

Filière Systèmes industriels

Orientation Power and Control

Diplôme 2009

Romain Darbellay

Hes·so VALAIS
WALLIS

Rte du Rawyl 47 - 1950 Sion 2

*Desserte d'une presse
à injecter par un robot*

Professeur Jean-Daniel Marcuard
Expert Christian Vouillamoz

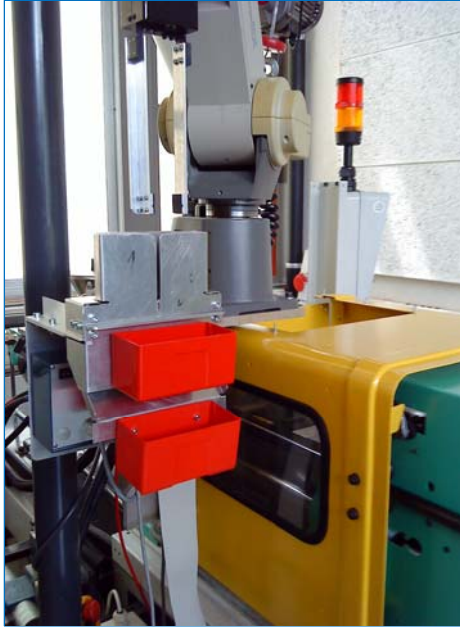
HES-HEVS (Sion)



EM000006112709

Sion, le 6 juillet 2009

PC / 2009 / 32



Desserte d'une presse à injecter par un robot

Diplômant

Romain Darbellay

Objectif du projet

L'école possède une presse à injecter dont le fonctionnement est automatisé, à l'exception de sa desserte. Le but de ce projet consiste à utiliser un robot pour extraire et découper les pièces moulées.

Méthodes | Expériences | Résultats

A partir d'une modélisation en trois dimensions de la presse et du robot, un support constitué de trois plaques en aluminium a été dessiné. Une unité de découpage y est directement rattachée. Un couteau monté sur un plateau mobile vient butter contre une surface en PVC sur laquelle est plaquée la pièce à découper. Les tests effectués ont prouvé l'efficacité de cette méthode de découpe. Un système d'évacuation permet, de récupérer les pièces et les déchets dans des bacs amovibles séparés.

Le fonctionnement du robot avec la presse est rendu possible grâce à l'interface qui a été développée. Le signal de soufflage présent dans le cycle de production de la presse est détecté par la commande et autorise le robot à récupérer la pièce à l'intérieur du moule. Un dispositif de sécurité bloque la presse si le bras n'est pas ressorti de la zone dangereuse avant la fin du soufflage.

La commande du robot gère les mouvements du bras ainsi que les entrées / sorties de l'installation. La communication avec la presse se fait par l'intermédiaire d'un boîtier I/O spécialement conçu pour cette application. Les tests menés ont permis de vérifier le câblage du boîtier, le système de sécurité ainsi que le déroulement de la production.

Travail de diplôme
| édition 2009 |

Filière

Systèmes industriels

Domaine d'application

Power and Control

Professeur responsable

Jean-Daniel Marcuard

jdaniel.marcuard@hevs.ch

Partenaire

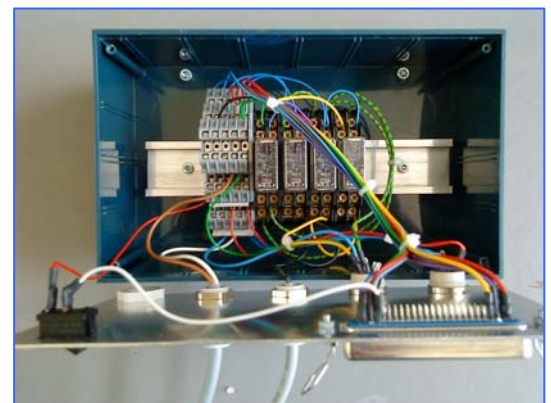
HES-SO Valais

HES-SO Valais
Route du Rawyl 47
1950 Sion

Tél. 027 606 85 11
URL www.hevs.ch



La pièce moulée est séparée de son déchet dans l'unité de découpage.



Le boîtier I/O permet le transfert et le traitement des signaux entre la presse et la commande du robot.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	1
Introduction	3
Presse	4
Description générale	4
Commande Selogica®.....	5
Robot	6
Description générale	6
Modélisation	7
Support du robot	7
Unité de découpage	9
Armature	10
Plateau mobile avec couteau	10
Profilé de butée.....	10
Circuit pneumatique.....	10
Capot de sécurité.....	11
Pince du robot	12
Signaux de commande	12
Interface.....	12
Sécurités	13
Tests des signaux de la Presse	15
Câblage de l'installation	15
Schéma général.....	15
Boîtier I/O.....	15
Connecteur CENTRONICS.....	16
Interface	16
Alimentation 24 V	17
Programmation	17
Apprentissage de points.....	17
Séquence de démarrage :	18
Séquence d'extraction :	18
Séquence de découpe et évacuation du déchet :	19
Entrées / sorties	19
Programme de la commande	20

Tests	21
Boîtier I/O	21
Sécurités.....	22
Production	22
Conclusions	23
Bibliographie :.....	23
Annexes :	24

INTRODUCTION

L'école possède une presse à injecter qui permet de tester des nouvelles technologies liées aux sciences des matériaux. Les pièces moulées sont réalisées de la manière suivante : une unité d'injection qui comporte une vis sans fin permet de chauffer puis d'injecter dans le moule un matériau présent dans un réservoir sous forme de granulé. L'unité de fermeture assure l'étanchéité du moule. Elle comporte un système d'éjecteurs qui permet de démouler les pièces produites.

Le fonctionnement de cette presse est automatisé mais l'utilisateur doit tout de même réaliser plusieurs tâches lors de chaque cycle de fabrication. En effet, pour chaque pièce, il est nécessaire