|s0)&(~r0);x1=(xp1|s1)&(~r1);x2=(xp2|s2)&(~r2);x3=(xp3|s3)&(~r3);
x4= (xp4|s4) & (~r4);
y=[x0 x1 x2 x3 x4]+0
return
```

#### ✓ Calcul des sorties

```
function y=prog_api22(cx)
x=cx(1:5);
r1=cx(6);a1=cx(7);
vs=x(2);bs=x(3);vr=x(4);br=x(5);
y=[vs bs vr br]+0;
return
```

## Annexe 3

---

### Liste des symboles

a0, b0, r0 : capteurs de positions de vérins à double effet à l'état initial.

a1, b1, r1 : capteurs de positions de vérins à double effet à l'état final.

c0, e0 : capteurs de positions de vérins rotatifs à l'état initial.

c1, e1 : capteurs de positions de vérins rotatifs à l'état final.

p0, p1, p2, p3 : capteurs de positions indiquant les quatre positions du plateau à indexation.

v+ : la sortie de la tige du vérin à double effet.

v- : la rentrée de la tige du vérin à double effet.

br+ : la rotation du bras pour transférer la pièce.

br- : retour de bras à l'état initial.

lm : la monte de la plateforme du module de levage.

ld : la descente de la plateforme du module de levage.

pl+ : la rotation du plateau à indexation.

pl- : le retour du plateau à indexation à son état initial.

prd : descente de la perceuse.

prm : la monte de perceuse.

ev+ : évacuation de la pièce par le bras.

ev- : retour du bras d'évacuation à son état initial.

### Abréviation

PO : la partie opérative.

PC : la partie commande.

PR : la partie relation.

AP : automate programmable.

SPI : système de production industriel.

CAO : conception assistée par ordinateur.

3D : trois dimensions ; plan (x, y, z).



## **Résumé**

Au cours de ce travail nous avons rappelé les différentes notions et définitions d'un système automatisé qui nous aide à la réalisation des maquettes virtuelles des chaînes de production automatisées et à la conception.

Nous avons réalisé une bibliothèque de composants en utilisant le logiciel V-Realm Builder, elle contient des actionneurs, practionneurs, capteurs etc. Cette bibliothèque sert à la réalisation des maquettes virtuelles des chaînes de production automatisées. Nous avons réalisé six stations de production selon un cahier des charges donné et nous avons développé les modèles dynamiques pour quatre stations à titre d'exemple d'utilisation.

Avant de procéder à la réalisation de la chaîne de production, nous avons testé les quatre stations avec leurs conduites par des automates programmables industriels simulés sous Matlab/Simulink. Une fois les tests sur les stations terminés nous avons procédé à la combinaison des maquettes virtuelles réalisées pour obtenir des maquettes virtuelles d'une chaîne de production comportant quatre stations nous avons fait les mêmes testes avec la chaîne de production réalisée.

Nous espérons que notre travail sert bien à la conception virtuelle de chaînes de production, que ce soit en travaux pratiques ou en industrie. De plus, la bibliothèque est ouverte et on peut rajouter d'autres composants au fur et à mesure (selon les besoins des concepteurs). Et comme ça notre travail est ouvert pour toutes les améliorations futures possibles (automates, composants, modules, stations, chaînes, même ateliers).