

Enseigner avec MecLab®

563064



N° de commande : 563064
Situation : 12/2021
Auteurs : A. Hüttner, R. Pittschellis, M. Klaus, M. Hübsch, M. Striegel, T. Lust, J. Schwarz
Rédaction : F. Ebel
Lay-out : 05/2008, F. Ebel, S. Durz

© Festo Didactic, D-73770 Denkendorf, Allemand, 2021

Internet : www.festo-didactic.com

E-mail : did@de.festo.com

Toute communication ou reproduction de ce document, toute exploitation ou communication de son contenu sont interdites, sauf autorisation expresse. Tout manquement à cette règle est illicite et expose son auteur au versement de dommages et intérêts. Tous droits réservés, particulièrement le droit de déposer des modèles d'utilité ou des modèles de présentation.

La reproduction partielle du présent document est réservée aux ayant-droits et uniquement à des fins pédagogiques.

Remarque :

Il est possible que la présente brochure fasse uniquement mention des enseignants, étudiants etc. Il va de soi qu'elle s'adresse également aux enseignantes, étudiantes etc. L'absence de déclinaison au féminin dans le présent document n'est en aucun cas l'expression d'une quelconque discrimination. Elle vise uniquement à faciliter la lecture et la compréhension des formulations.

Contenu

1	Introduction et justification didactique	5
2	Vue d'ensemble du système d'apprentissage MecLab	10
3	Mise en service des stations	13
3.1	Installation de FluidSIM®	13
3.2	Structure des stations	13
3.3	Consignes de sécurité	14
3.4	Consignes de maintenance	15
4	Station chargeur-empileur	16
4.1	Intérêt technique	16
4.2	Composants de la station chargeur-empileur	18
4.3	Structure et câblage	20
4.4	Transformation de l'électrodistIBUTEUR 4/2	23
4.5	Solution d'un problème-exemple avec le chargeur-empileur	24
5	Station bande transporteuse	36
5.1	Intérêt technique	36
5.2	Composants de la station bande transporteuse	38
5.3	Structure et câblage	39
5.4	Création d'un exemple de programme pour la bande transporteuse	39
6	Station manutention	51
6.1	Intérêt technique	51
6.2	Composants de la station manutention	53
6.3	Mise en service de la station manutention	55
6.4	Réalisation d'une opération simple avec la station manutention	56
7	Conseils pour l'organisation de l'enseignement	73
7.1	Récapitulatif des supports fournis	73
7.2	Organisation de l'enseignement	74
8	Travail sur les projets	82
8.1	Objectifs de la pédagogie de projet	82
8.2	Caractéristiques de la pédagogie de projet	82
8.3	Phases de la pédagogie de projet	85

1 Avant-propos de la 2e édition

MecLab a été introduit sur le marché en 2008 et est depuis lors utilisé avec succès dans le monde entier. Jusqu'à présent, aucune révision significative n'a été nécessaire, ce qui témoigne de la qualité du concept original.

Toutefois, les progrès techniques ont rendu certaines révisions nécessaires :

- Les vannes VUVB utilisées à l'origine ont été remplacées par des vannes VUVG plus modernes. Elles sont plus compactes, mais sont des vannes à 5/2 voies au lieu de 4/2 voies. Cela ne change rien à la fonction, les anciens schémas de câblage peuvent toujours être utilisés.
- La barrière lumineuse en fourche de la station de convoyage a été remplacée par une unité à fibres optiques. Il est plus compact et peut donc être positionné plus facilement à d'autres endroits.
- La pince mécanique du poste de manutention a été remplacée par une pince aspirante. Cela signifie que MecLab couvre désormais aussi le sujet du vide.
- Il existe un nouveau Mini-EasyPort, qui offre de nombreux avantages par rapport à l'ancien modèle (par exemple, un écran pour l'indication du statut et un bouton de commande multifonction). En outre, le nouveau Mini-EasyPort peut également être programmé avec l'outil de programmation EasyLab si vous ne souhaitez pas travailler avec FluidSIM.
- Enfin, la version quelque peu obsolète de FluidSIM MecLab, qui était encore basée sur la version 4, a été remplacée par une version actuelle basée sur la version 6. Cette version est désormais entièrement compatible avec les versions actuelles de Windows et permet également l'utilisation de plusieurs EasyPorts sur un même ordinateur.

Ainsi, MecLab est devenu encore meilleur et toutes les instructions ont été légèrement révisées en conséquence. Dans ce manuel "Enseigner avec MecLab", les schémas de circuit ont été adaptés aux nouvelles vannes à 5/2 voies et les photos des produits ont été mises à jour. Cependant, les changements dans l'interface utilisateur de FluidSIM sont minimes, de sorte que la section sur la station de la bande transporteuse n'a pas été adaptée).

Dans la section théorique "Fondements de la technologie de l'automatisation", une section sur le vide a été ajoutée.

Les tâches ont également été mises à jour, les illustrations des composants ont été actualisées et les schémas de circuit ont été adaptés si nécessaire. En outre, deux tâches ont été ajoutées :

- Une tâche sur le thème de la manipulation avec le vide.
- Une tâche sur le thème du couplage de deux stations

Nous espérons que le nouveau MecLab sera aussi bien accueilli dans les écoles que la première version.

2 Introduction et justification didactique

À l'ère du savoir, les techniques d'automatisation, partie essentielle des sciences techniques, prennent une importance croissante. À la pointe du progrès technico-scientifique, elles sont la plus parfaite expression de la créativité et du dynamisme des scientifiques et ingénieurs. Les techniques d'automatisation contribuent à modifier durablement les conditions de vie et de travail, puisqu'elles se portent garantes d'une productivité élevée et d'un niveau de qualité constant, tout en comblant les besoins croissants en matière de savoir-faire technique. Cela s'applique aussi bien à la vie professionnelle qu'au cercle privé.

En sa qualité de science technique, l'automatisation met en œuvre des connaissances issues de presque toutes les disciplines technologiques. En effet, ce secteur de recherche interdisciplinaire de haut niveau n'aurait pas connu une telle évolution sans une maîtrise des principes scientifiques issus de l'électrotechnique, la construction mécanique, le génie chimique et l'informatique, pour ne citer que quelques exemples.

Il n'est pas un jour sans que des hommes soient confrontés à des systèmes automatisés, quel que soit leur âge. Ils utilisent les escalators, les portes à ouverture automatique, posent leurs achats sur des tapis roulants à la caisse de leur supermarché ou retirent de l'argent dans un distributeur automatique. Les techniques d'automatisation sont omniprésentes. Tout un chacun est régulièrement amené, à titre privé ou professionnel, que ce soit directement ou indirectement, à choisir, utiliser, analyser ou évaluer des systèmes automatisés dans un but précis.

C'est la raison pour laquelle les objectifs pédagogiques d'une formation technique générale d'avenir doivent être quelque peu recentrés sur les techniques d'automatisation.

Les objectifs fondamentaux sont les suivants :

- promouvoir les connaissances implicites et explicites sur les systèmes automatisés ;
- développer des aptitudes et des compétences en vue de l'utilisation des systèmes automatisés ;
- renforcer les savoir-faire en matière de sélection (adéquation avec les besoins), de mise en service (fiabilité) et de maintenance (entretien minutieux) de systèmes automatisés.

Les techniques d'automatisation sont complexes. C'est pourquoi il est fondamental, mais difficile de déterminer des contenus pédagogiques adaptés à un cours technique général préprofessionnel.

L'innovation, moteur de l'économie, suppose avant tout de la créativité de la part de techniciens, qui, de par leur formation, peuvent non seulement s'adapter, mais surtout appréhender positivement l'évolution incessante de la technologie. C'est la raison pour laquelle l'enseignement technique général se doit de répondre à des exigences bien spécifiques. Il convient de sélectionner et de proposer des contenus pédagogiques qui puissent aider les élèves non seulement à appréhender la technique, mais aussi à la manier avec aisance.

Tout homme doit s'adapter en temps utile à l'évolution incessante du monde du travail, notamment par l'acquisition des connaissances nécessaires. Les savoirs spécifiques ne sont généralement dispensés qu'au cours de la formation professionnelle. La tendance veut toutefois que les connaissances de base soient inculquées plus tôt dans le cursus. C'est la raison pour laquelle le cours technique général, de même que l'enseignement technique dispensé dans le cadre des cours d'introduction au monde du travail ou de projets multidisciplinaires, prennent une importance croissante. Les démarches didactiques actuelles s'appuient systématiquement sur le niveau des apprenants.

L'enseignement technique préprofessionnel est étroitement lié à d'autres disciplines, comme celles qui ont trait aux principes théoriques de la technique, qui lèvent le voile sur les relations structurelles et, enfin, exploitent la technique et permettent d'appréhender son utilité.

Les objectifs de l'enseignement technique préprofessionnel peuvent être présentés comme suit :

- présenter la technique comme un instrument créé par l'homme, qui utilise et apprivoise les lois de la nature, mais forme un complément aux forces de la nature ;
- amener à percevoir la technique comme une œuvre créée par l'homme en vue de répondre à des contraintes, des exigences et des besoins intrinsèquement liés aux enjeux économiques, écologiques et sociaux ;
- inciter l'apprenant à s'approprier la technique et à la mettre à profit ;
- créer des conditions propices à une pensée et une action créatives vis-à-vis de la technique ;
- favoriser le développement personnel des jeunes, de manière à contribuer à leur maturité en général et à leur maturation technique en particulier ;
- donner accès à un mode d'action global (planification, réalisation, contrôle, évaluation réalisés par les apprenants), tant au stade de la découverte que de la création (conception, fabrication, utilisation) et de l'appropriation de la technique.

Orienter l'enseignement technique préprofessionnel en fonction des dernières découvertes de la psychopédagogie :

- initier une pensée en réseau, globale et créative ;
- réfléchir aux relations entre l'apprentissage et la vie active, de manière à poser les bases de l'appropriation et du perfectionnement de la technique ;
- favoriser l'épanouissement des forces créatrices des hommes et par là même une exploitation multivalente de la technique au sein du contexte économique, écologique et social.

Critères relatifs au contenu d'un cours technique préprofessionnel

- Adapter, dans la mesure du possible, les contenus à l'univers de l'apprenant. Pour ce faire, montrer les mutations profondes amenées par la technique dans tous les secteurs de la société, mais également dans le cercle privé, en se basant sur des exemples très actuels.
- Élaborer les contenus de sorte que les apprenants aient la possibilité d'agir en s'aidant de la technique, de discerner ses effets, ses fonctions et de découvrir leurs propres aptitudes à son contact.

Les techniques d'automatisation figurent parmi les disciplines les plus pointues et le cursus technique dispensé dans les établissements d'enseignement général aborde des contenus particulièrement complexes. Leur découverte et leur appropriation supposent des moyens plus poussés que les simples cours magistraux ou les supports pédagogiques multimédia. L'intervention d'experts dans le cadre du travail pédagogique et la visite d'usines visant à « créer une passerelle avec le monde du travail » s'avèrent également insuffisantes.

Il convient plutôt d'offrir aux apprenants la possibilité de manipuler activement les systèmes, d'observer et d'identifier les sous-systèmes et composants ainsi que leurs interactions, mais aussi de monter et démonter eux-mêmes les unités. Il s'agit bel et bien de solliciter tous les sens de l'apprenant. À cet effet, le cours peut intégrer des modèles complexes, c'est-à-dire des supports pédagogiques réalistes qui favorisent la mise en pratique. Ces supports dispensent des informations, représentent fidèlement la réalité, établissent des bases de communication et ouvrent la voie à un apprentissage actif, autonome et coopératif. Ces modèles transposent le monde du travail à l'intérieur même de l'établissement.

Le système d'enseignement et d'apprentissage MecLab® mis au point par Festo Didactic se compose de trois sous-systèmes, à savoir un chargeur-empileur, une bande transporteuse et un système de manutention. Il vise à familiariser les apprenants avec les systèmes automatisés. Ce système simule les applications d'automatisation avec un grand réalisme. Il s'agit d'un système d'apprentissage multisupport spécialement conçu pour des objectifs pédagogiques précis. Les trois sous-systèmes qui le composent (chargeur-empileur, bande transporteuse, manutention) sont autonomes mais peuvent être associés. Chacun d'entre eux peut être considéré comme un ensemble pédagogique exemplaire. En effet, ils allient à l'apprentissage essentiellement reproductif (démontage) un apprentissage essentiellement productif (fabrication).

Les modèles peuvent être construits à l'aide de modules. Cette démarche privilégie la synthèse. Les modèles démontables pouvant être modifiés ou transformés par les élèves eux-mêmes pour être adaptés à diverses exigences, comme le système MecLab®, se prêtent aussi bien à l'analyse qu'à la synthèse des systèmes. Dans le cadre de l'analyse, le modèle devient un simple module, dont les composants permettent de reconstituer un modèle.

MecLab® est un système d'enseignement et d'apprentissage composé d'un ensemble de supports. Il est complété par les éléments suivants :

- logiciel informatique ;
- séquences vidéo ;
- dessins techniques ;
- schémas des flux de matière, d'énergie et d'informations.

L'utilisation du système MecLab® ou de ses composantes permet naturellement d'établir le lien entre la théorie et la pratique. L'efficacité pédagogique des théories, c'est-à-dire des concepts isolés et systèmes conceptuels, hypothèses, thèses, prémisses, principes, règles et lois, tient notamment à la découverte de leurs applications pratiques. Les théories des sciences techniques se reflètent dans la multitude de leurs incarnations dans le monde réel. La pratique renvoie à la technique en général et à la grande diversité de ses applications.

Les relations entre la théorie et la pratique peuvent être établies de deux manières, à savoir soit en s'appuyant sur les connaissances théoriques pour amener les élèves à la pratique, soit en procédant à une analyse des applications pratiques pour remonter ensuite aux principes théoriques de base. Il va de soi que la méthode pour y parvenir peut revêtir de nombreuses formes. Il est essentiel que les élèves ne s'initient pas à la pratique uniquement par le biais de descriptions ou d'images, mais qu'ils se l'approprient véritablement, ou du moins ses représentations, qu'ils l'expérimentent et qu'ils s'exercent à la résolution de problèmes.

MecLab® permet d'exploiter les contenus pédagogiques théoriques et pratiques liés aux techniques d'automatisation, parmi lesquels :

- types de commandes ;
- principes de base des capteurs ;
- interrelations fonctionnelles entre les capteurs et les actionneurs à l'intérieur d'un système ;
- fonctions logiques de base ;
- principes élémentaires de programmation des systèmes automatisés ;
- conséquences économiques et écologiques de l'automatisation des processus techniques sur le plan individuel, social etc.

MecLab® est un système très élaboré, mais aussi très abordable. Il est principalement destiné aux cours de technologie dispensés dans les établissements secondaires d'enseignement technique ou général à partir de la 3ème. Des connaissances de base en matière de production, de génie mécanique, d'électrotechnique et d'informatique peuvent être utiles, mais elles ne sont pas indispensables. Les connaissances fondamentales nécessaires, comme les principes physiques de base des actionneurs et des capteurs, des relais ou des fonctions logiques, peuvent être dispensées par le biais du corpus théorique (partie théorique) et des exercices types fournis. Il convient toutefois d'accorder une plus grande attention aux applications qu'aux principes de base.

Les objectifs pédagogiques visés à travers l'utilisation du système MecLab® sont les suivants :

- Dispenser aux élèves des connaissances de base sur la commande automatique des machines et installations à travers le système MecLab®. Cette démarche permet d'analyser, de mettre en œuvre et de contrôler les enjeux de la préparation des travaux, mais aussi la fabrication, le transport et le stockage des produits à l'aide de systèmes automatisés avec une approche réaliste et résolument pratique.
- Montrer aux élèves la grande diversité des solutions techniques et les conséquences de l'enchaînement des machines et systèmes robotisés. Les élèves peuvent ainsi appréhender les relations entre les techniques d'automatisation complexes et leurs conséquences économiques et écologiques, tant sur le plan individuel que social. Ils sont incités à mettre en pratique les principes de fonctionnement et de conception et, par là même, à s'exprimer de manière claire et précise, en employant la terminologie et la symbolique spécifiques.
- Donner aux élèves la possibilité de décrire, de concevoir, de documenter et de tester concrètement des solutions techniques d'automatisation des process, individuellement et collectivement. Ce faisant, les amener à expérimenter la synergie entre les diverses disciplines techniques que sont la mécanique, l'électrotechnique, l'électronique et l'informatique dans le cadre du développement de systèmes automatisés, mais aussi à comprendre l'intérêt du travail d'équipe.
- L'ordinateur est devenu un véritable outil de résolution des problèmes économiques et techniques. Il faut donc inciter les élèves à poser un regard pratique et critique sur les résultats obtenus, mais aussi à entreprendre les modifications nécessaires au niveau des solutions techniques qu'ils ont eux-mêmes élaborées.

MecLab® devrait redéfinir les références en matière de cours technique, puisqu'il permet aux apprenants d'accéder véritablement à la pensée technique des ingénieurs, mais aussi de l'expérimenter véritablement. En utilisant des éléments issus du milieu industriel, comme les symboles, les schémas d'ensemble et les fiches techniques, les élèves bénéficient d'un apprentissage pratique étonnant de réalisme.

3 Vue d'ensemble du système d'apprentissage MecLab®

Le système d'apprentissage MecLab® se compose principalement de trois stations, qui modélisent respectivement les fonctions suivantes :

- magasinage et séparation,
- transport et
- manutention.

Ces trois process sont représentatifs de toute installation automatisée de fabrication.

La figure 2.1 illustre une véritable chaîne de fabrication de pièces métalliques pliées. Les plaques métalliques brutes sont transportées par un convoyeur à rouleaux (3) (fonction de transport) en direction des postes de traitement (1, 2, 7) pour emboutissage. Le premier robot (4) prend les pièces du convoyeur pour les placer dans un magasin (5, fonction magasinage). Le deuxième robot (6) extrait les plaques du magasin et les achemine vers le troisième poste de traitement (7) (manutention et séparation).

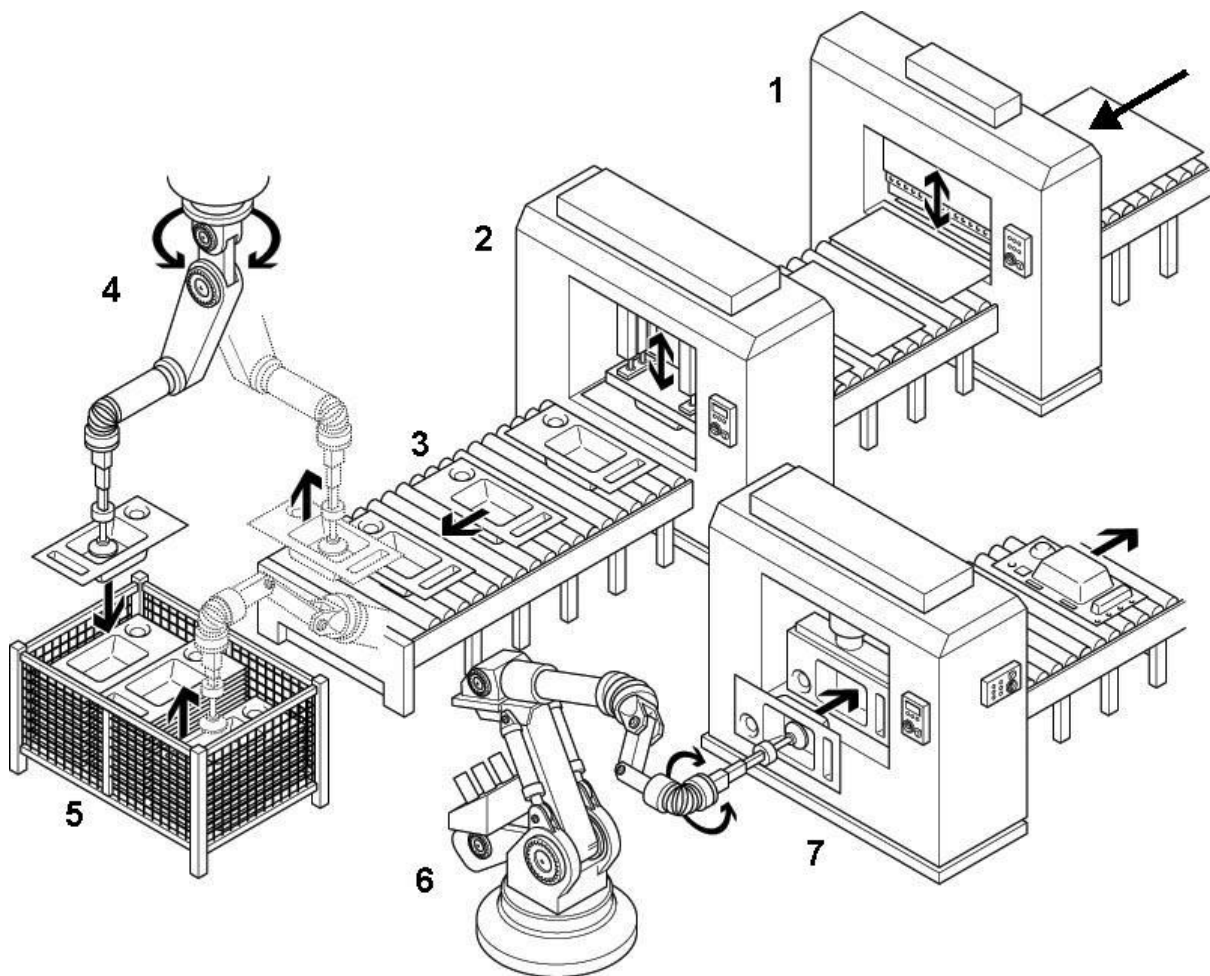


Figure 2.1 : fabrication automatique de pièces métalliques embouties

Les différentes stations du système MecLab® offrent des fonctions similaires :

- Station « chargeur-empileur »
Le stockage des pièces, puis la séparation des pièces conjuguée à l'unité d'emboutissage permettent de « matricer » les pièces, c'est-à-dire de les faire passer par une presse.
- Station « bande transporteuse »
Il s'agit du convoyage (transport) de pièces conjugué à un électro-aimant, qui peut aussi servir à séparer ou à trier les pièces.
- Station « manutention »
Cette station peut servir à déplacer les pièces d'un poste à un autre, mais aussi à assembler des pièces.

La suppression ou l'ajout de composants, comme des capteurs ou des actionneurs, permet d'élargir ou de modifier les fonctions des stations. C'est précisément l'objet des projets à réaliser.

Exemple

Si l'on retire l'électro-aimant de la station bande transporteuse, celle-ci conserve sa fonction de convoyage, mais ne peut plus effectuer de tri. Si l'on tourne l'électro-aimant de l'autre côté de la bande transporteuse, l'aiguillage se transforme en stoppeur.

Outre les stations, le système d'apprentissage comporte les composants suivants :

- compresseur d'alimentation des stations en air comprimé ;
- logiciel de simulation et de commande FluidSIM® ;
- interface EasyPort de raccordement des stations au PC ;
- blocs d'alimentation électrique pour l'interface EasyPort ;
- pièces ;
- outillage et petit matériel ;
- matériel didactique d'accompagnement (comme le présent manuel) sur CD-ROM.

Les stations sont pilotées par le logiciel de simulation et de commande FluidSIM®, associé à une interface EasyPort. L'interface EasyPort permet au logiciel FluidSIM® de lire les signaux en provenance des capteurs des stations, mais aussi de piloter les actionneurs des stations. Pour ce faire, la station est reliée au port USB du PC à l'aide de l'interface EasyPort. L'interface EasyPort est raccordée au secteur par les blocs d'alimentation. Les exemples de programmes fournis favorisent l'initiation à la programmation.

Certaines fonctions des stations peuvent également être déclenchées en actionnant directement les distributeurs (en appuyant sur le bouton bleu de commande manuelle du distributeur).

Les stations sont fournies montées. Il est toutefois possible de les transformer à l'aide de l'outillage fourni, de manière à expérimenter d'autres fonctions techniques. Chacune des stations possède sa fonction propre et peut donc être utilisée individuellement. Elles peuvent aussi être regroupées dans une chaîne de fabrication. Les composants sont interchangeables et peuvent être transposés d'une station à une autre.

Les documents fournis (sur CD-ROM) sont plus précisément les suivants :

- Introduction (présent document)
- Instructions de mise en service des trois stations
Consignes de mise en service détaillées étape par étape
- Partie théorique
La partie théorique rassemble les principales technologies, composants et informations annexes qui peuvent être utiles pour travailler avec le système MecLab®.
- Feuilles d'exercice
Ces feuilles d'exercice permettront à vos élèves de se familiariser avec le système d'apprentissage MecLab®, de s'initier aux principales technologies et de réaliser des projets simples.
- Présentation PowerPoint
Recueil des principaux graphiques destinés à illustrer le cours

Parallèlement, il est possible d'obtenir des informations sur tous les composants de MecLab® dans FluidSIM®. Pour ce faire, il suffit d'amener le pointeur de la souris sur le symbole correspondant, puis de faire un clic droit.

4 Mise en service des stations

4.1 Installation de FluidSIM®

Le logiciel de simulation et de commande FluidSIM® est indispensable pour piloter les stations du système MecLab®. Il faut donc commencer par l'installer sur l'ordinateur. L'ordinateur en question doit être équipé d'un lecteur de CD-ROM ainsi que d'un port USB (version 1.1 ou supérieure).

Pour installer FluidSIM®, insérer le CD-ROM joint dans le lecteur, ouvrir le dossier FluidSIM®, lancer le fichier « setup.exe », puis suivre les instructions.

4.2 Structure des stations

Les stations du système MecLab® sont fournies montées. Pour mettre une station en service, procéder comme suit :

1. Insérer le module d'interfaçage EasyPort (1) dans le connecteur femelle SubD prévu à cet effet dans le répartiteur multipôle (3).
2. Raccorder le bloc d'alimentation à l'interface EasyPort (2).
3. Raccorder l'interface EasyPort au PC à l'aide du câble USB (4) fourni.
4. Lancer le logiciel FluidSIM®, cliquer sur « Fichier, Ouvrir », puis charger un exemple de programme adapté (cf. tableau).
5. Pour lancer l'exemple de programme, cliquer sur la flèche de démarrage de FluidSIM®.

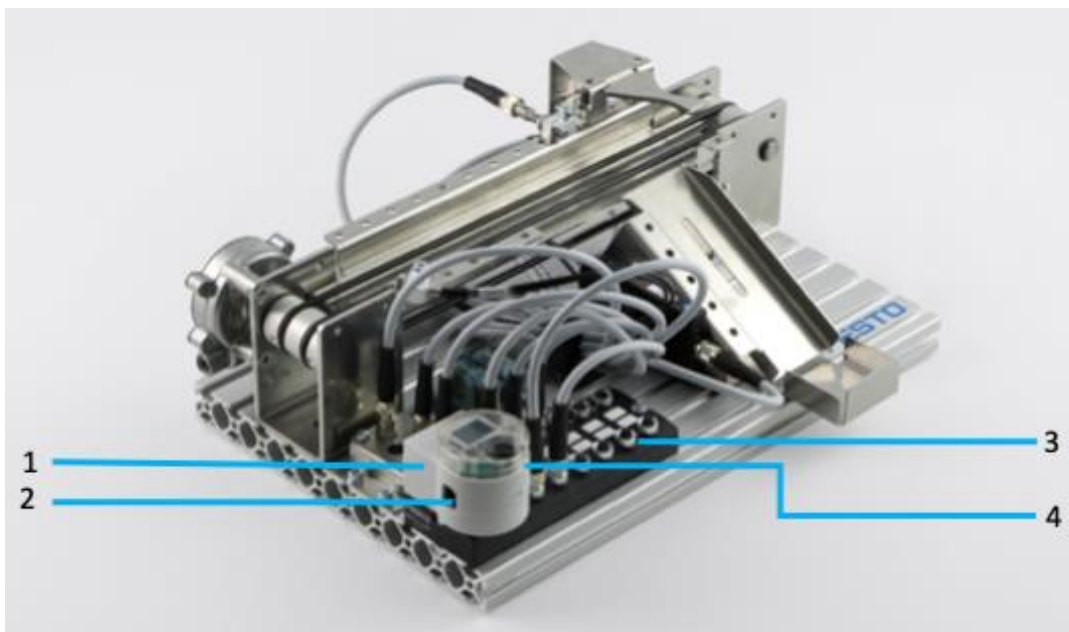


Figure 3.1 : raccordement de l'interface EasyPort

Vue d'ensemble des exemples de programme

Exemple de programme	Station	Fonction
1-4.ct	Chargeur-empileur	Commande manuelle d'un vérin à simple effet
1-5.ct	Chargeur-empileur	Commande manuelle d'un vérin à double effet
1-7.ct	Chargeur-empileur	Éjection du couvercle et insertion du couvercle sur la boîte (automatique)
2-5a.ct	Bande transporteuse	Mise en marche de la bande par la barrière lumineuse
2-7.ct	Bande transporteuse	Mise en marche de la bande par la barrière lumineuse, tri des pièces métalliques, arrêt au bout de 5 s
2-8.ct	Bande transporteuse	Identique à 2-7.ct, mais avec inversion manuelle du sens de la bande
DC MOTOR RELAIS. ct	Bande transporteuse	Mise en marche/arrêt automatique du moteur de la bande, inversion du sens de rotation
3-4.ct	Manutention	Sortie manuelle de l'axe z
3-6.ct	Manutention	Sortie automatique de l'axe z, marche continue
3-7.ct	Manutention	Transfert automatique d'une pièce du plateau arrière au plateau avant

4.3 Consignes de sécurité

Le système MecLab® a été conçu conformément à toutes les directives de sécurité en vigueur. Mais comme avec tout système technique, il convient de respecter certaines consignes de sécurité pour éviter les risques de dommages corporels :



Généralités

- Les apprenants ne doivent pas intervenir sur une station sans la surveillance d'un formateur/d'une formatrice.
- Il convient d'étudier les données qui figurent sur les fiches techniques des différents éléments et d'accorder une attention particulière aux consignes de sécurité !

Électrotechnique

- Couper l'alimentation pour effectuer ou débrancher un raccordement électrique !
- La tension ne doit pas être supérieure à 24 V CC.



Pneumatique

- Ne pas dépasser la pression admissible, soit 400 kPa (4 bars).
- Monter et serrer tous les raccords des tuyaux avant d'enclencher l'air comprimé.
- Systématiquement dépressuriser le circuit pour débrancher des tuyaux.
- Faire preuve d'une vigilance particulière lors de l'activation de l'air comprimé. Les vérins sont susceptibles de se déployer ou de se rétracter de manière intempestive.
- Toute projection de tuyau sous l'action de l'air comprimé est susceptible de provoquer des accidents. Couper immédiatement la pression. Festo Didactic préconise le port de lunettes de protection. Dimensionner les tuyaux de manière à établir des liaisons les plus courtes possibles entre deux raccords.
- Montage du circuit pneumatique :
Relier les appareils avec le tuyau en plastique de diamètre extérieur 4 ou 6 mm. Emmancher le tuyau à fond sur chaque union (jusqu'en butée). Il n'est pas nécessaire d'ajouter des dispositifs de serrage !
- Couper l'alimentation pneumatique avant de débrancher le circuit.
- Démontage du circuit pneumatique :
Appuyer sur la bague de desserrage bleue, puis retirer le tuyau.

Compresseur

- Le compresseur permet de régler la pression. Pour ce faire, tirer sur le bouton tournant du manodétendeur et le tourner jusqu'à ce que le manomètre indique la pression souhaitée. Ensuite, repousser le bouton tournant pour le bloquer.
- Ne pas toucher le compresseur pendant la marche ou juste après le fonctionnement. Il est susceptible de monter en température.
- Après l'arrêt du compresseur, dépressuriser le réservoir de ce dernier.
- Il est préconisé de ne pas laisser le compresseur fonctionner en continu pendant plus d'une heure.

Mécanique

- Monter et serrer tous les composants sur la platine.
- Arrêter la station avant d'intervenir sur ses composants.

4.4 Consignes de maintenance

Le système MecLab® ne nécessite quasiment pas de maintenance.

Il convient toutefois de vidanger régulièrement l'eau de condensation qui s'est accumulée dans le réservoir du compresseur par le biais du séparateur de condensats. Vérifier périodiquement que le réservoir du compresseur n'est pas endommagé.

5 Station chargeur-empileur

5.1 Intérêt technique

Tout processus de production nécessite le stockage temporaire de matières premières, de produits semi-finis ou de produits finis. Pour ce faire, on utilise fréquemment des palettes ou des rayonnages (en hauteur). Mais au sein même de l'environnement de production, il est nécessaire de stocker les pièces de manière qu'elles puissent être acheminées dans le process le plus rapidement possible.

Nombre de petites pièces comme les vis, les écrous ou les ressorts sont fournies en vrac et doivent être rangées avant de pouvoir être traitées de manière automatisée. Pour ce faire, on utilise généralement des bols vibrants (figure 4.1). Leur vibration rapide amène les petites pièces dans des chicanes, qui ne laissent passer que celles qui sont correctement positionnées. Ainsi, seules les pièces qui sont correctement orientées peuvent être acheminées dans le process de production, bien qu'elles ne soient absolument pas rangées au départ.



Figure 4.1 : bol vibrant de stockage et de tri de vis

Les pièces fragiles sont généralement fournies rangées et conditionnées. Les pièces de petite taille sont fréquemment conditionnées sous forme de bande et les grandes pièces rangées sur des palettes (la figure 4.2 illustre des circuits intégrés (CI) sur une palette, généralement appelée « plateau » dans l'industrie électronique).



Figure 4.2 : CI sur palette

Le chargeur-empileur est l'un des moyens les plus simples d'entreposer des pièces de manière ordonnée. En conditions réelles de production, les composants sont fournis sous forme de chargeurs, de manière à remplir rapidement les magasins à empilage.

La station chargeur-empileur offre, outre les fonctions « magasin » et « séparation », une fonction « insertion ». Si l'on dépose une boîte sur la table de réception, cette station peut extraire un couvercle du chargeur, puis l'insérer sur la boîte grâce à un deuxième vérin pneumatique.

La station chargeur-empileur permet d'aborder des contenus électrotechniques, mais aussi d'introduire dans le cours la thématique « pneumatique ». Elle se prête en effet à des exercices élémentaires sur la fonction ou la commande manuelle d'un distributeur, mais aussi à l'élaboration de commandes automatiques plus complexes, qui mettent en œuvre différents vérins pneumatiques pilotés par divers distributeurs.

La station chargeur-empileur offre une grande modularité pédagogique. Peu importe qu'elles soient utilisées dans un cours magistral ou à des fins d'apprentissage autonome et coopératif : les diverses stations du système MecLab® permettent de transposer le monde actuel du travail à l'intérieur même de l'établissement et d'initier les « salariés de demain » à ses exigences.

Le chargeur-empileur est commandé automatiquement par le logiciel FluidSIM®, tout comme la bande transporteuse et le système de manutention. Les élèves ont donc la possibilité de se former à la structure et à la fonction des programmes d'automatisation des processus de production. Pour ce faire, il suffit qu'ils disposent de quelques connaissances préalables sur l'utilisation des programmes de CAO/FAO. Les connaissances préalables utiles sont les suivantes :

- fonction de circuits simples,
- fonctionnement des programmes utilisateur usuels,
- déroulement des process de production et
- principes de base pneumatiques.

Si les acquis dans ces domaines sont insuffisants ou même inexistants, les connaissances nécessaires pourront être dispensées en s'appuyant directement sur le modèle, ses composants et modules périphériques, dans un laps de temps raisonnable.

5.2 Composants de la station chargeur-empileur

La station chargeur-empileur est constituée de divers composants, qui peuvent être utilisés individuellement ou combinés au gré du cahier des charges. Elle a été spécialement conçue pour s'adapter aux diverses exigences techniques avec une grande souplesse. Il suffit de se munir de l'outillage fourni.

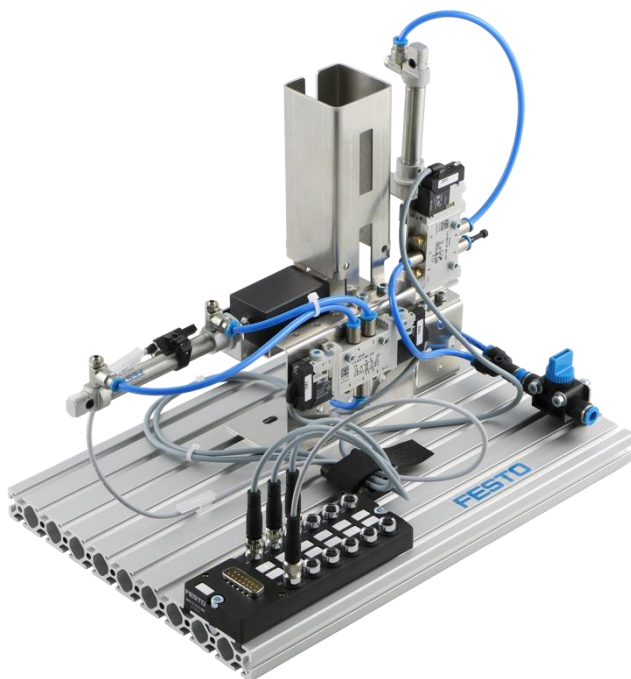


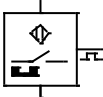

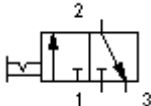



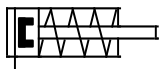

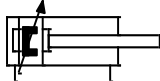

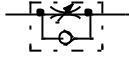

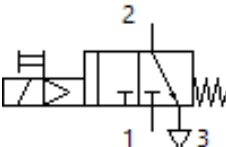
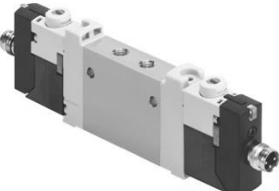
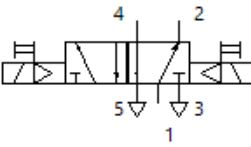

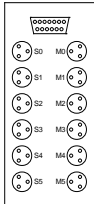


Figure 4.3 : structure globale de la station chargeur-empileur

Le tableau suivant indique les principaux composants de la station chargeur-empileur, ainsi que les symboles correspondants.

Illustration	Symbole	Description
		Kit de fixation pour le montage de capteurs de proximité
		Capteur de proximité magnétique pour la détection de position du piston du vérin
		Robinet d'arrêt 3/2 pour coupure de l'air comprimé et mise à l'échappement
		Répartiteur en T pour air comprimé
		Vérin à simple effet, course de 50 mm, diamètre de piston de 10 mm
		Vérin à double effet, course de 50 mm, diamètre de piston de 10 mm
		Limiteur de débit unidirectionnel, pour régulation de vitesse des actionneurs pneumatiques
		Électrodistributeur 3/2 à rappel pneumatique
		Électrodistributeur 5/2 bistable
		Répartiteur multipôle pour le raccordement des composants électriques

5.3 Structure et câblage

Le système MecLab® est partiellement assemblé. Il peut toutefois être nécessaire de le démonter, puis de le remonter dans l'optique de certains objectifs ou techniques pédagogiques. Cela ne devrait pas poser le moindre problème, à condition de suivre les consignes de ce chapitre.

La station chargeur-empileur repose sur une platine profilée en aluminium munie de rainures permettant de fixer les diverses pièces à l'aide d'écrous rectangulaires. Tous les autres composants sont également vissés et peuvent être démontés et remontés en utilisant la clé à fourche et la clé Allen fournies. Le tournevis sert principalement à régler les limiteurs de débit unidirectionnels. Le flexible pneumatique peut être coupé à la longueur qui convient à l'aide du coupe-tuyaux.

Nota

Proscrire les ciseaux et autres cutters, sous peine de problèmes d'étanchéité.

La station de magasin d'empilage est livrée partiellement assemblée : Seul le capteur de contrôle de la position finale du cylindre d'éjection doit encore être monté. Cela permet de surveiller la séquence et de démarrer une nouvelle étape du programme lorsque la position finale du vérin à double effet est atteinte.

Un kit de fixation pour le montage des capteurs de proximité sur le vérin a été spécialement prévu à cet effet. Il doit être fixé à l'aide de la vis correspondante. Il suffit ensuite d'introduire le capteur dans son support, puis de le serrer avec précaution, en imprimant un demi-tour à la vis à six pans creux.

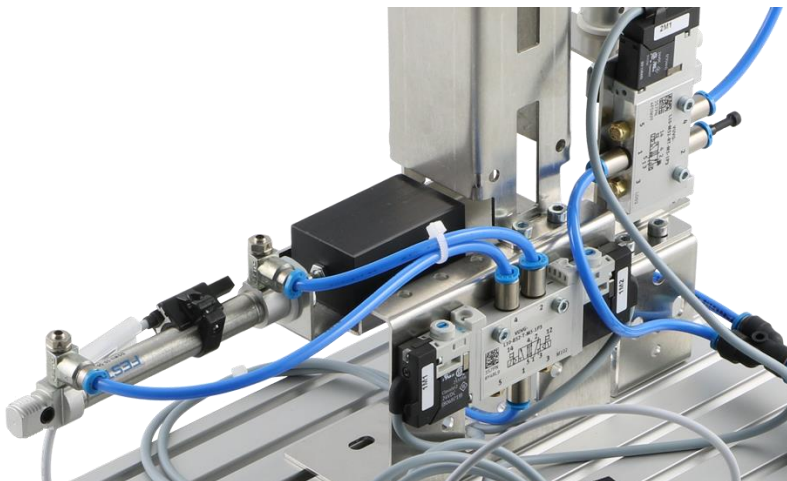


Figure 4.6 : capteur de proximité sur vérin

Pour établir la liaison entre l'ordinateur et les différents composants, il faut raccorder les capteurs au répartiteur multipôle.

Les câbles des distributeurs doivent être raccordés à la rangée qui comporte des numéros impairs (entrées) du répartiteur multipôle (1, 3, 5, 7, 9, 11). La rangée qui porte des chiffres pairs (0, 2, 4, 6, 8, 10) (sorties) est destinée aux câbles des capteurs.

5.4 Solution d’un problème-exemple avec le chargeur-empileur

Ce problème-exemple vise à illustrer, pas à pas, l’interaction entre le logiciel FluidSIM® et les composants matériels de la station chargeur-empileur.

Énoncé du problème

Mettre au point un chargeur-empileur avec les fonctions suivantes : éjection d’une pièce déclenchée par une brève action sur un bouton-poussoir et rétraction de l’éjecteur pilotée par un deuxième bouton-poussoir.

Analyse de l’énoncé

- Le signal de sortie doit être mémorisé, puisque le bouton-poussoir ne sera actionné que brièvement.
- Le vérin à double effet est commandé par un électrodistributeur 4/2.
- La mémorisation du signal du bouton-poussoir fait appel à un électrodistributeur 4/2 bistable.

Solution

La première étape consiste, si ce n’est déjà fait, à monter et raccorder le deuxième distributeur ainsi que le capteur de proximité magnétique (voir chapitre 4.3). Le schéma d’ensemble de la figure 4.8 montre un exemple de raccordement des composants. Le tableau 4.1 récapitule le raccordement du capteur et des aimants de distributeur au niveau du répartiteur multipôle.

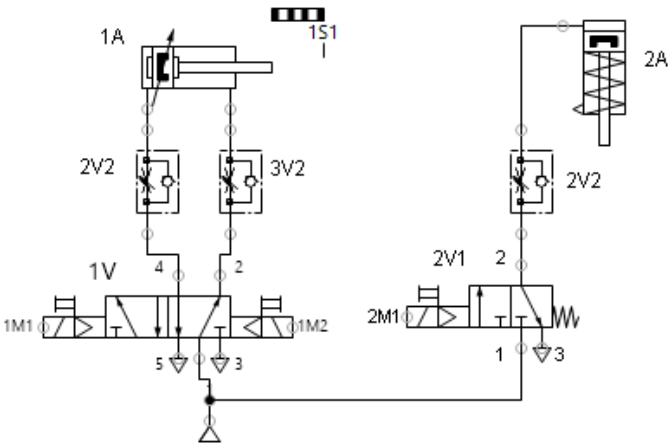


Figure 4.8 : schéma d’ensemble pneumatique de la station chargeur-empileur

Emplacement	Affectation	Marque (repère)
0	Capteur	1S1
1	Aimant de distributeur	2M1
3	Aimant de distributeur	1M1
5	Aimant de distributeur	1M2

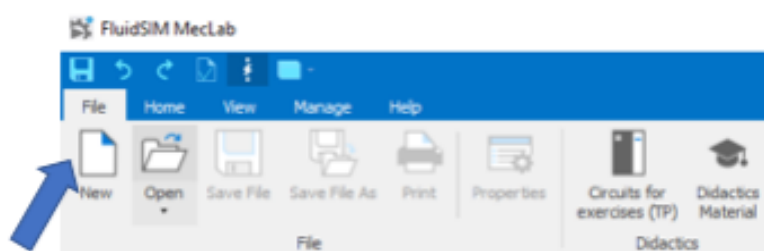
Tableau 4.1 : affectation des connecteurs de la station chargeur-empileur

Étape 1 : lancement du programme FluidSIM®

- Ouvrir le logiciel FluidSIM® en double-cliquant sur l'icône correspondante.



- Ouverture d'un nouvel espace de travail
Cliquez sur l'icône en forme de page blanche, à gauche dans la barre de menu. Un espace de travail vierge apparaît pour paramétrer la commande.



- Enregistrement de la nouvelle commande
Cliquez sur « Fichier » Enregistrer sous » dans la barre de menu, puis sélectionner le chemin d'accès et saisir le nom qui convient.

Étape 2 : création du schéma d'ensemble pneumatique

Les composants nécessaires à la création du schéma d'ensemble pneumatique sont rassemblés dans la barre de symboles, dans la partie gauche de l'écran. Pour les insérer dans le schéma d'ensemble, il faut :

- cliquer sur le symbole correspondant,
- maintenir la pression sur le bouton gauche de la souris,
- amener le symbole à l'endroit désiré dans le schéma d'ensemble, puis relâcher le bouton de la souris.

Le système pneumatique se compose d'un vérin à double effet, d'un électrodistributeur 4/2 bistable, de deux limiteurs de débit unidirectionnels et d'une alimentation en air comprimé. La figure 4.9 illustre les composants sur l'espace de travail.

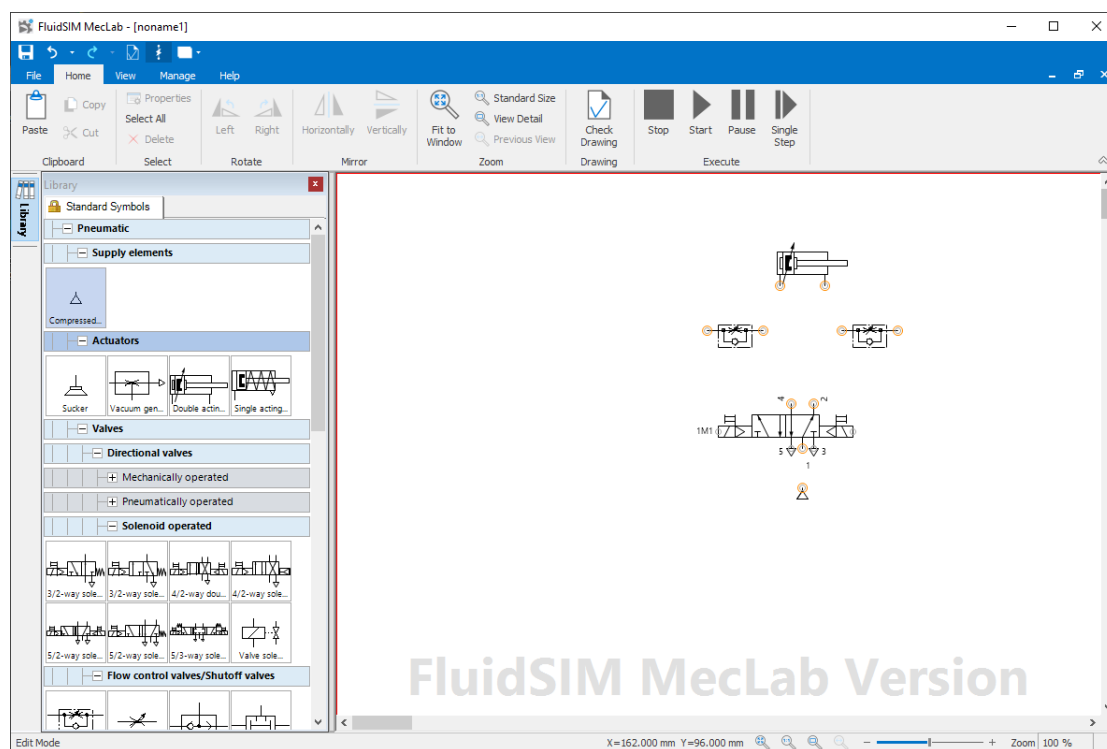


Figure 4.9 : placement des éléments dans l'espace de travail

Il convient de tourner les limiteurs de débit unidirectionnels pour que le schéma d'ensemble soit clair. Pour ce faire, amener le pointeur de la souris sur le symbole du limiteur de débit unidirectionnel qui figure dans l'espace de travail, puis effectuer un clic droit et sélectionner les options « Tourner », puis « 270° » dans le menu contextuel.

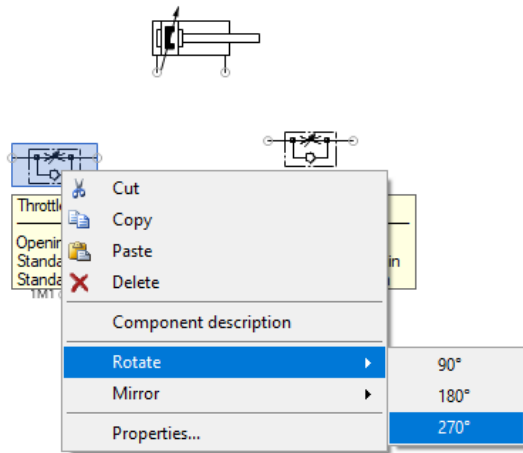


Figure 4.10 : rotation des limiteurs de débit unidirectionnels

Il faut ensuite tuyauter les composants, c'est-à-dire les raccorder à l'aide de flexibles. Pour ce faire, placer le pointeur de la souris sur l'un des points de jonction du symbole, de manière à faire apparaître un réticule. Appuyer sur le bouton gauche de la souris, puis amener le pointeur sur le point de jonction adéquat du symbole suivant. Relâcher le bouton gauche de la souris dès que le raccordement est confirmé par le pointeur en forme de réticule.

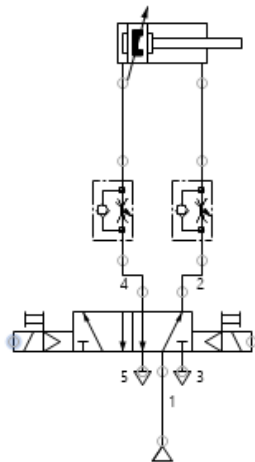


Figure 4.10 : composants pneumatiques tuyautés

Pour relier les aimants de distributeur au circuit électrique et à la station, il faut affecter aux divers raccords des aimants les marques qui conviennent.

Pour ce faire, cliquer sur le nœud d'un aimant de distributeur avec le bouton droit de la souris. Sélectionner l'option « Propriétés » dans le menu contextuel qui apparaît. Saisir la désignation dans le champ « Marque ». Conformément à la table de raccordement, les désignations sont respectivement 1M1 pour l'aimant de distributeur de gauche et 1M2 pour l'aimant de distributeur de droite.

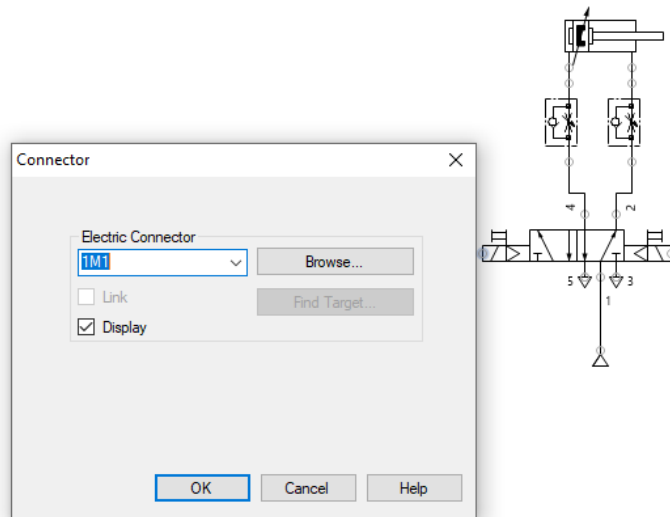


Figure 4.12 : saisie d'une marque pour un aimant de distributeur

Étape 3 : simulation du schéma d'ensemble pneumatique

FluidSIM® permet de simuler, et donc de tester le schéma d'ensemble pneumatique. Pour ce faire, il faut cliquer sur le bouton de démarrage pour lancer la simulation.

Le vérin sort ou rentre selon que l'on clique sur la commande manuelle auxiliaire droite ou gauche du distributeur avec le bouton gauche de la souris.

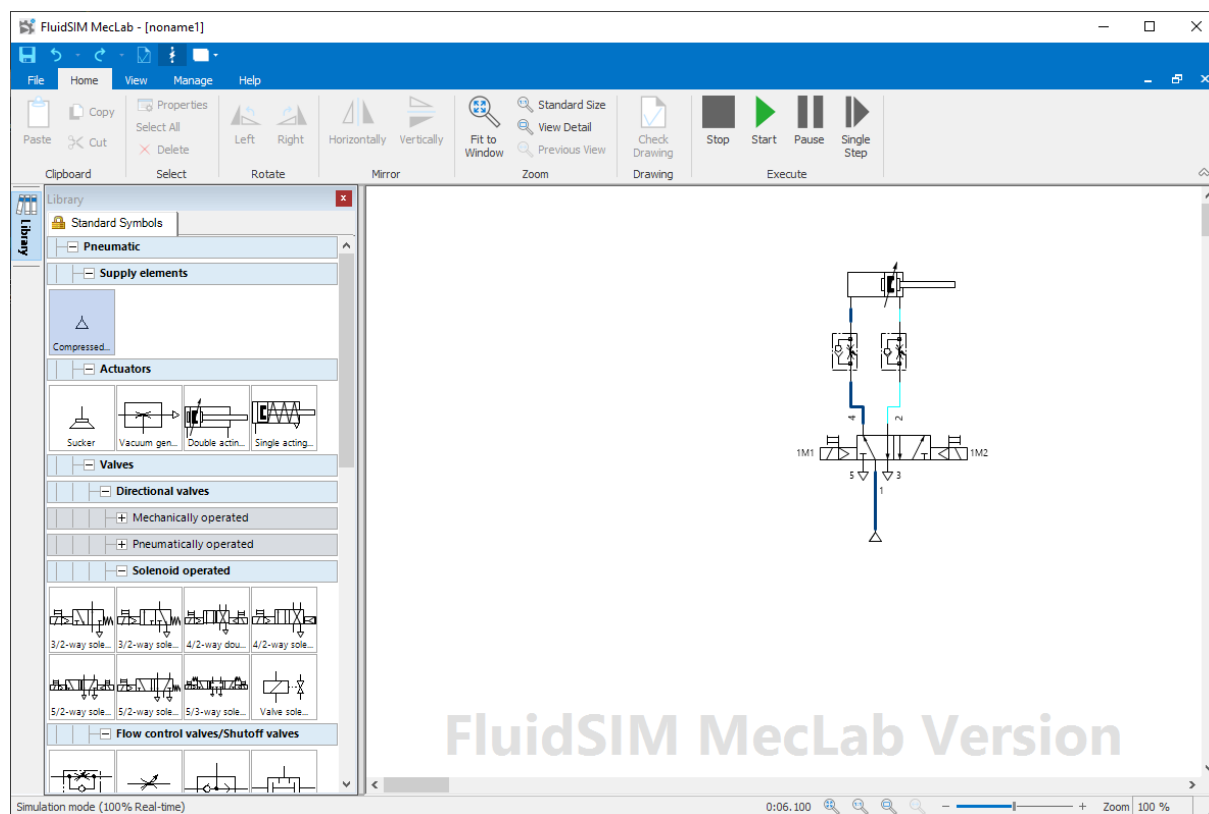


Figure 4.13 : simulation du circuit pneumatique

Étape 4 : création d'un schéma d'ensemble électrique

Commencer par insérer les composants nécessaires. Pour ce faire, sélectionner les symboles qui conviennent dans la colonne de gauche, dans la catégorie Composants électriques. Amener les symboles dans la fenêtre de travail (partie droite de l'écran du logiciel) en utilisant le bouton gauche de la souris.

Les composants nécessaires sont les suivants : alimentation électrique (24 V et 0 V), 2 boutons-poussoirs (contacts à fermeture) et 2 aimants de distributeur.

Nota

Le symbole des aimants de distributeur figure dans la catégorie Pneumatique (voir figure 4.9).

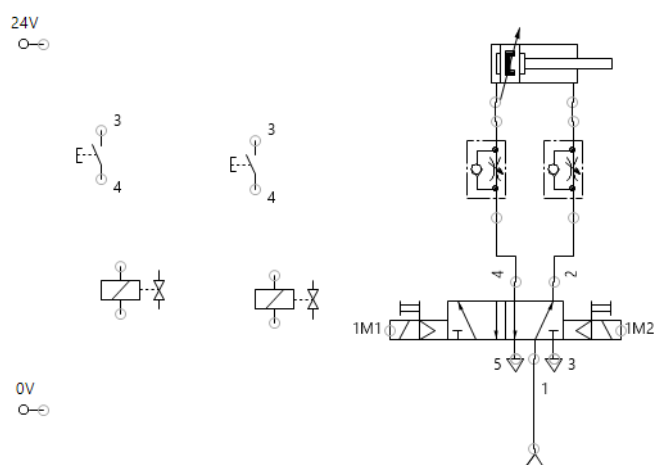


Figure 4.14 : espace de travail avec schéma d'ensemble pneumatique et composants électriques

Le câblage des composants électriques s'effectue de la même manière que le tuyautage des composants pneumatiques : il faut cliquer sur les contacts, puis tirer un câble de raccordement jusqu'au contact suivant. On obtient ainsi un schéma d'ensemble comme dans la figure 4.15.

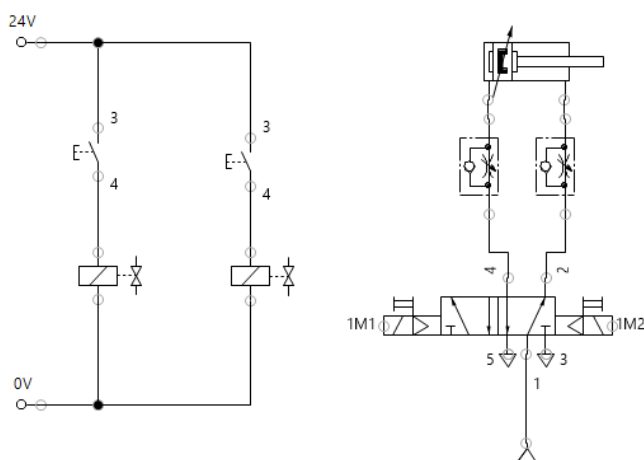


Figure 4.15 : câblage d'un circuit électrique

Le paramétrage des marques des aimants de distributeur est une étape cruciale, puisqu'elle permet d'établir les liens entre les circuits électrique et pneumatique.

La procédure est la même que pour les composants pneumatiques (voir l'étape 3). Cliquer sur le symbole des aimants de distributeur avec le bouton droit de la souris pour ouvrir le menu contextuel. Sélectionner l'option « Propriétés ». Saisir la marque dans la boîte de dialogue (figure 4.16). Les marques des aimants de distributeur doivent correspondre à celles des raccords du schéma d'ensemble pneumatique, en l'occurrence 1M1 et 1M2.

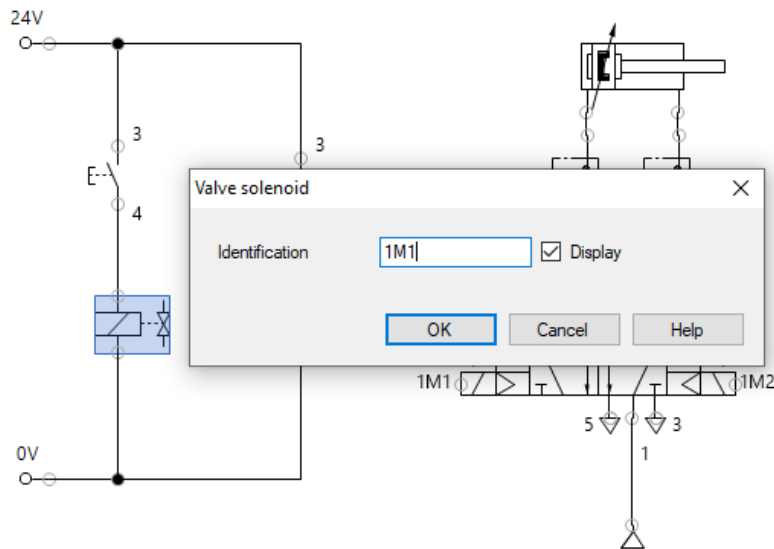


Figure 4.16 : insertion de marques au niveau des aimants de distributeur

Étape 5 : simulation du circuit dans son ensemble

Le bouton de démarrage permet de lancer la simulation dans FluidSIM®. Celle-ci permet de tester facilement les fonctions des circuits électrique et pneumatique, sans le moindre risque.

Pour déclencher les différents pas du programme, il faut cliquer sur les boutons-poussoirs en mode simulation. Le bouton-poussoir de gauche permet de fermer le circuit électrique et de commuter l'aimant de distributeur. Le distributeur ouvre alors le passage de l'air comprimé et le vérin pneumatique se déploie. Le bouton-poussoir de droite sert à ramener le piston du vérin dans sa position initiale.

FluidSIM® représente alors les éléments suivants :

- Circuit pneumatique
Les lignes en bleu clair symbolisent les conduites qui ne sont pas alimentées en air comprimé, tandis que les traits en bleu foncé représentent les conduites sous pression.
- Circuit électrique
Les traits en rouge correspondent à la partie fermée du circuit, c'est-à-dire aux câbles où le courant circule.

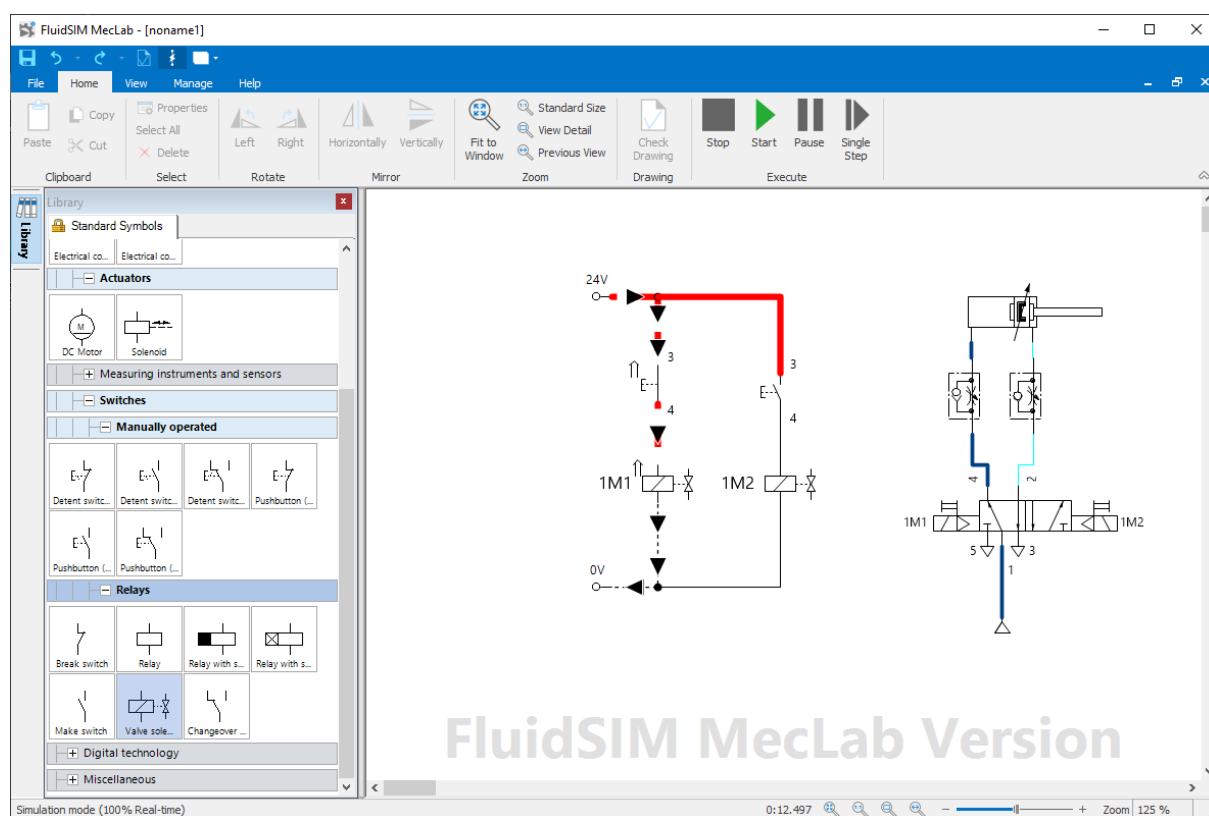


Figure 4.17 : simulation du circuit électropneumatique dans son ensemble

Étape 6 : test avec la station chargeur-empileur**Nota**

Il convient de bien respecter les consignes de sécurité lorsque la station est sous tension et alimentée en air comprimé !

Dès lors que le symbole du répartiteur multipôle est inséré dans le programme FluidSIM®, le vérin se déploie effectivement (dans la mesure où la station est raccordée par le biais de l'interface EasyPort). Si l'interface EasyPort n'est pas raccordée, un message d'erreur s'affiche. Une simulation reste néanmoins possible (voir figure 4.18).

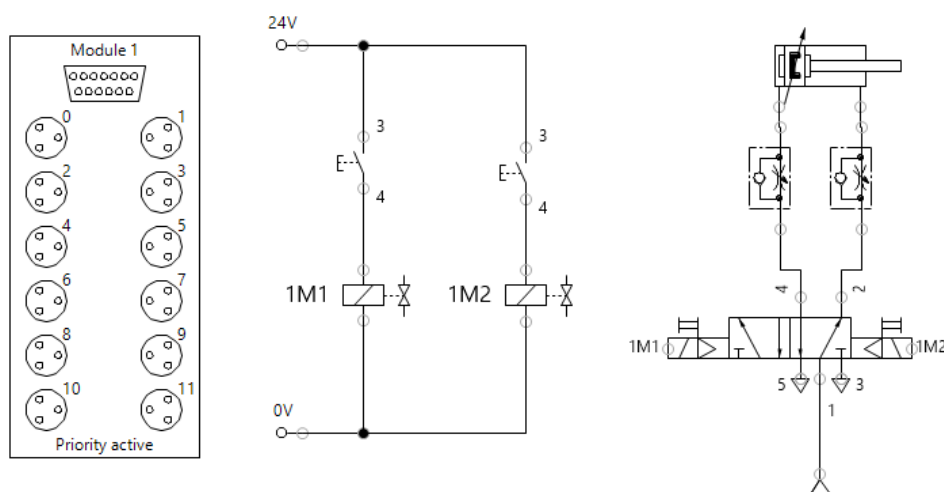


Figure 4.18 : programme avec répartiteur multipôle

Il ne reste plus qu'à adapter les marques qui correspondent au symbole du répartiteur multipôle. Pour ce faire, double-cliquer sur le symbole (figure 4.19).

Ensuite, modifier les marques conformément au tableau 4.1. Les marques doivent coïncider avec celles des schémas d'ensemble pneumatique et électrique. Le symbole multipôle établit ensuite la connexion avec la station chargeur-empileur. La désignation des marques (1M1 est une désignation technique usuelle, mais il est possible d'utiliser « Aimant distributeur gauche ») importe peu. En revanche, un élément doit systématiquement porter la même marque dans les schémas d'ensemble pneumatique et électrique, et être raccordé à l'emplacement qui convient sur le répartiteur multipôle.

Nota

La case du champ de contrôle « Vorrang bei angeschlossener hardware » (Priorité au matériel raccordé) doit être cochée. Elle permet d'utiliser les véritables signaux des capteurs, et non ceux qui sont simulés par le logiciel.

Dès lors que la simulation est lancée, le vérin de la station se déploie lorsque l'on appuie sur le bouton-poussoir S1. Le symbole multipôle indique l'état des canaux d'entrée et de sortie à l'aide d'un code couleur. Sur le répartiteur multipôle de la station chargeur-empileur, l'état des canaux d'entrée et de sortie est signalé par des LED. Il est alors possible d'étendre le programme pas à pas, pour y intégrer les autres actionneurs et capteurs de la station.

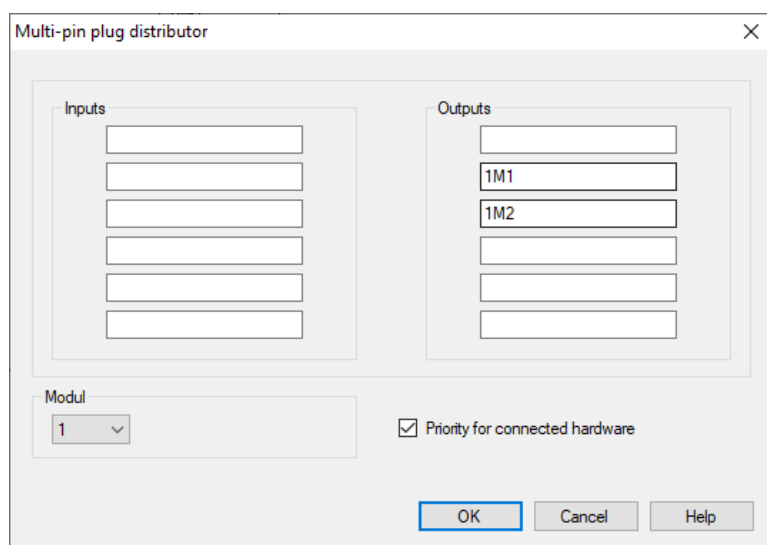


Figure 4.19 : boîte de dialogue du répartiteur multipôle

6 Station bande transporteuse

6.1 Intérêt technique

Les bandes transporteuses sont des systèmes fréquemment utilisées dans le milieu professionnel, notamment pour la production industrielle, la construction et l'agriculture. Elles jouent donc, au quotidien, un rôle important pour un grand nombre de personnes au sein des sociétés modernes. Les entreprises commerciales utilisent elles aussi des bandes transporteuses pour le transfert des marchandises, à l'image des caisses des grandes surfaces, mais aussi pour faciliter le déplacement de leurs clients, avec des escalators, par exemple. Dans les gares et les aéroports, les bandes transporteuses servent à acheminer les passagers et les bagages sur de longues distances, notamment d'un terminal à l'autre. Leur évolution est étroitement liée à l'industrialisation. Au début, les bandes transporteuses étaient actionnées par la force musculaire des hommes ou des animaux. Les moteurs électriques ne sont arrivés que plus tard et ils sont toujours utilisés du fait de leurs nombreux avantages.

L'apparition des bandes transporteuses a littéralement révolutionné la production industrielle. On la doit notamment à Henry Ford, qui a totalement repensé l'organisation du travail en mettant au point la chaîne d'assemblage appliquée à la production automobile en 1913. La chaîne de montage créée par Henry Ford est depuis longtemps dépassée sur le plan technique. Elle nécessitait des interventions manuelles qui supposaient une présence constante, et qui sont désormais prises en charge par des systèmes informatisés. La technique numérique ne cesse d'ouvrir de nouveaux horizons en matière d'automatisation.

Le travail manuel, parfois dur et monotone, cède de plus en plus la place à des installations automatisées.

La station bande transporteuse constitue un support pédagogique électromécanique rigoureux et facilement modifiable, tout en étant abordable et simple sur le plan technique.

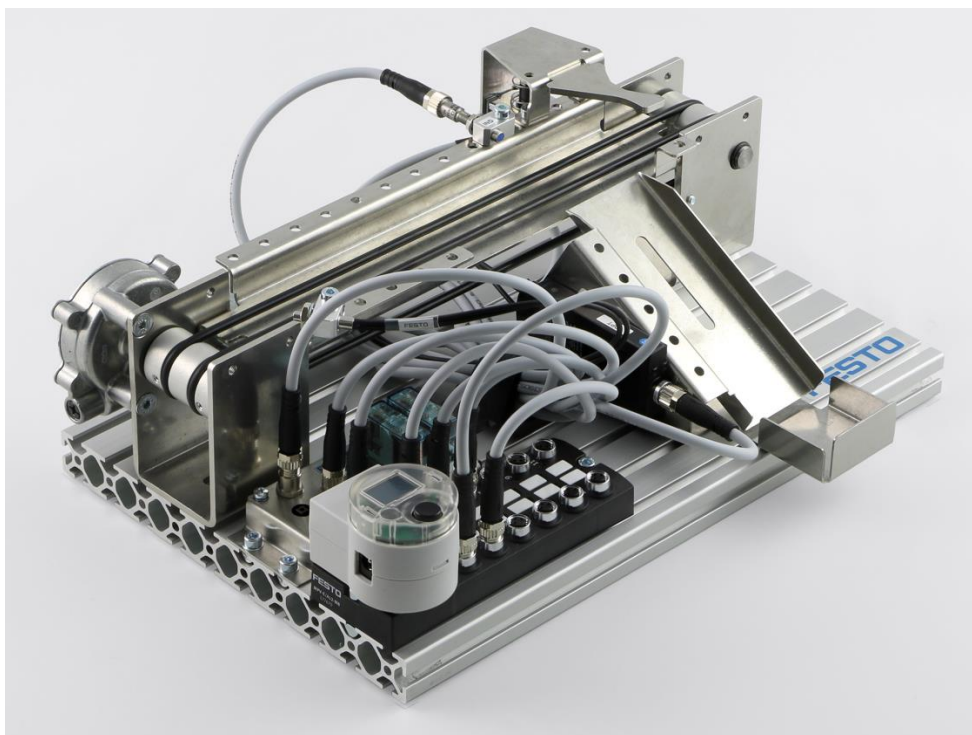
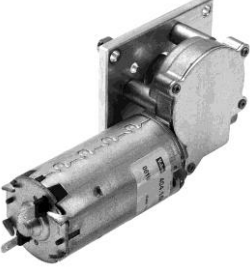




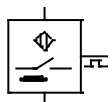

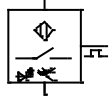
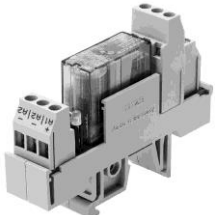
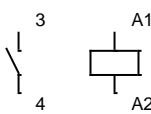

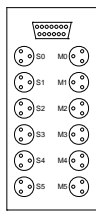


Figure 5.1 : station bande transporteuse

La station bande transporteuse peut tout aussi bien être intégrée au modèle global que considérée comme un sous-système à part entière. Il va de soi que son usage didactique varie selon l'approche adoptée. Ce système étant autonome, il offre diverses possibilités. Il comporte plusieurs sous-ensembles, eux-mêmes constitués de différents composants démontables. Les options didactiques sont donc nombreuses. La bande transporteuse étant un système à part entière, elle peut faire office de support pédagogique dans la durée. Mais elle offre également divers sous-ensembles et composants qui sont autant de supports d'étude distincts.

6.2 Composants de la station bande transporteuse

Le tableau suivant indique les principaux composants de la station bande transporteuse, ainsi que les symboles correspondants.

Illustration	Symbole	Description
		Motoréducteur à courant continu, servant à déplacer les courroies de la bande transporteuse et toutes les pièces convoyées. Possibilité de mouvement vers l'avant ou vers l'arrière.
		Électro-aimant (stoppeur/aiguillage) pouvant fonctionner soit en mode aiguillage, soit en mode stoppeur, c'est-à-dire soit décharger, soit arrêter les pièces qui se trouvent sur la bande, en fonction du côté où il se trouve.
		Capteur inductif susceptible de détecter des pièces métalliques ou métallisées.
		Capteur optique susceptible de détecter toutes les pièces qui coupent le faisceau de la barrière lumineuse (c.-à-d. toutes les pièces non transparentes).
		Relais de commande du moteur, servant à inverser la polarité (changement de sens).
		Répartiteur multipôle, faisant office d'interface de raccordement entre l'ensemble des actionneurs et capteurs de la station bande transporteuse et le PC de commande.

6.3 Structure et câblage

La station bande transporteuse est fournie montée. Avant la mise en service, il convient de raccorder la station au port USB du PC par le biais de l'interface EasyPort, comme indiqué dans le chapitre 3, mais aussi de la brancher sur le secteur en utilisant le bloc d'alimentation 24 V fourni.

Cette station est transformable et peut donc remplir diverses fonctions. Les fonctions sont principalement conditionnées par l'emplacement des capteurs et de l'électro-aimant :

- Selon le côté de montage de l'électro-aimant sur la bande transporteuse, celui-ci fera soit office de stoppeur, soit d'aiguillage (par exemple pour acheminer les pièces non conformes vers une glissière).
- La barrière lumineuse détecte toutes les pièces, tandis que le capteur inductif ne se déclenche qu'en présence de pièces métalliques. Il est donc possible de définir des actions activées par toutes les pièces, uniquement par les pièces métalliques ou uniquement par les pièces non métalliques (par exemple mise en marche ou arrêt du moteur, déclenchement de l'électro-aimant).

Il convient de veiller à câbler correctement les actionneurs et les capteurs pour utiliser les exemples de programmes fournis. L'affectation des connecteurs figure dans le schéma de principe de l'exemple de programme.

6.4 Création d'un exemple de programme pour la bande transporteuse

Ce problème-exemple vise à illustrer, pas à pas, le fonctionnement du logiciel FluidSIM® ainsi que son interaction avec les composants matériels de la station bande transporteuse.

Énoncé du problème

La bande transporteuse doit remplir les tâches suivantes :

La bande doit être mise en marche par un bouton-poussoir et fonctionner soit jusqu'à ce qu'elle soit mise hors tension par le biais d'un deuxième bouton-poussoir, soit jusqu'à ce qu'une pièce parvienne en bout de bande. Le moteur doit alors s'arrêter automatiquement.

Analyse de l'énoncé

- Cette tâche nécessite uniquement le moteur de la bande, et non l'électro-aimant ou la glissière. Les composants superflus peuvent être démontés, mais ce n'est pas indispensable.
- Il est nécessaire de monter, au bout de la bande, un capteur qui détecte toutes les pièces. Il faut donc utiliser une barrière lumineuse. Le capteur inductif ne peut détecter que les pièces métalliques.
- Le programme de commande doit comporter un bouton-poussoir de démarrage du moteur et un deuxième bouton-poussoir d'arrêt.

Solution

La solution s'articule en quatre étapes :

1. Création de la structure mécanique
2. Création des schémas d'ensemble et programmation dans FluidSIM®
3. Test du programme par le biais d'une simulation
4. Test du programme avec la station bande transporteuse

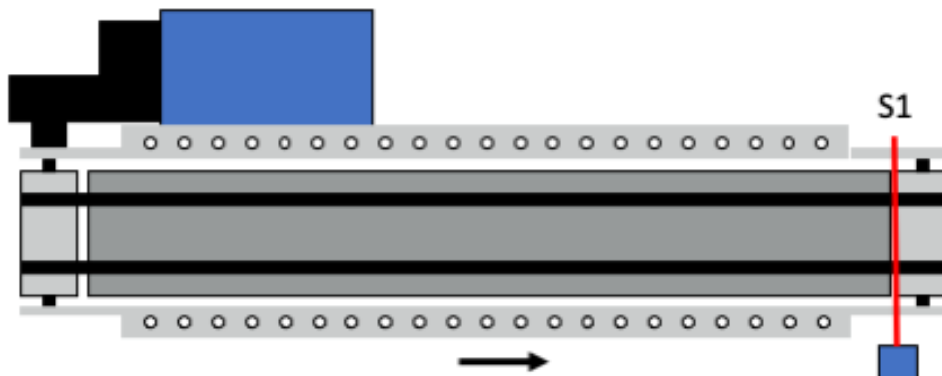
Étape 1 : création de la structure mécanique

Figure 5.2 : schéma de principe de la bande transporteuse

La figure 5.2 illustre le schéma de principe de la bande transporteuse nécessaire pour cette tâche. Ce schéma indique l'implantation des composants. Le schéma de principe est essentiel pour mettre au point le programme de commande.

Le capteur optique (barrière lumineuse) doit être positionné au bout de la bande. L'outillage fourni permet de l'installer facilement. Il est possible de retirer le stoppeur, mais ce n'est pas indispensable. Il en va de même pour la glissière.

Le tableau suivant donne une vue d'ensemble du câblage du répartiteur multipôle.

Emplacement du répartiteur multipôle	Affectation
0	Capteur optique S1
1	Relais moteur K1

Tableau 5.1 : affectation des connecteurs du répartiteur multipôle

Nota

Dans les schémas d'ensemble, les capteurs sont généralement désignés par la lettre « S » et les relais par la lettre « K ».

Étape 2 : création des schémas d'ensemble et programmation dans FluidSIM®

- Lancement de FluidSIM®
Pour parvenir à la page d'accueil du programme, double-cliquer sur l'icône du logiciel FluidSIM® avec le bouton gauche de la souris. Cliquer sur « Fichier › Nouveau » pour accéder à l'espace de travail.
- Implantation des composants nécessaires
L'ensemble des composants nécessaires à la simulation se trouve dans la « bibliothèque des composants ». Celle-ci comporte les rubriques suivantes :
 - Pneumatique
 - Composants électriques
 - Technique numérique
 - EasyPort
 - Divers

Les éléments nécessaires à la commande de la bande transporteuse se trouvent dans les rubriques Composants électriques et Technique numérique. Il suffit de cliquer sur la rubrique souhaitée avec le bouton gauche de la souris pour accéder aux diverses sous-rubriques et aux composants correspondants. Pour amener un composant dans l'espace de travail, cliquer sur le symbole correspondant avec le bouton gauche de la souris, le faire glisser, puis relâcher le bouton. Tous les composants nécessaires pour résoudre le problème doivent être sélectionnés dans la bibliothèque des composants, puis placés à l'endroit qui convient à leur fonction dans l'espace de travail.

Le tableau suivant contient une vue d'ensemble des principaux composants de FluidSIM®.

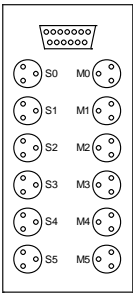
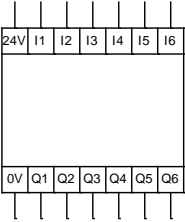
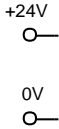

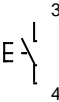
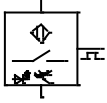
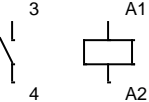
Symbole graphique	Désignation	Fonction
	Répartiteur multipôle	Établit la liaison avec le matériel. Les marques doivent concorder avec celles des actionneurs et capteurs dans le logiciel FluidSIM®.
	Module numérique (peut également être un petit automate programmable industriel (API)).	Contient le programme logique et s'ouvre d'un double-clic.
	Source de tension	Sert à l'alimentation électrique des composants. Attention : les composants ne fonctionnent pas en mode simulation s'ils ne sont pas raccordés à l'alimentation électrique.
	Moteur à courant continu	Groupe moteur de la bande transporteuse, activé et désactivé par le biais de relais.
	Interrupteur (à commande manuelle)	Permet d'intervenir manuellement sur le programme.
	Capteur (optique)	Les raccords supérieur et inférieur servent à l'alimentation électrique, tandis que le raccord latéral est dédié à la sortie de signal.
	Bobine de relais avec interrupteur	Lorsque la bobine est sous tension, l'interrupteur correspondant (c.-à-d. l'interrupteur qui porte la même marque) est commuté.

Tableau 5.2 : composants importants de FluidSIM®

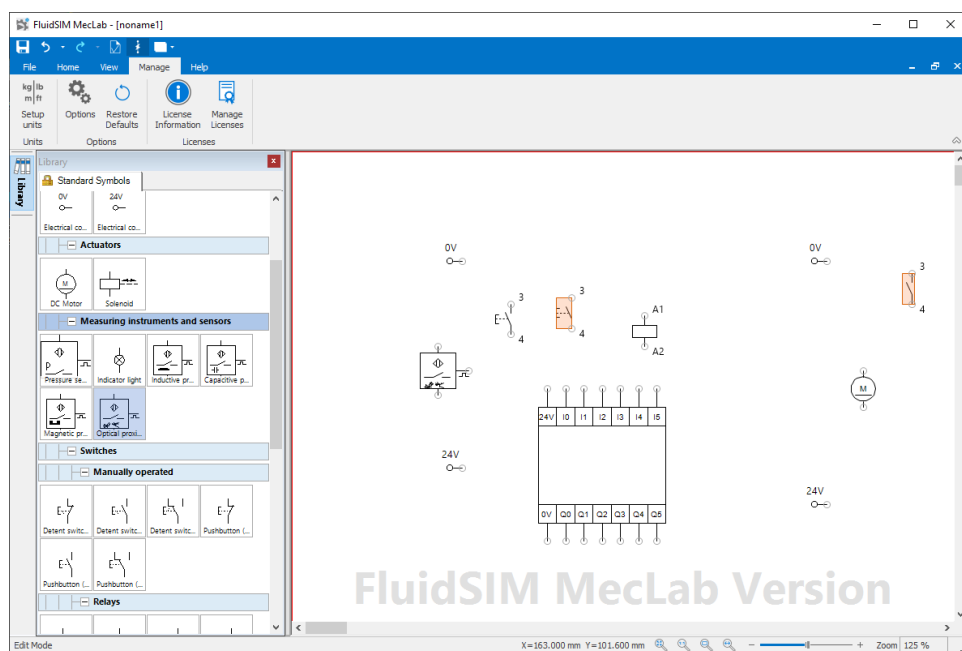


Figure 5.3 : espace de travail de FluidSIM® avec tous les composants nécessaires

– Câblage des composants

Pour relier deux composants, il suffit de cliquer à l'extrémité du câble du premier composant, de maintenir la pression sur le bouton gauche de la souris, puis d'amener le pointeur jusqu'au raccord souhaité sur l'autre composant. La figure 4.5 illustre les composants entièrement câblés.

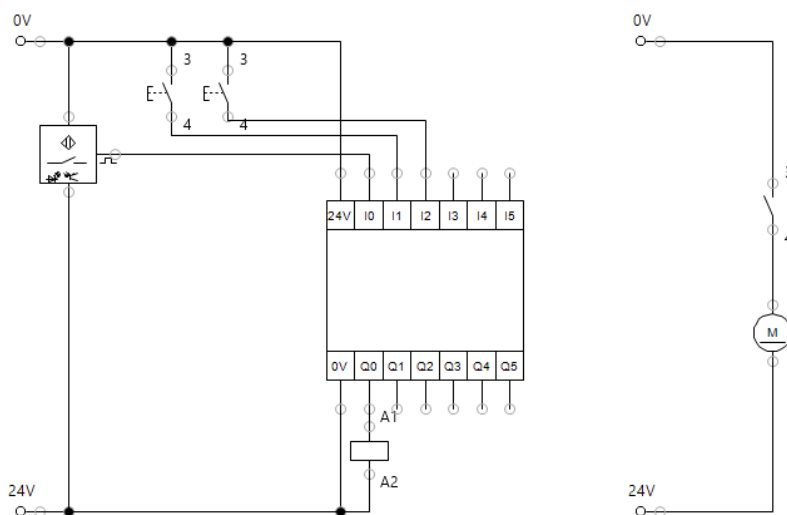


Figure 5.4 : câblage des composants

Nota

Si le câblage des composants n'est pas correct, il suffit de cliquer dessus, puis d'appuyer sur la touche « Suppr ».

– Définition de marques

Les marques permettent au logiciel FluidSIM® de savoir quels sont les composants interdépendants.

Pour définir une marque, il faut cliquer sur le symbole du composant avec le bouton droit de la souris. Ceci fait apparaître un menu contextuel. Sélectionner l'option « Propriétés ». Ensuite, saisir la marque dans la boîte de dialogue (voir figures 5.5 et 5.6).

Les deux parties du relais doivent porter la même marque, en l'occurrence K1. Le capteur doit également être associé à une marque (S1), tout comme les deux boutons-poussoirs (T1 et T2), voir figure 5.7.

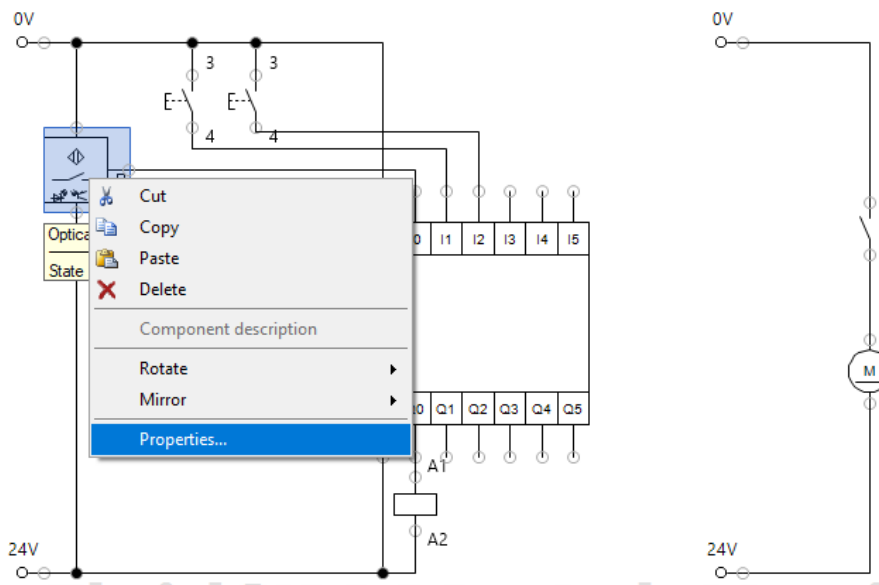


Figure 5.5 : définition de marques (1)

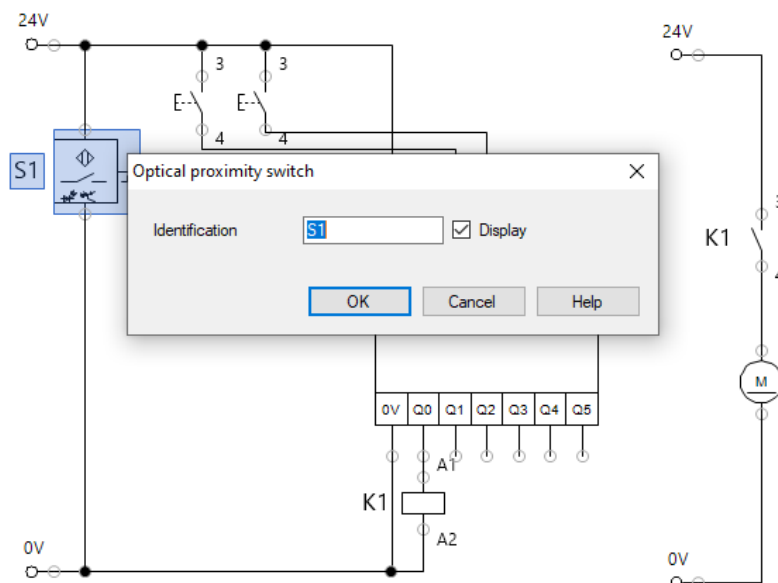


Figure 5.6 : définition de marques (2)

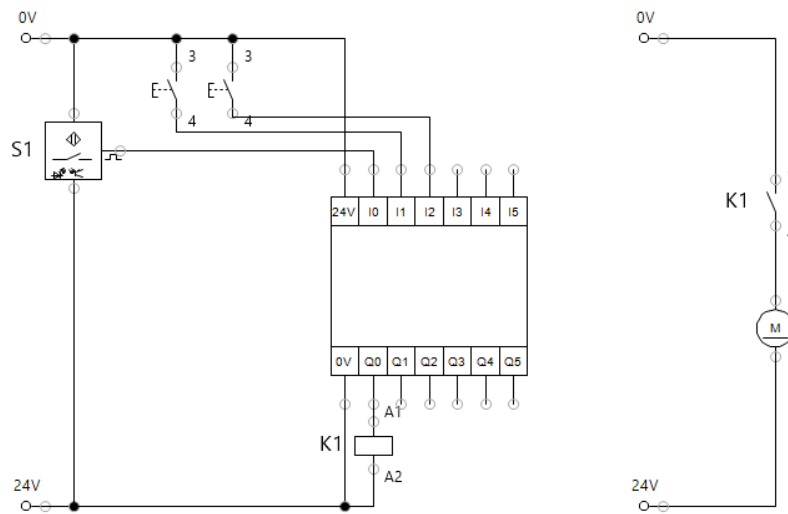


Figure 5.7 : circuit avec marques paramétrées

- Liaison des composants logiques dans le module numérique
Pour saisir un programme logique dans le module numérique ou l'API (automate programmable industriel), commencer par ouvrir le module numérique d'un double-clic. Une nouvelle fenêtre apparaît, avec les canaux d'entrée et de sortie du module numérique.

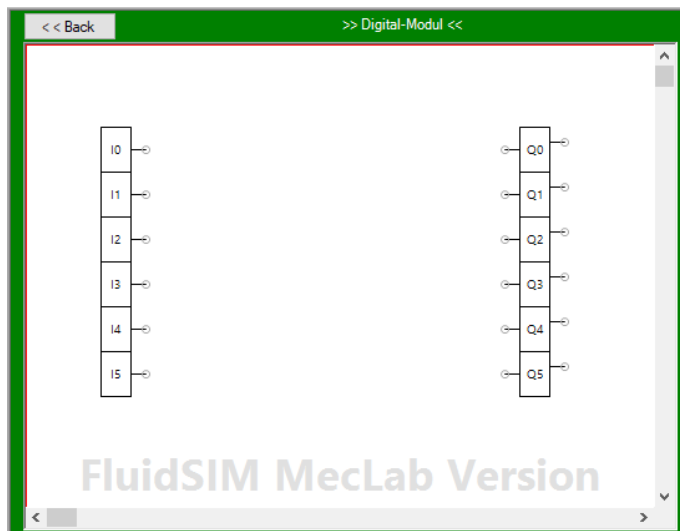


Figure 5.8 : canaux d'entrée et de sortie du module numérique

La partie de gauche comporte des entrées (I1 à I6) et la partie de droite les sorties (Q1 à Q6). Il faut alors relier les entrées et sorties aux composants logiques. Ces derniers se trouvent dans la barre de symboles, à gauche de l'écran, et doivent être placés dans l'espace de travail, puis reliés, comme tous les autres composants.

L'API sert à traiter les signaux délivrés par les capteurs, de manière que les actionneurs puissent effectuer l'opération souhaitée. Pour ce faire, on fait appel à des composants logiques.

Les fonctions nécessaires sont les suivantes :

- Le moteur doit se mettre en marche lorsque le bouton-poussoir est actionné. Une cellule d'automaintien (cellule RS) est donc nécessaire pour mémoriser le signal du bouton-poussoir.
- Le moteur doit s'arrêter sous l'action du deuxième bouton-poussoir ou de la barrière lumineuse. Ceci nécessite une cellule OU.

La figure 5.9 illustre le module numérique (ou l'API) avec les cellules logiques liées. Le programme est enregistré dans le module numérique (API) à la fermeture de la fenêtre de saisie.

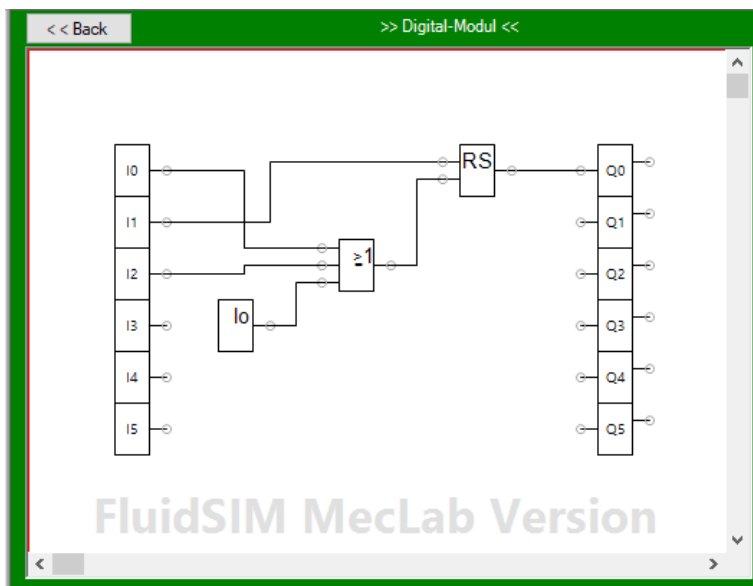


Figure 5.9 : module numérique avec cellules logiques

Nota

La cellule lo sert à mettre systématiquement à zéro la troisième entrée de la cellule OU. Le programme fonctionne également sans cellule lo, mais l'état de l'entrée resterait alors indéfini, ce qui risque de provoquer une erreur.

Étape 3 : test de la solution par simulation

Pour lancer une simulation, il faut d'abord fermer la fenêtre du module numérique. Le programme est alors prêt à fonctionner et il ne reste plus qu'à cliquer sur « Démarrer » et à actionner l'interrupteur principal.

Un clic sur le bouton-poussoir T1 permet de mettre le moteur en marche (fonctionnement indiqué par une petite flèche). Cliquer sur le capteur S1 pour simuler son déclenchement. Le moteur s'arrête.

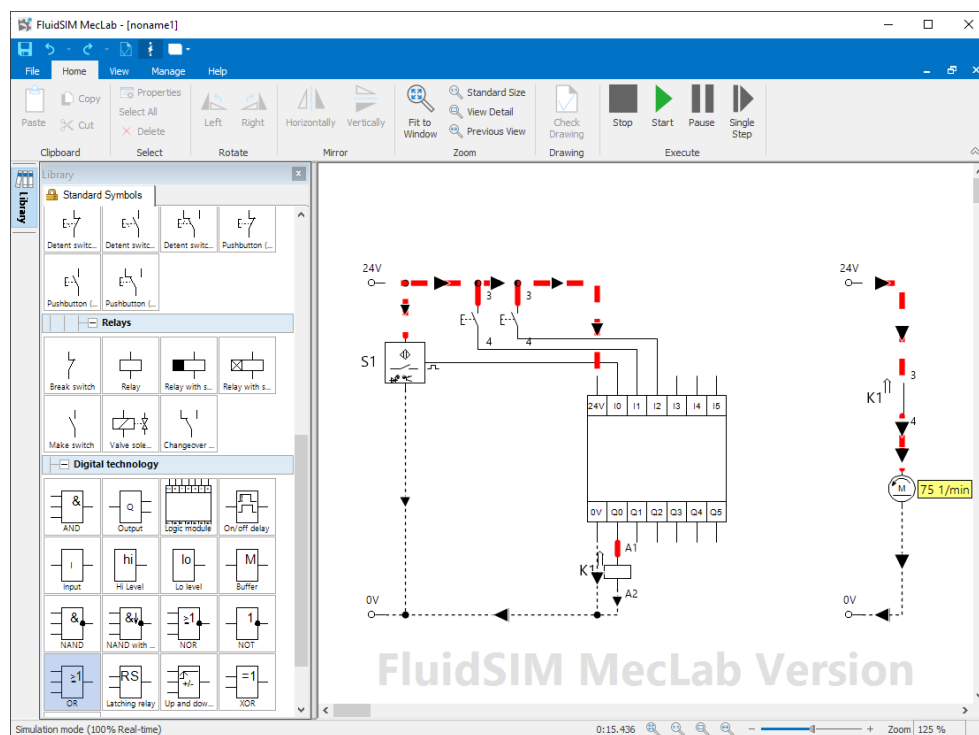


Figure 5.10 : mode simulation, bouton-poussoir T1 actionné

Étape 4 : test à l'aide de la station bande transporteuse

Pour commander la station à l'aide de FluidSIM®, il faut ajouter le symbole du répartiteur multipôle dans le logiciel (voir figure 5.11).

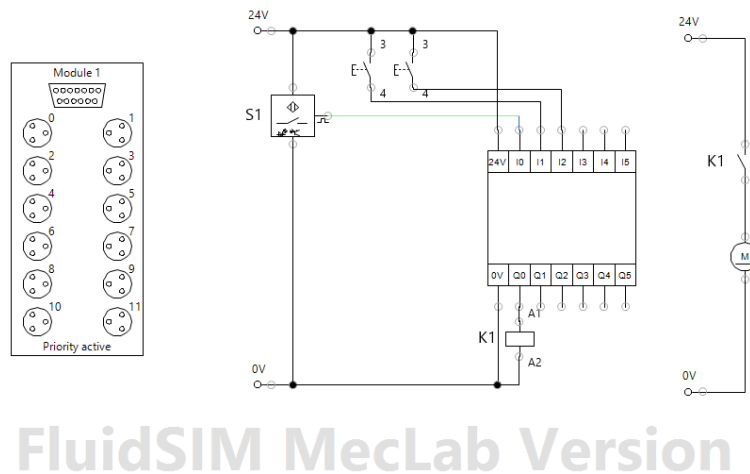


Figure 5.11 : programme avec répartiteur multipôle

Il faut alors adapter les marques associées au symbole du répartiteur multipôle. Pour ce faire, double-cliquer sur le symbole (figure 5.12), puis modifier les marques conformément au tableau 5.1.

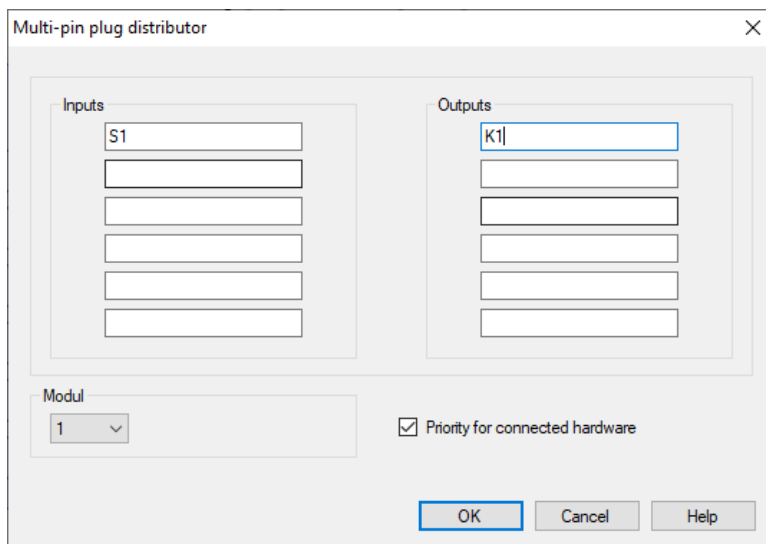


Figure 5.12 : boîte de dialogue du répartiteur multipôle, après définition des marques

Les marques doivent coïncider avec celles du schéma d'ensemble électrique. Le symbole multipôle sert à établir la connexion avec la station. La désignation des marques n'a pas d'importance. En revanche, un élément doit systématiquement porter la même marque que dans le schéma d'ensemble électrique, et être raccordé à l'emplacement qui convient sur le répartiteur multipôle.

Nota

La case du champ de contrôle « Vorrang bei angeschlossener hardware » (Priorité au matériel raccordé) doit être cochée. Elle permet d'utiliser les véritables signaux des capteurs, et non ceux qui sont simulés par le logiciel.

Le moteur se met en marche lorsque la simulation est lancée et le bouton-poussoir T1 actionné. Le symbole multipôle indique l'état des canaux d'entrée et de sortie à l'aide d'un code couleur. Sur le répartiteur multipôle de la station, l'état des canaux d'entrée et de sortie est signalé par des LED.

Il est alors possible d'étendre le programme pas à pas, pour y intégrer les autres actionneurs de la station.

7 Station manutention

7.1 Intérêt technique

Toute installation d'assemblage automatisée implique le déplacement, l'orientation et le montage de pièces. Telle est la fonction des automates de manutention, dont les robots industriels sont les exemples les plus connus et les plus performants (voir figure 6.1).

Les robots industriels sont programmables et comportent au minimum 4 axes (c'est-à-dire des articulations mobiles). Ils se caractérisent donc par une grande flexibilité. Les robots industriels sont en outre remarquablement rapides (plus de 1 m/s) et précis (reproductibilité inférieure à 50 μm).

Des systèmes de manutention simples s'avèrent suffisants pour un grand nombre d'opérations d'assemblage.



Figure 6.1 : robot industriel (photo d'usine, Sté Festo Didactic)

Les systèmes de manutention, quel que soit leur type, se caractérisent principalement par les données suivantes :

- Nombre d'axes
- Vitesse
- Précision
- Espace de travail

Les pinces figurent parmi les principaux sous-ensembles des systèmes de manutention, puisque ce sont elles qui sont en contact avec la pièce. Il existe de nombreux types de pinces :

- Les pinces mécaniques, avec deux ou trois mors, servent à saisir une pièce comme le ferait une main. Comme les doigts d'une pince ne sont pas aussi souples que ceux d'une main, il est généralement nécessaire d'adapter les mors de pince à la forme de la pièce à saisir.
- Les ventouses maintiennent les pièces sous l'effet du vide. Elles sont plus particulièrement adaptées aux pièces plates et inefficaces avec les matériaux poreux, puisque ces derniers ne permettent pas de maintenir le vide.
- Les pinces magnétiques sont destinées aux pièces magnétisables.
- Les pinces adhésives maintiennent les pièces grâce à un film collant. Elles sont rarement utilisées, car elles sont très sensibles aux salissures.

Comme la fonction la plus répandue des automates de manutention à deux axes consiste à extraire des pièces d'un magasin (Pick) et à les déposer ailleurs ou à les monter (Place), on parle également de dispositif « Pick & Place ».

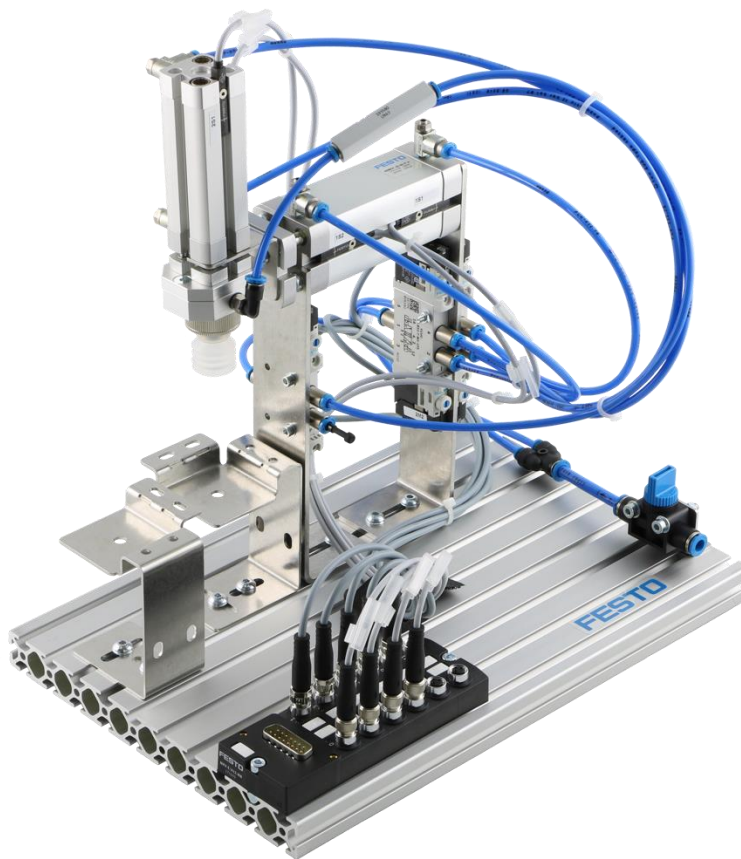


Figure 6.2 : station manutention

7.2 Composants de la station manutention

La station manutention se compose des éléments suivants :

- deux axes linéaires pneumatiques,
- une pince pneumatique,
- trois distributeurs de commande des actionneurs pneumatiques,
- quatre capteurs de proximité magnétiques pour la détection de position des axes, ainsi que d'autres composants.

Le tableau donne une vue d'ensemble des composants, de leurs fonctions et des symboles correspondants.


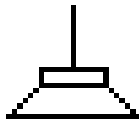

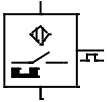

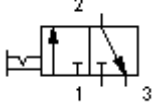


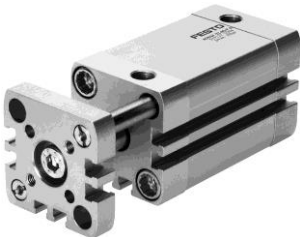
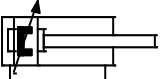



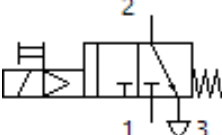
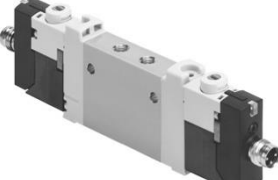
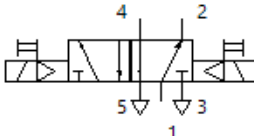

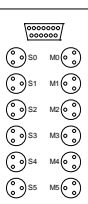
Illustration	Symbole	Description
		Buse de Venturi avec ventouse pour maintenir les pièces
		Capteur de proximité magnétique pour la détection de position du piston du vérin
		Robinet d'arrêt 3/2 pour coupure de l'air comprimé et mise à l'échappement
		Répartiteur en T pour air comprimé
		Vérin guidé à double effet

Illustration	Symbole	Description
		Limiteur de débit unidirectionnel, pour régulation de vitesse des actionneurs pneumatiques
		Électro distributeur 3/2 à rappel pneumatique
		Électro distributeur 5/2 bistable
		Répartiteur multipôle, faisant office d'interface de raccordement entre l'ensemble des actionneurs et capteurs de la station manutention et le PC de commande

7.3 Mise en service de la station manutention

La station manutention consiste en un système de manipulation à deux axes, largement suffisant pour les opérations d'assemblage basiques.

Exemple

Assemblage du couvercle sur le corps inférieur de la pièce.

La station manutention peut effectuer plusieurs tâches :

- déplacement d'une pièce,
- assemblage d'un corps avec un couvercle,
- fonctions de tri et d'assemblage en association avec d'autres stations MecLab®.

Une pince aspirante est installée dans le poste de manutention, qui maintient une pièce à l'aide du vide. Le vide est généré par une buse Venturi, qui est alimentée en air comprimé par une vanne 3/2 voies..

La station manutention est fournie prête à l'emploi. Il peut toutefois être nécessaire de réajuster les éléments de préhension, de sorte que la pince puisse prendre et déposer efficacement les pièces.

Le système de manutention repose sur une platine profilée en aluminium munie de rainures permettant de fixer les divers composants du module à l'aide d'écrous rectangulaires. Tous les autres composants sont également vissés et peuvent être démontés et remontés en utilisant la clé à fourche et la clé Allen fournies. Le tournevis sert principalement à régler les limiteurs de débit unidirectionnels. Les flexibles pneumatiques peuvent être coupés à la longueur qui convient à l'aide du coupe-tuyaux (les ciseaux et autres cutters sont proscrits, sous peine de problèmes d'étanchéité).

Avant la mise en service, il convient de raccorder la station manutention au port USB du PC par le biais de l'interface EasyPort, comme indiqué dans le chapitre 3, mais aussi de la brancher sur le secteur en utilisant le bloc d'alimentation 24 V fourni.

Il convient de veiller à câbler correctement les actionneurs et les capteurs pour utiliser les exemples de programmes fournis. L'affectation des connecteurs figure dans le schéma de principe de l'exemple de programme.

7.4 Réalisation d'une opération simple avec la station manutention

Dans une chaîne de fabrication, le système de manutention constitue souvent le lien entre deux stations. Il peut transporter des pièces d'une station à l'autre. Ce problème-exemple vise à illustrer, pas à pas, le fonctionnement du logiciel FluidSIM® ainsi que son interaction avec la station manutention.

La solution proposée n'est qu'une possibilité parmi d'autres. Il ne s'agit que d'une suggestion pour se familiariser avec le système.

Énoncé du problème

Mettre au point une commande manuelle informatisée qui offre les fonctions suivantes :

- Sortie de l'axe x d'une simple pression sur un bouton-poussoir, à condition toutefois que le vérin se trouve en fin de course arrière.
- Rétraction de l'axe x d'une simple pression sur un bouton-poussoir, à condition toutefois que le vérin se trouve en fin de course avant.

Procédure de résolution du problème

La solution au problème posé s'articule en cinq étapes :

1. Réflexions préalables et schéma de principe
2. Tableaux d'affectation des éléments
3. Création des schémas d'ensemble et programmation avec FluidSIM®
4. Test avec la simulation FluidSIM®
5. Test du programme par le biais de la station de manutention

Réflexions préalables

- Schéma de principe de la structure de manutention

Il est judicieux de commencer par établir le schéma de principe de la structure mécanique, afin d'identifier l'emplacement des capteurs et actionneurs. La figure 6.3 illustre une possibilité de schéma de principe pour les composants affectés à l'opération. Le schéma de principe peut être réalisé à la main ou sur ordinateur.

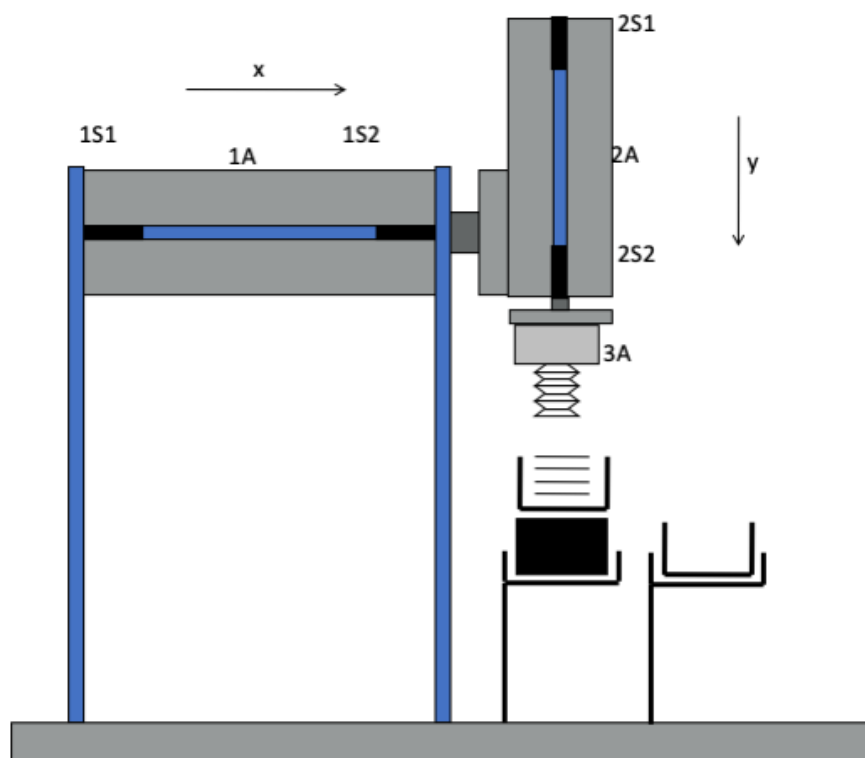


Figure 6.3 : schéma de principe de la station manutention

– Schéma d'ensemble pneumatique

Il est également judicieux de dresser un schéma d'ensemble pneumatique, ainsi que le tableau d'affectation des signaux d'entrée et de sortie. Ce schéma d'ensemble peut être créé à la main ou à l'aide de FluidSIM®.

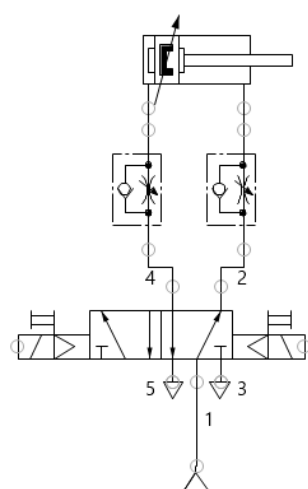


Figure 6.4 : schéma d'ensemble pneumatique (axe x uniquement)

Emplacement	Affectation	Description
0	1S2	Capteur de fin de course avant
2	1S1	Capteur de fin de course arrière
1	1M1	Aimant de distributeur (sortie du vérin)
3	1M2	Aimant de distributeur (entrée du vérin)

Tableau 6.1 : tableau d'affectation de la station manutention

Analyse de l'énoncé

Avant de commencer la programmation, il convient de décrypter clairement l'énoncé. Pour ce faire, il peut être utile de le reformuler avec ses propres termes ou de créer un diagramme séquentiel.

- Le piston du vérin à double effet horizontal doit sortir de sa position initiale (position rentrée). L'instruction correspondante est émise par un bouton-poussoir dans FluidSIM®.
- Le vérin ne doit toutefois sortir que s'il se trouve en fin de course arrière, c'est-à-dire qu'il est totalement rétracté. Sa position peut être détectée par un capteur de proximité. Ce capteur de proximité porte la désignation 1S1 dans le schéma de principe et le schéma d'ensemble.
- La course de retour doit aussi être déclenchée par le signal d'un bouton-poussoir. Mais là encore, le vérin ne doit rentrer que s'il était totalement déployé au préalable.
- Le capteur de fin de course avant porte la désignation 1S2 dans le schéma de principe.
- Il faut prévoir deux boutons-poussoirs de commande dans le logiciel FluidSIM®.
- Le vérin à double effet horizontal est commandé par un électrodistributeur 4/2 bistable. La mise sous tension de l'aimant de distributeur 1M1 provoque la sortie du vérin et celle de l'aimant de distributeur 1M2 sa rétraction. Comme il s'agit d'un distributeur bistable, ou distributeur à commande par impulsions, une faible impulsion électrique suffit pour que le distributeur (et par là même le vérin) reste dans sa position de commutation.

Création des schémas d'ensemble et programmation avec FluidSIM®

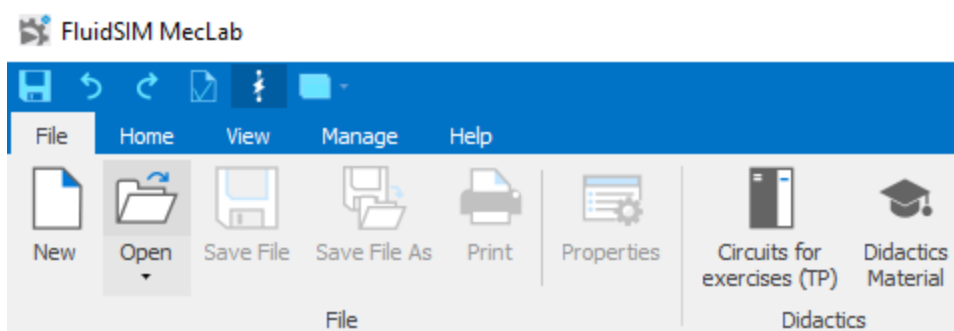
La programmation s'effectue avec le logiciel FluidSIM® fourni. Ceci permet de simuler le fonctionnement du circuit sur ordinateur en un premier temps. Si la simulation ne révèle pas de défaut, il devient possible de piloter directement la station.

Comme la structure d'essai comporte des composants électriques et pneumatiques, il faut créer un schéma d'ensemble dans FluidSIM® pour chacun des modes de commande. Il est préconisé de commencer par le schéma d'ensemble pneumatique, puis de concevoir le schéma d'ensemble électrique.

Étape 1 : ouverture de FluidSIM®

Avant de créer le schéma d'ensemble, il faut créer une page pour activer un nouvel espace de travail. Pour ce faire, double-cliquer sur l'icône FluidSIM® afin d'ouvrir le programme.

- Ouverture d'un nouvel espace de travail
Cliquez sur l'icône en forme de page blanche dans la deuxième barre de menu (ou sur « Fichier > Nouveau »).
Un espace de travail vierge apparaît pour paramétrer la commande.



- Enregistrement de la nouvelle commande
Cliquez sur « Fichier > Enregistrer sous » dans la barre de menu, puis sélectionner le chemin d'accès et saisir le nom qui convient.

Étape 2 : insertion des composants

Les composants nécessaires à la création du schéma d'ensemble pneumatique sont rassemblés dans la barre de symboles, dans la partie gauche de l'écran. Pour les insérer dans le schéma d'ensemble, il faut :

- cliquer sur le symbole correspondant,
- maintenir la pression sur le bouton gauche de la souris,
- amener le symbole à l'endroit désiré dans le schéma d'ensemble, puis relâcher le bouton de la souris.

Le système pneumatique se compose d'un vérin à double effet, d'un électrodistributeur 4/2 bistable, de deux limiteurs de débit unidirectionnels et d'une alimentation en air comprimé. La figure 6.5 illustre les composants sur l'espace de travail.

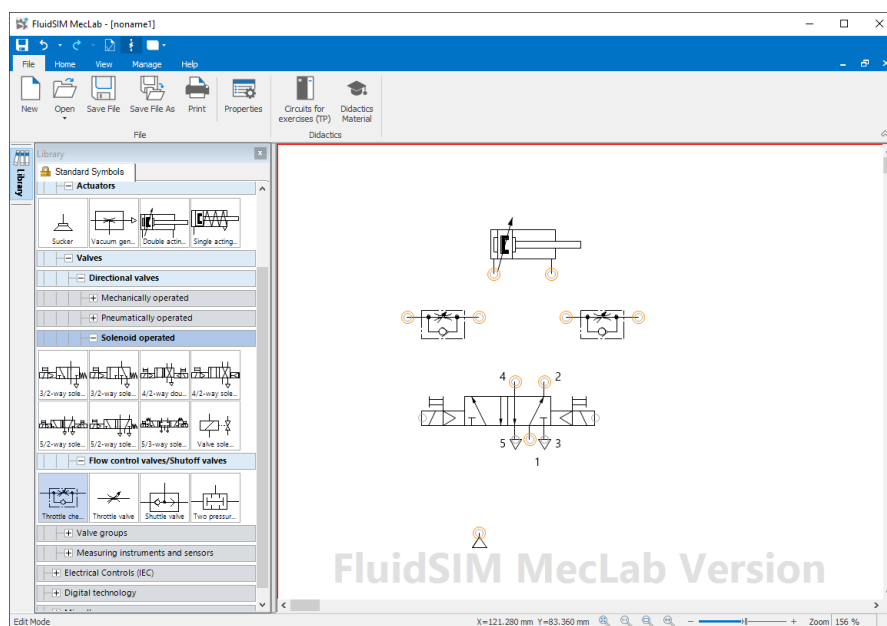


Figure 6.5 : composants du schéma d'ensemble pneumatique

Étape 3 : orientation des limiteurs de débit unidirectionnels

Il convient de tourner les limiteurs de débit unidirectionnels pour que le schéma d'ensemble soit clair. Pour ce faire, amener le pointeur de la souris sur le symbole du limiteur de débit unidirectionnel qui figure dans l'espace de travail, puis effectuer un clic droit et sélectionner les options « Tourner », puis « 270° » dans le menu contextuel.

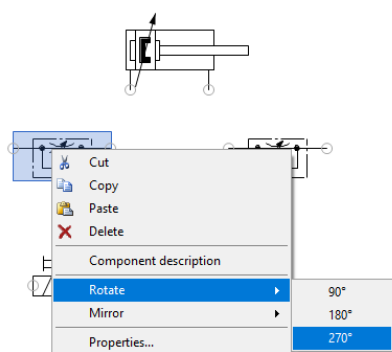


Figure 6.6 : orientation des limiteurs de débit unidirectionnels

Étape 4 : tuyautage des composants

Il faut ensuite tuyauter les composants, c'est-à-dire les raccorder à l'aide de flexibles. Pour ce faire, placer le pointeur de la souris sur l'un des points de jonction du symbole, de manière à faire apparaître un réticule. Appuyer sur le bouton gauche de la souris, puis amener le pointeur sur le point de jonction adéquat du symbole suivant. Relâcher le bouton gauche de la souris dès que le raccordement est confirmé par le pointeur en forme de réticule.

On obtient alors le schéma d'ensemble pneumatique suivant :

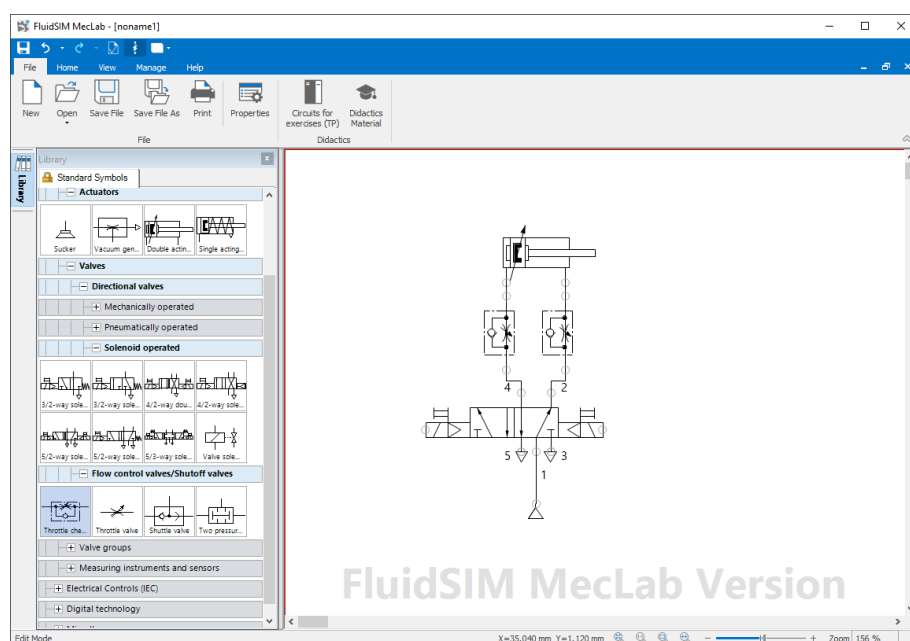


Figure 6.7 : tuyautage des composants

Étape 5 : définition des marques et insertion des capteurs de proximité

Il faut définir des marques de manière à pouvoir établir ultérieurement le lien entre le schéma d'ensemble électrique et le matériel proprement dit. Ces marques doivent être spécifiées pour tous les composants électriques, en l'occurrence les aimants de distributeur et les capteurs de proximité.

Pour marquer un aimant de distributeur, il suffit de cliquer dessus avec le bouton droit de la souris, puis de sélectionner l'option « Propriétés ». Ensuite, saisir la désignation qui convient dans le champ « Marque », à savoir 1M1 pour le premier aimant et 1M2 pour le deuxième aimant du premier distributeur.

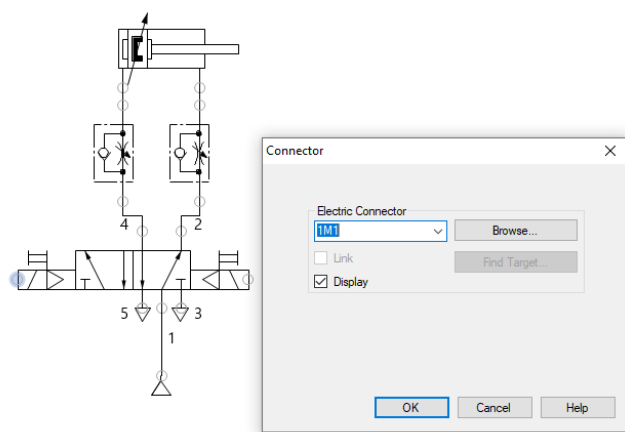


Figure 6.8 : saisie d'une marque pour un aimant de distributeur

Pour amener les capteurs de proximité sur le vérin, il faut cliquer sur le vérin avec le bouton droit de la souris. La fenêtre qui apparaît alors permet de spécifier les capteurs de proximité montés sur le vérin, ainsi que leur position.

Le vérin comporte deux capteurs de proximité, respectivement situés au niveau des fins de course arrière et avant. Le premier capteur de proximité est donc situé à 0 mm et l'autre à 100 mm. Les capteurs de proximité portent les désignations 1S1 et 1S2 (premier et deuxième capteurs de proximité du premier vérin).

Cliquer ensuite sur « OK » pour fermer la fenêtre de saisie.

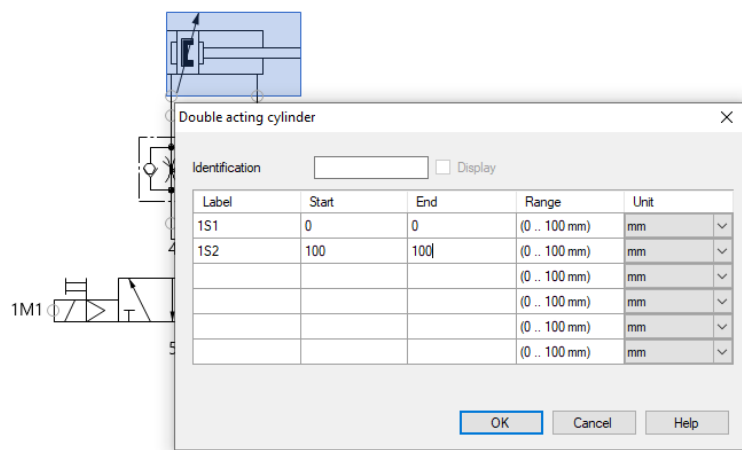


Figure 6.9 : insertion des capteurs de proximité

Étape 6 : test du circuit pneumatique

Utiliser le bouton de démarrage pour lancer la simulation. Cliquer sur l'une des deux commandes manuelles auxiliaires pour commuter le distributeur et faire rentrer ou sortir le vérin.

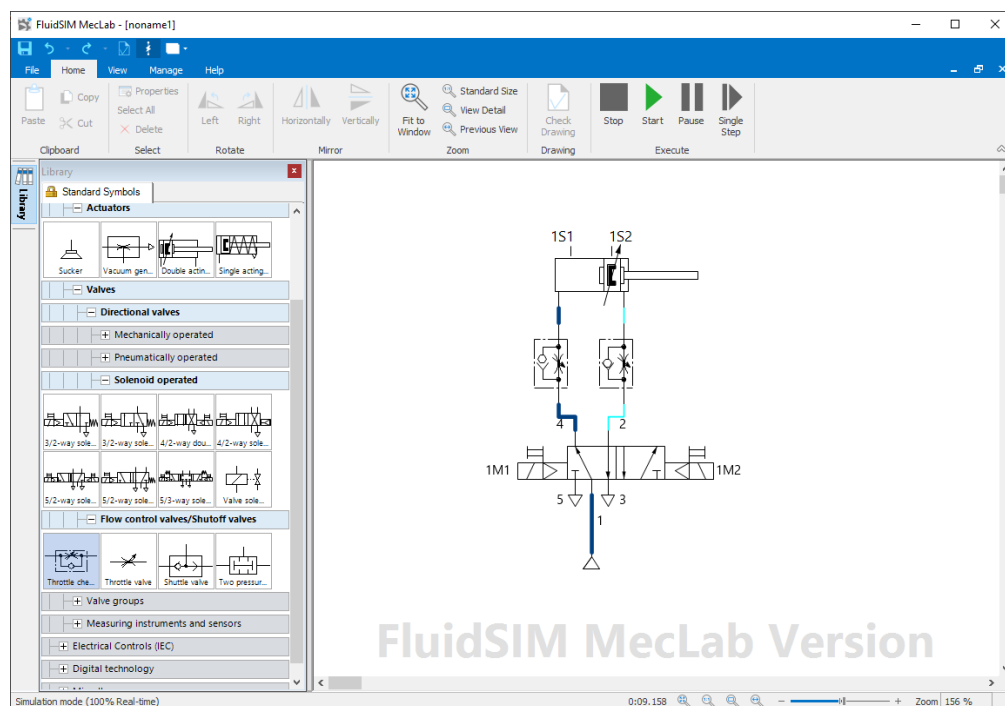


Figure 6.10 : simulation du circuit pneumatique

Étape 7 : composants et câblage du circuit électrique

La procédure d'insertion et de câblage des composants électriques est identique à celle des composants électriques.

Une fois les composants électriques insérés et câblés, l'espace de travail doit apparaître comme suit :

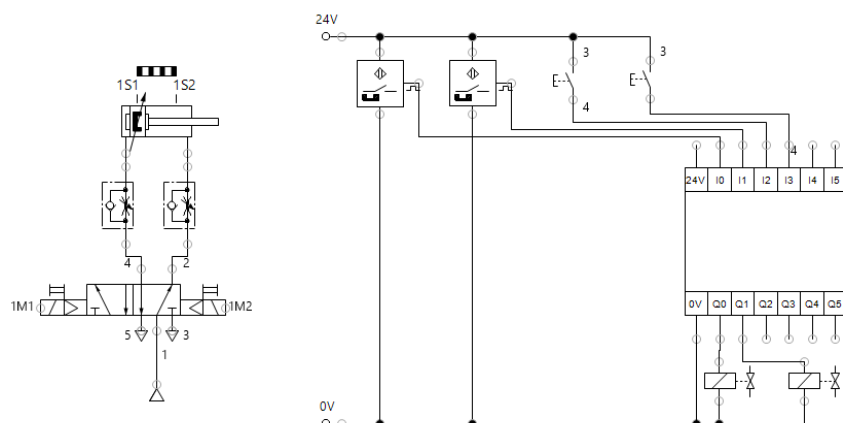


Figure 6.11 : insertion et câblage des composants électriques

Étape 8 : saisie des marques

Les composants électriques doivent eux aussi être munis de marques pour pouvoir être reliés aux composants pneumatiques.

Pour ce faire, la procédure est la même qu'avec les composants pneumatiques : cliquer sur les composants avec le bouton droit de la souris, puis spécifier les marques dans la fenêtre de saisie. Il faut définir les marques des aimants de distributeur et des capteurs.

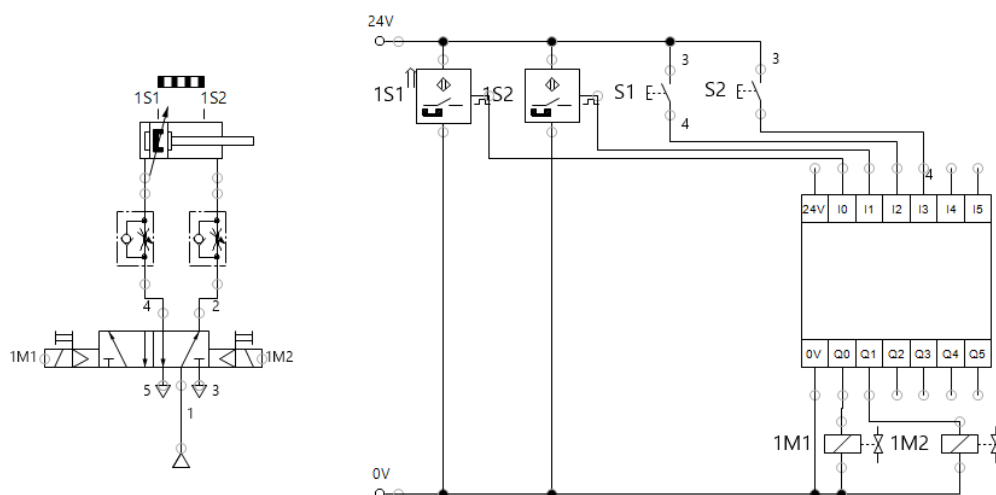


Figure 6.12 : saisie de marques pour les composants électriques

Les deux boutons-poussoirs doivent être respectivement désignés par les marques S1 et S2.

Étape 9 : élaboration du programme de commande

Pour saisir le programme de commande dans le module numérique, ouvrir ce dernier en double-cliquant dessus. Une nouvelle fenêtre s'affiche, avec les canaux d'entrée et de sortie du module numérique.

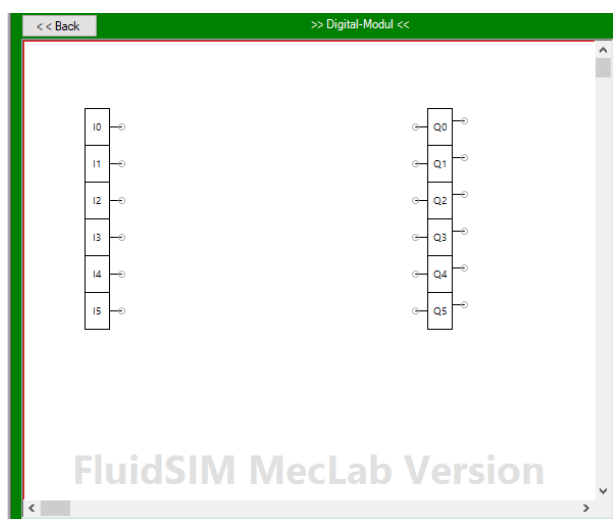


Figure 6.13 : canaux d'entrée et de sortie du module numérique

La partie de gauche comporte les entrées (I1 à I6) et la partie de droite les sorties (Q1 à Q6). Il faut alors relier les entrées et sorties aux composants logiques. Ces derniers se trouvent dans la barre de symboles, à gauche de l'écran, et doivent être placés dans l'espace de travail comme tous les autres composants.

Selon l'énoncé, le vérin doit rentrer ou sortir lorsque le bouton-poussoir correspondant est actionné, à condition qu'il ait atteint la fin de course requise.

- Si le bouton-poussoir S1 et le capteur de proximité 1S1 sont actionnés, l'aimant de distributeur 1M1 est mis sous tension.
- Si le bouton-poussoir S2 et le capteur de proximité 1S2 sont actionnés, l'aimant de distributeur 1M2 est mis sous tension.

Le programme nécessite donc deux cellules ET. Comme la cellule ET de FluidSIM® comporte trois entrées, on utilise deux cellules hi, de manière que la troisième entrée, qui n'est pas utilisée, soit systématiquement sur high. Dans le cas contraire, FluidSIM® afficherait un message d'erreur indiquant que l'une des entrées n'est pas affectée.

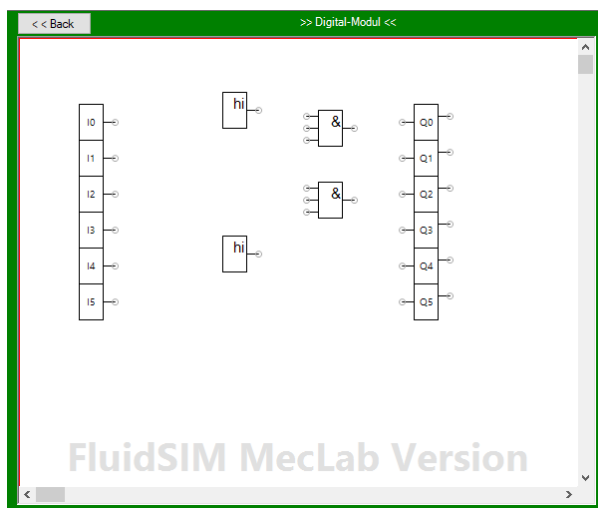


Figure 6.14 : module numérique avec cellules logiques

Nota

Dans FluidSIM®, les entrées non affectées des cellules ET sont systématiquement sur high.

Il suffit ensuite de relier les cellules logiques pour créer le programme logique (voir la figure 6.15). Le programme est enregistré dans le module numérique (API) à la fermeture de la fenêtre de saisie. La simulation peut être lancée une fois que la fenêtre est fermée.

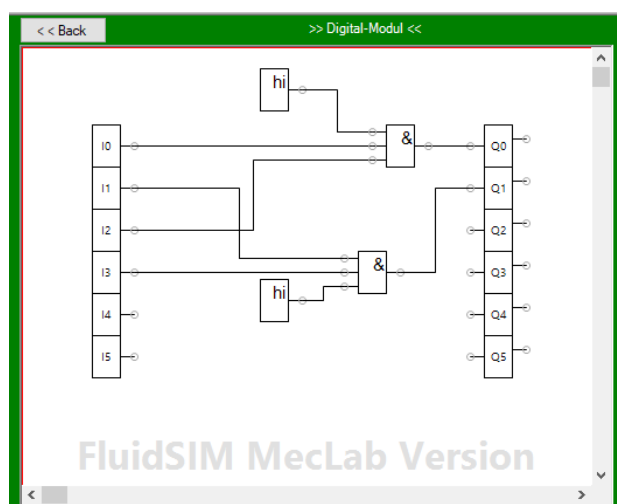


Figure 6.15 : programme logique complet

Test de la solution par le biais d'une simulation

Pour lancer la simulation, cliquer sur le bouton « Démarrer ». Le bouton-poussoir S1 sert à simuler la sortie du vérin et le bouton-poussoir S2 sa rétraction.

Attention :

Le vérin ne peut être commuté que lorsqu'il a atteint la fin de course requise.

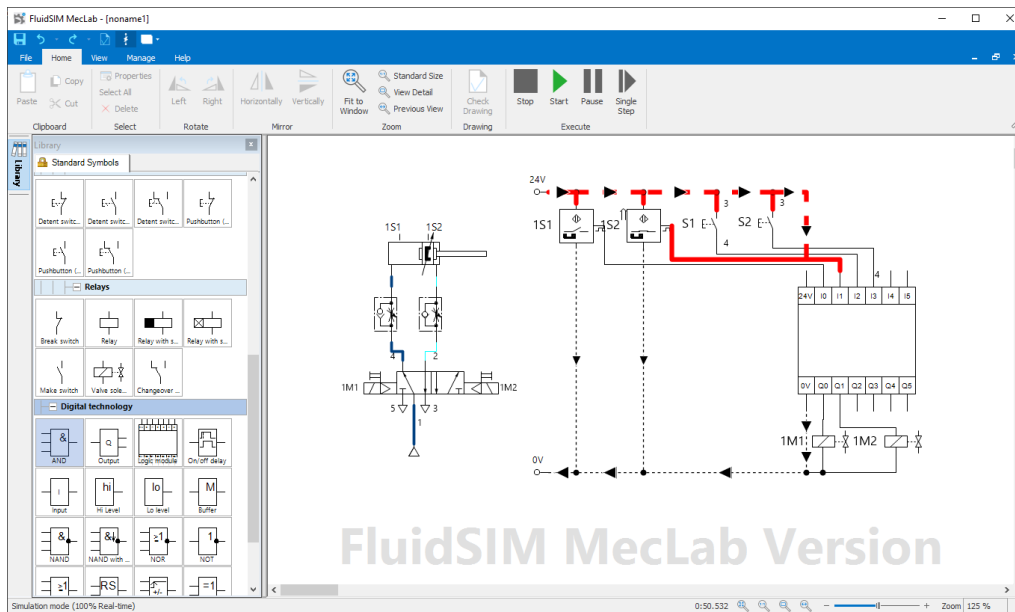


Figure 6.16 : simulation du circuit

Test sur la station manutention

Pour relier la station manutention à FluidSIM®, il faut raccorder l'interface EasyPort au répartiteur multipôle de la station, puis la connecter au PC à l'aide du câble USB et brancher l'alimentation électrique.

Il faut alors placer le symbole du répartiteur multipôle sur l'espace de travail dans FluidSIM®.

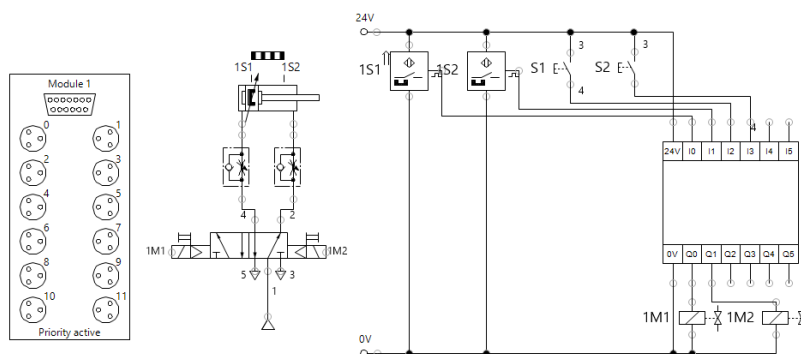


Figure 6.17 : symbole du répartiteur multipôle de liaison de la station

Il ne reste plus qu'à adapter les marques qui correspondent au symbole du répartiteur multipôle. Pour ce faire, double-cliquer sur le symbole.

Ensuite, modifier les marques conformément au tableau 6.1. Les marques doivent coïncider avec celles des schémas d'ensemble pneumatique et électrique. Le symbole multipôle sert à établir la connexion avec la station. La désignation des marques importe peu (1M1 est une désignation technique usuelle, mais il est possible d'utiliser « Aimant distributeur gauche »). En revanche, un élément doit systématiquement porter la même marque que dans les schémas d'ensemble pneumatique et électrique, et être raccordé à l'emplacement qui convient sur le répartiteur multipôle.

Nota

La case du champ de contrôle « Vorrang bei angeschlossener hardware » (Priorité au matériel raccordé) doit être cochée. Elle permet d'utiliser les véritables signaux des capteurs, et non ceux qui sont simulés par le logiciel.

Lancer la simulation et appuyer sur le bouton-poussoir S1 pour faire sortir le vérin de la station. Le symbole multipôle indique l'état des canaux d'entrée et de sortie à l'aide d'un code couleur. Sur le répartiteur multipôle de la station, l'état des canaux d'entrée et de sortie est signalé par des LED. Il est alors possible d'étendre le programme pas à pas, pour y intégrer les autres actionneurs et capteurs de la station.

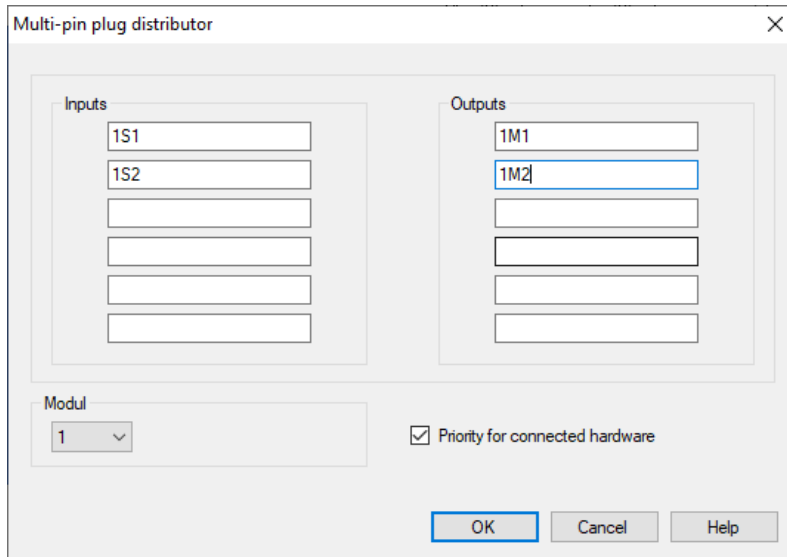


Figure 6.19 : boîte de dialogue du répartiteur multipôle avec marques modifiées

Le schéma de principe, le schéma d'ensemble et le programme logique forment la documentation technique du projet. Celle-ci peut être complétée, le cas échéant, par des notices d'utilisation et des fiches techniques.

8 Conseils pour l'organisation de l'enseignement

8.1 Récapitulatif des supports fournis

Le système d'apprentissage MecLab® se compose de trois parties :

- équipement de formation,
- logiciel de programmation et de simulation FluidSIM®,
- documents didactiques.

Les documents didactiques se composent des éléments suivants :

Partie théorique

La partie théorique expose les principes de base fondamentaux des techniques d'automatisation et de la mécatronique. Elle contient des informations sur les capteurs, les actionneurs pneumatiques et électriques, les commandes à relais et les automates programmables industriels. On y trouve également des sections consacrées à l'histoire des techniques d'automatisation et aux modes opératoires spécifiques à l'ingénierie. Ce document est au format PDF. L'acquisition du système MecLab® vous confère le droit d'imprimer ce fichier et de le distribuer aux élèves de votre établissement. Vous n'êtes toutefois pas habilité(e) à en modifier le contenu.

Instructions de mise en service (présent manuel : « Travailler avec MecLab® »)

Les instructions de mise en service contiennent une introduction didactique ainsi que des consignes détaillées pour le montage et la mise en service des trois stations MecLab®. Il s'agit d'instructions étape par étape. Il est préconisé d'utiliser ce document pour se familiariser avec la structure des stations.

Ce document est au format PDF. L'acquisition du système MecLab® vous confère le droit d'imprimer ce fichier et de le distribuer aux élèves de votre établissement. Vous n'êtes toutefois pas habilité(e) à en modifier le contenu.

Recueil de travaux pratiques

Le recueil de travaux pratiques comporte, pour chacune des stations, diverses feuilles d'exercices de niveau de difficulté croissant : il contient des exercices simples spécialement conçus pour se familiariser avec les composants, leurs fonctions et leurs symboles, des exercices d'élaboration de schémas de principe et de schémas d'ensemble, mais aussi des exercices de programmation complexes. Ces exercices sont progressifs et demandent un niveau de connaissances croissant. Chaque exercice comporte une brève description des objectifs didactiques. Les feuilles d'exercices se présentent sous forme de fiches de travail directement exploitables par les élèves. Il s'agit de fichiers Word que vous pouvez modifier et adapter à vos propres exigences pédagogiques.

La partie théorique renferme tous les principes de base nécessaires au traitement des exercices.

Présentation

Cet ensemble pédagogique prévoit également une présentation au format PowerPoint (*.ppt). Cette présentation contient principalement des illustrations tirées de la partie théorique, qui peuvent servir à illustrer un cours magistral ou à créer des supports de cours personnalisés.

Équipement de formation

L'équipement de formation se compose des trois stations, de l'interface EasyPort, des câbles, des pièces ainsi que de l'outillage nécessaires. Certains exercices figurant dans les fiches de travail fournies nécessitent de transformer les stations (changement ou déplacement de capteurs, montage ou démontage d'actionneurs). Un réglage des capteurs peut également être nécessaire.

Les stations ont été spécialement conçues pour que les composants soient interchangeables, par exemple :

- les capteurs de la station bande transporteuse sont compatibles avec le chargeur-empileur ou le système de manutention ;
- l'unité d'emboutissage de la station chargeur-empileur peut être montée sur la bande transporteuse.

Il est également possible de rassembler toutes les stations au sein d'une ligne de montage. Pour ce faire, il faut toutefois transformer les stations, c'est-à-dire déplacer et ajuster les composants.

Logiciel de programmation et de simulation FluidSIM®

Le logiciel de programmation et de simulation FluidSIM® figure sur le CD-ROM fourni. Il est tout spécialement adapté aux fonctions du système MecLab®. Il suffit d'insérer le CD-ROM dans le lecteur du PC pour procéder à l'installation. Le logiciel est immédiatement opérationnel.

8.2 Organisation de l'enseignement

Nous ne sommes pas encore en mesure de formuler des directives concernant l'utilisation du système MecLab® dans le cadre de l'enseignement. Nous nous attacherons plutôt à résumer les expériences issues des essais menés en milieu scolaire, puisque le système MecLab® a été testé dans 10 établissements d'enseignement général en Allemagne. Ces essais ont montré que les supports réalistes comme le MecLab® suscitent une forte motivation chez la plupart des élèves, à condition toutefois qu'ils aient effectivement accès aux stations.

En effet, le système MecLab® n'a pas uniquement vocation à servir de support d'exercices sur les techniques de programmation. Il est tout aussi important d'aborder les aspects mécaniques, comme le montage et la transformation des stations. Malheureusement, les conditions d'enseignement dans la plupart des établissements ne permettent pas d'exploiter totalement cet aspect.

L'enseignement peut sommairement être articulé en trois phases :

- phase préparatoire,
- phase projet,
- revue et évaluation.

8.2.1 Préparation

Les élèves n'ont généralement pas accès à l'environnement industriel et ne se sentent donc pas directement concernés par ce thème. Il est donc préconisé de visiter une installation de production automatisée avant d'aborder le système MecLab®. Le secteur d'activité de l'entreprise n'a pas d'importance.

Ce qui est important, c'est de montrer aux élèves que toute installation d'assemblage automatisée comporte systématiquement les fonctions suivantes :

- transport,
- manutention,
- magasinage et aménagement

de pièces. Ces fonctionnalités de base se reflètent d'ailleurs dans le système MecLab®.

Il est recommandé d'aborder avec les élèves, en amont de la visite, les questions suivantes :

- Quelle est l'importance des techniques d'automatisation à l'heure actuelle ? Quels sont les exemples de techniques d'automatisation que l'on trouve au quotidien ?
- Quelles sont les raisons qui ont amené les entreprises à utiliser les techniques d'automatisation ? Quelles en sont les conséquences ?
- Quelles sont les fonctionnalités des installations de production automatisées ?

Ces questions peuvent également être posées lors de la visite d'usine, auquel cas elles devront être préparées à l'avance.

S'il est impossible d'effectuer une visite d'usine, les séquences vidéo qui figurent dans le CD-ROM, dossier « Vidéos », pourront être utilisées dans le même but.

La revue ultérieure doit permettre de reformuler les résultats, mais surtout d'établir le lien avec le système d'apprentissage :

- Quelles sont les fonctions que l'on retrouve dans les stations ?
- Quels sont les composants que l'on retrouve dans les installations de production ?

8.2.2 Travail en groupe

MecLab® a été conçu pour des travaux pratiques (réalisation de projets) en petits groupes. L'expérience montre que ce sont les groupes de 2 à 3 élèves qui donnent les meilleurs résultats. Chaque groupe doit disposer d'une station et d'un PC avec FluidSIM®.

Il est judicieux d'effectuer une présentation générale de FluidSIM®, du raccordement des stations au PC et des fonctions des principaux composants avant de passer au travail en groupe. Il est également indispensable d'informer les élèves des consignes de sécurité !

Il est possible d'aborder le travail de projet avec la présentation d'un thème précis (par ex. détection, pneumatique, techniques de commutation ou de programmation). La présentation peut être basée sur les informations de la partie théorique, la présentation PowerPoint fournie ou les animations qui figurent sur le CD-ROM et dans FluidSIM®.

Ces informations peuvent être dispensées dans le cadre d'un cours magistral ou par les élèves eux-mêmes, sous forme d'exposés. Internet constitue également une source d'informations utile, tout particulièrement pour les élèves. On peut inviter les élèves à se référer à l'encyclopédie en ligne Wikipedia.

Les informations nécessaires au traitement des exercices peuvent également être recherchées par les élèves dans le cadre même du travail de projet. Dans ce cas, il est judicieux de procéder à une présentation des résultats des recherches à l'issue des exercices, sous forme d'exposés.

Ceci est d'autant plus important que les contenus pédagogiques des différentes stations sont certes ressemblants, mais pas totalement identiques. La présentation d'exposés permet de s'assurer que tous les élèves ont le même niveau de connaissances.

Les exercices présentent un niveau de difficulté croissant. Le tableau 7.1 donne une vue d'ensemble des objectifs didactiques des divers exercices.

Dans l'ensemble, le niveau de difficulté des exercices augmente au fur et à mesure que l'on passe du chargeur-empileur au système de manutention. La station bande transporteuse se situe donc dans la moyenne.

Le temps nécessaire à chaque exercice peut varier de 1 à 4 heures de cours en fonction de son niveau de difficulté, du type d'établissement, de la classe et de la préparation.

N°	Chargeur-empileur	N°	Bande transporteuse	N°	Manutention
1.0	Composants et fonctions associées	2.0	Composants et fonctions associées	3.0	Composants et fonctions associées
1.1	Initiation aux symboles et aux composants	2.1	Initiation aux symboles et aux composants	3.1	Initiation aux symboles et aux composants
1.2	Fonction des composants	2.2	Initiation aux symboles	3.2	Initiation aux schémas d'ensemble
1.3	Schémas de principe, dessins techniques et schémas d'ensemble	2.3	Introduction aux capteurs	3.3	Schémas de principe, dessins techniques et schémas d'ensemble
1.4	Sélection des vérins et distributeurs, création de schémas d'ensemble, commande des vérins à simple effet	2.4	Moteur à courant continu, commande	3.4	Sélection des distributeurs et éléments de commande, réduction de débit des vérins, capteurs de proximité, commande des vérins à double effet
1.5	Schémas de principe, schémas d'ensemble, réduction de débit des vérins, commande des vérins à double effet	2.5	Combinaisons logiques	3.5	Combinaisons logiques
1.6	Circuits avec relais et relais temporisés, fonction ET	2.6	Programme simple avec composants logiques	3.6	Chaînes séquentielles simples avec composants logiques
1.7	Capteurs de proximité, chaînes séquentielles simples avec relais	2.7	Programme complexe avec composants logiques	3.7	Chaînes séquentielles complexes avec composants logiques

Tableau 7.1 : contenu des exercices types

8.2.3 Alternative au travail en groupe

Il va de soi qu'il n'est pas toujours possible de mettre une station à la disposition de chaque groupe de 2 ou 3 élèves. Le travail avec des groupes de plus de 3 élèves ne s'est pas avéré efficace. Dès que le nombre d'élèves par station est supérieur à trois, la démarche préconisée n'est plus la même :

- Présentation et visite d'usine (ou visionnage de séquences vidéo), comme décrit dans le chapitre 7.2.
- Le travail en groupe cède la place à l'étude théorique des fiches de travail. Les élèves élaborent leurs solutions dans FluidSIM® et ne les testent avec la station qu'une fois que la simulation fonctionne correctement.
- Dans le cadre de cette approche, les élèves peuvent travailler soit seuls, soit en binômes. Chaque élève (ou binôme) doit alors disposer d'un PC avec FluidSIM®.
- L'inconvénient de cette solution va de soi : les élèves n'ont que très peu d'occasions d'entreprendre des modifications mécaniques sur les stations. L'enseignement est donc très fortement axé sur la programmation.
- L'avantage réside dans le fait qu'il est possible de faire travailler facilement jusqu'à 20 élèves avec trois stations. En outre, tous les élèves étudient simultanément le même exercice.

8.2.4 Revue et évaluation

Tout travail sur les exercices (projets) doit être suivi d'une phase de réflexion. C'est l'occasion, pour les élèves, de présenter les connaissances qu'ils ont acquises sur le fonctionnement des stations, ainsi que les capteurs, actionneurs et algorithmes de commande mis en œuvre s'ils ne l'ont pas déjà fait, mais aussi de comparer collectivement les différentes stations.

Ils doivent ainsi prendre conscience que tous les systèmes automatisés résultent de l'interaction entre des capteurs, des actionneurs et des commandes.

Il est également judicieux d'établir une corrélation entre les nouveaux acquis et les résultats issus de la phase de préparation.

Cette phase peut également servir à recueillir des idées pour d'autres projets. Le chapitre suivant donne des conseils à ce propos.

8.2.5 Projets supplémentaires

Les feuilles d'exercices fournies ont été conçues comme des supports d'initiation à l'automatisation. Elles montrent le fonctionnement des stations et leurs modalités de programmation.

Les énoncés des exercices fournis sont formulés de manière très « technique », c'est-à-dire qu'ils évoquent instantanément des solutions concrètes. Ils peuvent être traités de manière encore plus réaliste : l'enseignant joue alors le rôle d'un « client » qui demande aux élèves de lui fournir une station (ou une « ligne de fabrication ») avec des fonctionnalités bien précises. Les élèves sont donc invités à effectuer la planification, la réalisation et la documentation (notamment un mode d'emploi, par exemple) du projet et à remettre un « produit » à leur client. Ils peuvent ainsi se livrer, par exemple, à une présentation de ce dernier.

Il n'existe pas de solution type pour ce genre d'exercice et il ne doit d'ailleurs pas y en avoir. Tout problème technique peut normalement être résolu de plusieurs manières. L'évaluation devra être basée sur les critères suivants :

- Fonction (solution conforme au problème technique donné)
- Rentabilité (moyens mis en œuvre)
- Respect du délai (c.-à-d. du planning convenu)
- Documentation (présence de schémas d'ensemble, de croquis, de nomenclatures, de programmes, de modes d'emploi en fonction du problème posé)
- Gestion de projet, travail d'équipe (quelle a été l'organisation des élèves ? Tous les élèves ont-ils participé activement au travail en groupe ou un seul élève a-t-il tout pris en charge ?)

La liste (non exhaustive) ci-dessous contient des idées de projets basés sur les exercices fournis, avec une esquisse de solution technique. Ces idées sont réparties en deux groupes : extension des fonctionnalités des stations et combinaison de plusieurs stations pour former une chaîne de fabrication.

Extension des fonctionnalités des stations

L'extension des fonctionnalités passe généralement par l'ajout de composants (prélevés sur d'autres stations) ou la modification des programmes.

Les exemples d'extension des stations sont les suivants :

- Avertissement de magasin vide pour la station chargeur-empileur
 - Contrôle de niveau de remplissage avec barrière lumineuse
- Éjection des pièces qui arrivent tant que le chargeur-empileur est plein
 - Contrôle de niveau de remplissage avec barrière lumineuse
- Avertissement en cas de pièces mal positionnées dans la station chargeur-empileur
 - Contrôle avec capteur inductif (pièces métalliques)
- Bande avec fonction tampon (arrêt d'une pièce pendant n s)
 - Montage de l'aiguillage de l'autre côté de la bande
- Ajout d'une fonction d'emboutissage à la bande
 - Montage de l'unité d'emboutissage sur la bande, transformation
- Arrêt à mi-course de l'axe Y de la station manutention
 - Utilisation du capteur magnétique de la station chargeur-empileur pour détecter la position de mi-course
du vérin
Commande par un électrodistributeur 3/2 permettant un arrêt

Il va de soi que les transformations évoquées supposent la création de programmes adaptés.

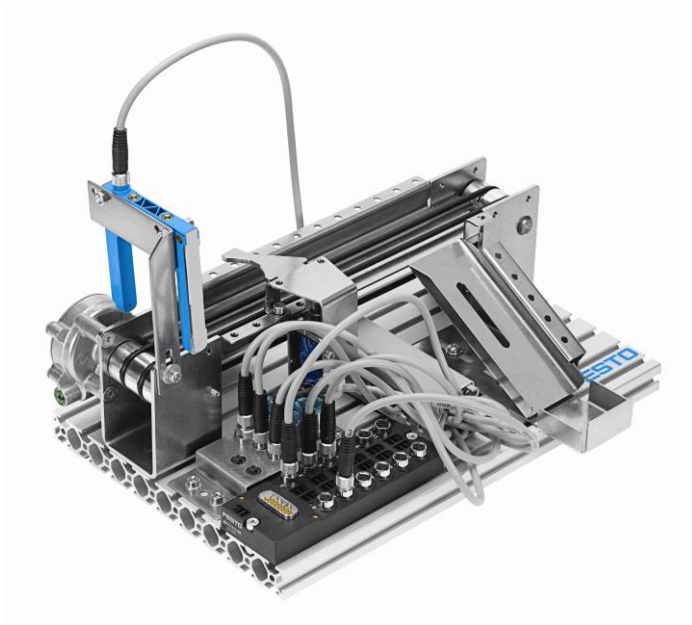


Figure 7.1 : bande avec fonction « stoppeur »

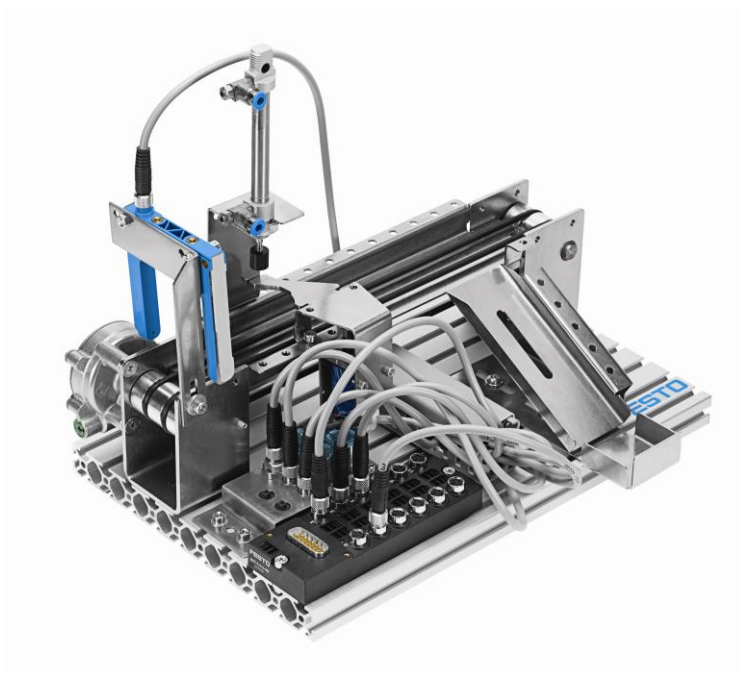


Figure 7.2 : bande avec fonction « emboutissage »

Combinaison des stations sous la forme d'une chaîne de production

Cet exercice invite les élèves à résoudre les problèmes d'interfaçage. Les composants doivent être positionnés de manière à autoriser le transfert mécanique des pièces. La liaison informatique entre les stations est aussi très importante. Cela peut être fait très facilement avec la nouvelle version de FluidSIM Meclab et est décrit ci-dessous.



Figure 7.3 : interconnexion de plusieurs stations

Jusqu'à présent, nous n'avons mis en service qu'une seule station ou même une partie de celle-ci. Les stations peuvent être disposées de manière à ce qu'elles puissent travailler ensemble même si elles sont contrôlées par deux ordinateurs différents.

Exemple :

Le magasin d'empilage sépare les boîtiers sur le début de la bande de la station de convoyage. Dès que le capteur optique au début de la bande détecte la pièce, la bande se met en marche.

Dans cet exemple, la station suivante avec le capteur optique détecte qu'une pièce est arrivée. Cependant, la station précédente ne peut pas détecter si la station suivante est prête à accepter à nouveau une nouvelle pièce.

FluidSIM MecLab 6 offre donc une fonction permettant de commander plusieurs stations avec un seul PC. Plusieurs EasyPorts peuvent être connectés à l'ordinateur via l'interface USB. Dans FluidSIM, plusieurs symboles de distribution multipolaire peuvent être utilisés de la même manière dans un circuit. Le bouton de sélection du module (cf. figure 7.4) peut ensuite être utilisé pour définir l'adresse de l'EasyPort.

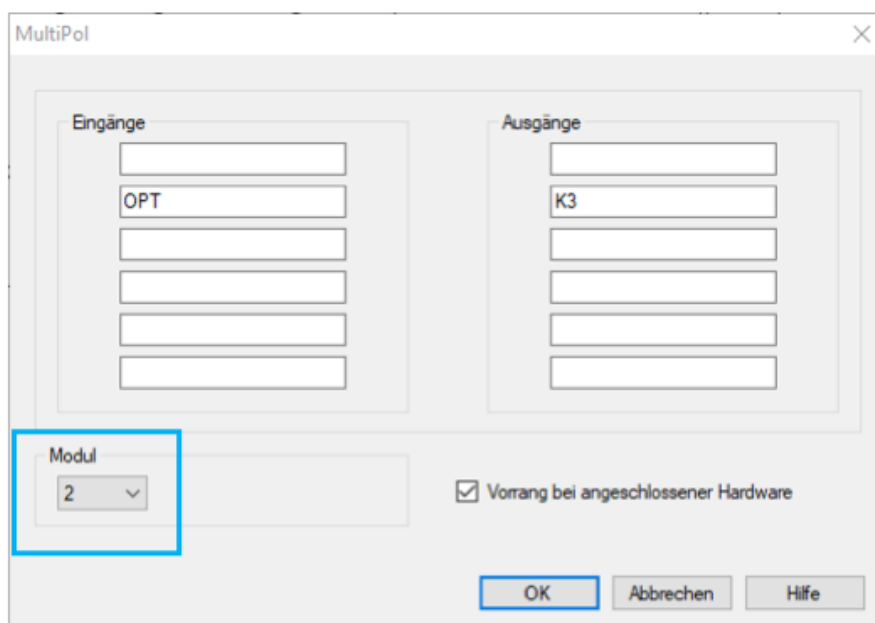


Figure 7.4: Symbole Distributeur multipolaire avec sélection EasyPort

Pour changer l'adresse de l'EasyPort, il faut maintenir le bouton multifonctionnel enfoncé pendant quelques secondes jusqu'à ce que le numéro de l'EasyPort commence à clignoter. Ensuite, le nombre souhaité est réglé en appuyant sur le bouton multifonction vers le haut ou vers le bas. En appuyant et en maintenant le bouton multifonction à nouveau, vous confirmez la sélection. Le clignotement s'arrête et l'EasyPort peut être adressé avec sa nouvelle adresse dans FluidSIM (voir figure 7.5).

Les désignations des entrées et des sorties sont maintenant saisies dans la boîte de dialogue du distributeur multiport et utilisées dans le programme. La même désignation ne peut être utilisée plus d'une fois chez différents distributeurs multiports. Cependant, il est possible d'utiliser les capteurs ou les actionneurs d'une station dans le programme de contrôle de l'autre station. Cela signifie qu'il est désormais possible de réagir aux changements de statut, même entre les stations..

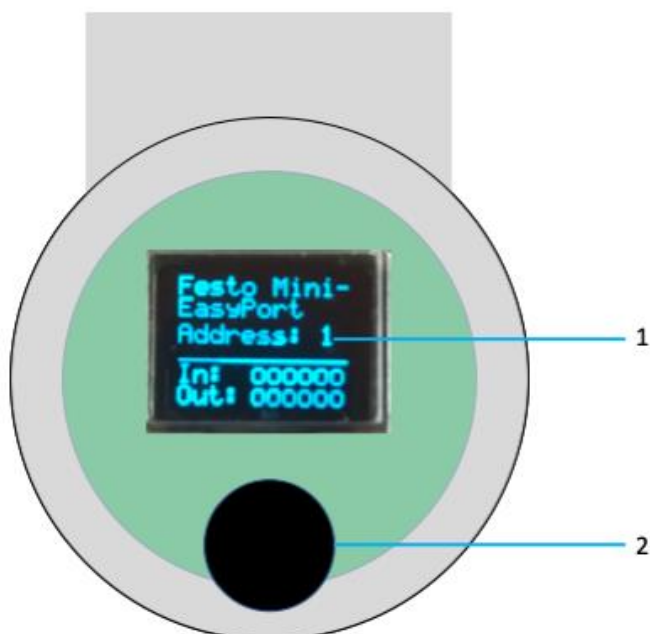


Figure 7.5: EasyPort Mini - Affichage de l'adresse (1). L'adresse peut être ajustée en appuyant sur le bouton (2).

La figure 7.6 montre un exemple de couplage des deux stations empilant le magasin et la bande transporteuse. Dans la station du magasin d'empilage, le cylindre de pression est retiré et le poussoir est déplacé vers le bord de la plaque profilée. Si les deux stations sont placées l'une à côté de l'autre comme le montre la figure 7.6, la bande commence à tourner dès que le magasin d'empilage a poussé une pièce sur la bande. La présence de la pièce est détectée par le capteur optique et la courroie est mise en marche (si nécessaire, le capteur optique doit être recalibré pour que la pièce soit détectée de manière fiable).

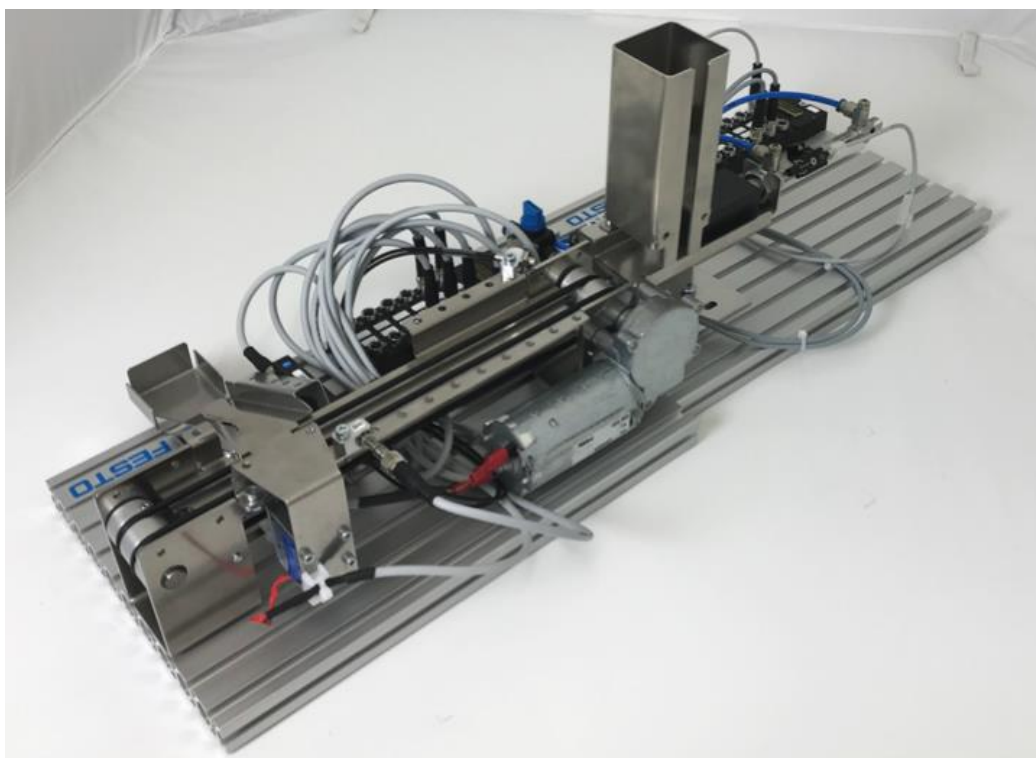


Figure 7.6: Stations empilant le magasin et la bande transporteuse couplées

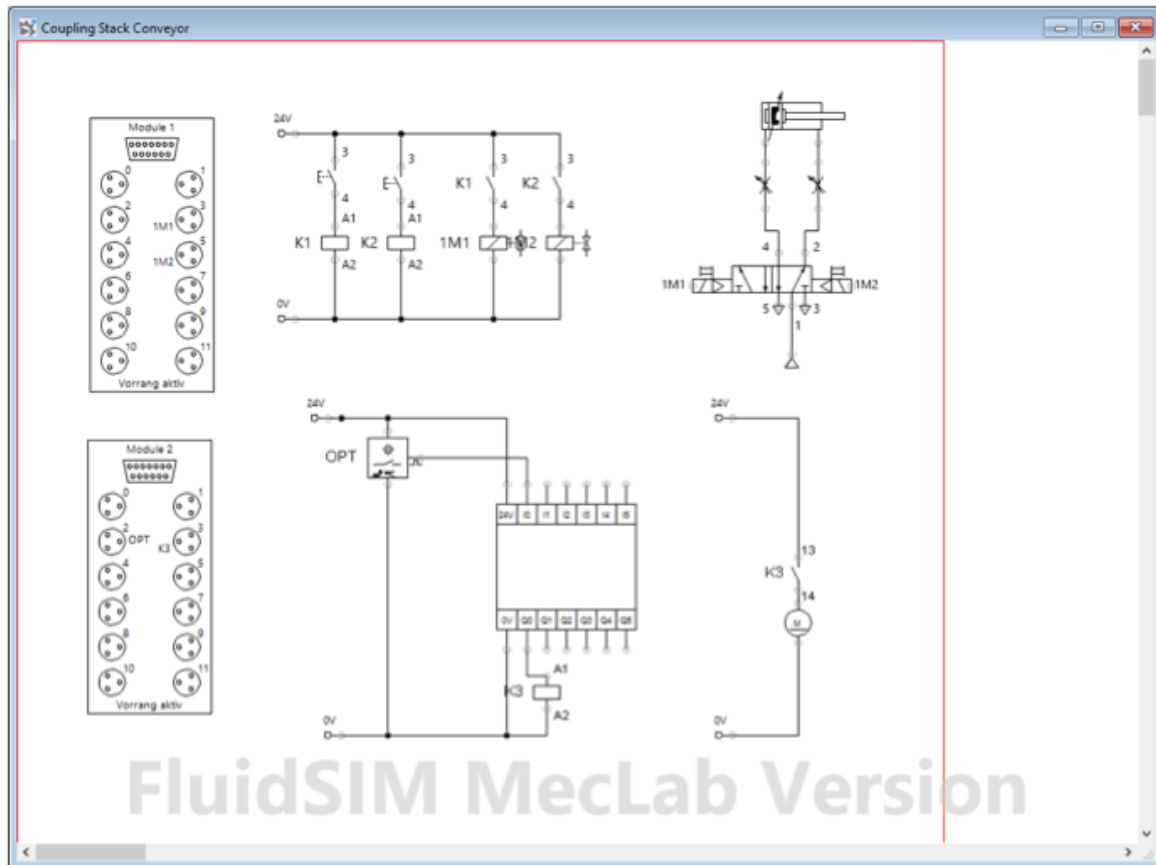


Figure 7.7: Circuit de commande des deux stations couplées empilant le magasin et la bande

La figure 7.7 montre le schéma de circuit pour la commande des deux stations dans FluidSIM. EasyPort 1 contrôle le magasin de piles et EasyPort 2 la bande transporteuse. Les deux programmes correspondent exactement aux programmes de commande de la station unique, sauf que l'adresse de l'EasyPort est modifiée en 2 pour la bande transporteuse.

9 Travail sur les projets

9.1 Objectifs de la pédagogie de projet

La pédagogie de projet est une forme complexe d'enseignement, puisque le travail de projet ne fait pas appel à un concept didactique imposé. Le projet constitue, pour les apprenants, l'objectif vers lequel ils doivent faire tendre tous leurs efforts. Pour l'enseignant, il s'agit uniquement d'un moyen d'inciter les apprenants à effectuer des choses par eux-mêmes (par ex. planification, réalisation et évaluation). La pédagogie de projet est une forme de pédagogie orientée action. Elle permet de mettre en place une structure de pensée active, qui va au-delà de l'aspect purement technique. La pédagogie de projet tend à conforter les aptitudes globales à agir.

Pour que le processus d'apprentissage soit perçu de manière différenciée et personnalisée par les apprenants, les énoncés des exercices et des problèmes abordés dans le cadre de la pédagogie de projet doivent être généraux, mais surtout resitués dans le contexte de la pratique ou de l'univers des élèves à l'aide d'exemples.

La plupart du temps, la pédagogie de projet s'appuie sur un plan de déroulement précis, qui s'articule en plusieurs phases. L'enseignant est libre de se conformer scrupuleusement aux suggestions, de prendre des raccourcis ou d'effectuer des adaptations au gré des situations.

9.2 Caractéristiques de la pédagogie de projet

La réalisation de projets pédagogiques est une forme d'enseignement ouvert qui exige, de la part des enseignants, une estimation approximative préalable de la structure du cours en fonction de l'objet du projet, des capacités des élèves et des conditions de déroulement du projet. Il faut donc au moins concevoir une structure cadre pour le déroulement des cours.

L'enseignement « ouvert » renvoie à une approche pédagogique interactive, dont le contenu et les modalités d'apprentissage ne sont pas prédéfinis, et qui permet aux élèves d'employer diverses méthodes, en fonction des solutions vers lesquelles ils s'orientent.

Le concept de « pédagogie de projet » est fréquemment utilisé à tort dans le milieu scolaire. La technique pédagogique de projet obéit pourtant à des caractéristiques bien précises. Il va de soi que la pédagogie de projet n'est pas tenue d'observer toutes ces caractéristiques, mais elle doit toutefois rassembler une grande partie des critères suivants :

La pédagogie de projet a trait à la pratique.

La pédagogie de projet doit permettre aux élèves de réaliser la cohésion entre la théorie et la pratique. Peu importe qu'ils en aient déjà conscience dès le début du travail de projet ou qu'ils s'en rendent compte sur la base des expériences pratiques acquises au cours de la réalisation du projet.

La pédagogie de projet est interdisciplinaire.

La pédagogie de projet est très complexe et suppose l'association de plusieurs disciplines scientifiques, c'est-à-dire de plusieurs matières. Les sciences techniques sont, par essence, pluridimensionnelles, en ce qu'elles font appel à la créativité en vue de résoudre des problèmes précis. Elles se basent sur un objectif et un état des lieux pour s'orienter vers des possibilités qui soient conformes aux lois naturelles, aux impératifs économiques, aux nécessités écologiques et aux souhaits des hommes. En d'autres termes, les projets techniques sont motivés par les besoins de l'homme et l'acte technique doit systématiquement tenir compte d'objectifs discordants.

La pédagogie de projet favorise l'organisation et la responsabilité personnelles, la réflexion, l'anticipation et l'autonomie des apprenants.

Les apprenants sont largement « livrés à eux-mêmes » dans le cadre de la pédagogie de projet. Ils sont dans l'obligation de planifier, de réaliser eux-mêmes leur travail, mais aussi de l'évaluer. Ils sont ainsi amenés à développer leur propre méthode d'apprentissage et de travail. L'enseignant reste à l'arrière-plan et se cantonne plutôt à un rôle d'animateur, d'observateur et de conseiller, lorsque les élèves le sollicitent ou que la sécurité l'exige.

La pédagogie de projet nécessite et favorise divers modèles sociaux et organisationnels.

La pédagogie de projet favorise le travail collectif, le travail individuel programmé au sein d'un groupe et le travail individuel en totale autonomie. Ces différents modèles organisationnels peuvent être sciemment mis en place par l'enseignant ou s'imposer spontanément au vu du contexte. L'organisation de la réalisation du projet dans le cadre du cours peut varier en fonction de l'objet du projet.

Quatre formes d'organisation se sont révélées efficaces :

- Travail en parallèle de plusieurs équipes sur un même projet
Cette organisation garantit des conditions identiques pour toutes les équipes. Les diverses solutions sont évaluées à la fin.
- Travail d'équipe séparé/conjoint sur un même projet
Les groupes travaillent sur le même projet, mais séparément au début. Chaque groupe présente ses résultats. La proposition de solution qui sera réalisée est choisie collectivement. Le projet est ensuite mené à terme conjointement.

- **Traitement conjoint-séparé-conjoint d'un même projet**
L'objet du projet et les possibilités de traitement font l'objet d'une discussion entre tous les élèves. Il s'agit de définir le projet commun, de définir les tâches à réaliser et les problèmes à résoudre. Les équipes décident elles-mêmes du problème qu'elles devront résoudre. Chaque équipe présente sa solution à la classe. Le projet est ensuite finalisé conjointement, à l'issue de la session d'évaluation.
- **Travail en parallèle de plusieurs équipes sur des projets différents**
Cette organisation nécessite de sélectionner des projets adaptés et de les confier à des équipes déjà formées. Les thèmes des projets ne doivent être ni sous-évalués, ni surévalués par rapport aux capacités des membres des équipes. Ils doivent être rigoureusement adaptés au niveau des différents groupes.

La pédagogie de projet implique des procédures de résolution de problèmes.

L'une des caractéristiques importantes de la pédagogie de projet réside dans le fait que l'apprenant est amené, dans le cadre d'une réalisation concrète, à suivre une ou plusieurs procédures de résolution de problèmes, de la préparation à la résolution pratique du problème. Pour résoudre les problèmes, l'apprenant est amené à faire appel aux connaissances qu'il a préalablement acquises, à ses aptitudes, mais aussi à développer des compétences et savoir-faire.

La pédagogie de projet est orientée vers un objectif précis.

Dans le domaine technique, tous les actes poursuivent un objectif précis. Pour les élèves, c'est l'objet du projet, par exemple une commande d'automatisation de process, qui fait office d'objectif. S'ils s'aperçoivent qu'ils doivent acquérir des connaissances spécifiques pour parvenir à leur objectif, ils tendent naturellement à s'approprier les compétences et savoir-faire nécessaires, puisqu'ils sont conscients de leur utilité pour atteindre leur but.

Pour l'enseignant, l'objet du projet ne revêt qu'une importance relative. Il s'agit d'un moyen d'atteindre un but, un support de travail et d'apprentissage pour les élèves qui contribue à concrétiser les objectifs scolaires et éducatifs. Cette démarche a toujours trait au développement des aptitudes à agir des élèves, et des compétences qui y participent.

9.3 Phases de la pédagogie de projet

Pour pouvoir mener à bien un projet en totale autonomie, les élèves doivent disposer de connaissances spécifiques, mais aussi de compétences au moins équivalentes en termes de méthodologie. Ils doivent déjà posséder une certaine expérience de la résolution autonome de problèmes. Cela signifie que les élèves doivent :

- connaître les stratégies de résolution de problèmes et leur progression, de l'identification du problème à l'évaluation de la solution ;
- disposer d'aptitudes élémentaires en matière de résolution de problèmes ;
- avoir suffisamment confiance en eux pour aborder les problèmes ;
- être prêts à se confronter aux problèmes et faire preuve de volonté et de persévérance, y compris en cas d'échec.

Le modèle progressif de la procédure de résolution de problèmes peut s'avérer utile dans le cadre de la planification et de la réalisation du cours de projet, mais l'enseignant est libre de s'en écarter le cas échéant.

9.3.1 Découverte et compréhension du problème (phase de préparation)

La phase de préparation, ou phase d'information, doit idéalement viser à clarifier l'énoncé du problème, c'est-à-dire amener les élèves à trouver une idée de projet et à en déduire concrètement le projet à réaliser. Il convient de définir l'objectif de projet. S'il s'agit du premier cours de projet pour les apprenants, l'enseignant doit profiter de cette phase pour leur donner toutes les informations relatives à l'objectif et à la réalisation du travail de projet. La phase de préparation doit être la moins longue possible, afin de ne pas éteindre la motivation des élèves.

9.3.2 Détermination des méthodes de solution envisageables (phase d'évaluation)

Au cours de la phase d'évaluation, les élèves doivent identifier les méthodes de solution envisageables et juger de la pertinence des unes et des autres. Les variantes de solution doivent être comparées sur la base des ressources matérielles, mais aussi des possibilités et des compétences personnelles. La variante qui sera adoptée représente systématiquement un compromis entre ce qui est souhaité sur le plan technique, ce qui est viable sur le plan économique et ce qui est réalisable au vu des ressources matérielles et personnelles.

9.3.3 Planification d'une méthode de solution (phase de planification)

Pour les apprenants, la phase de planification consiste à programmer et organiser l'ensemble du déroulement du projet, c'est-à-dire les diverses étapes de résolution du problème. Elle implique non seulement la planification des ressources matérielles (outils, matériaux, matériel annexe) mais aussi des ressources personnelles (nombre de groupes, effectif et composition). Il est possible de définir des objectifs partiels, de déterminer les méthodes pour y parvenir et de définir des groupes (partiels) de projet.

9.3.4 Réalisation de la solution du projet (phase d'interaction)

Au cours de la phase d'interaction, les apprenants travaillent au sein de groupes partiels de projet, conformément à la démarche définie au préalable pour atteindre les objectifs partiels. Les groupes doivent, pour ce faire, avoir accès à toutes les sources d'informations nécessaires. C'est d'ailleurs la principale tâche de l'enseignant au cours de cette phase du travail de projet. Les différents groupes doivent consigner leurs résultats par écrit et les préparer en vue de leur présentation.

9.3.5 Évaluation de la solution du problème (phase de présentation)

La phase de présentation consiste, pour les membres des divers groupes partiels de projet, à présenter à l'équipe dans son ensemble, c'est-à-dire à la classe entière, les résultats de leurs travaux. Outre la présentation du résultat concret (par ex. la commande), chaque groupe doit aussi faire un rapport « empirique » portant sur la démarche suivie par le groupe, les éventuelles erreurs, les problèmes et leurs solutions. L'enseignant joue essentiellement, au cours de cette phase, un rôle d'animateur.

Si plusieurs variantes de solution ont été mises en œuvre, il convient de les évaluer et de statuer sur la meilleure solution. Cette solution doit être comparée à l'objectif de projet défini lors de la phase de planification. Il est envisageable, ensuite, d'échanger les expériences et d'analyser le travail de projet dans son ensemble. Ces conclusions peuvent être utiles pour déterminer de nouvelles structures de déroulement et d'organisation pour des travaux de projet similaires.

Il n'est pas rare que la résolution d'un problème via un travail de projet mette en évidence d'autres problèmes, ce qui incite les élèves à renforcer leur niveau de connaissances et à se montrer plus exigeants, non seulement vis-à-vis de leurs propres aptitudes et savoir-faire, mais aussi vis-à-vis des résultats de la nouvelle procédure de résolution de problèmes orientée projet. Chaque travail de projet conforte ainsi les aptitudes à agir des élèves.

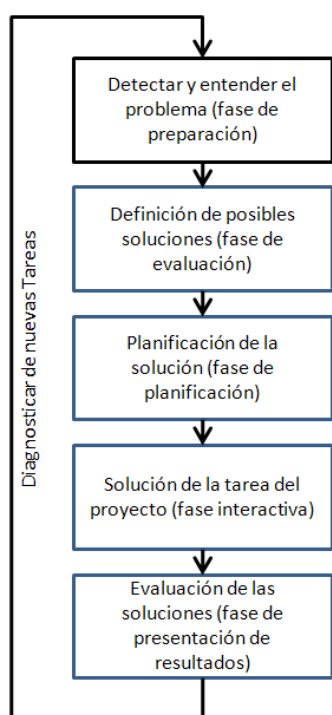


Figure 8.1 : phases de la pédagogie de projet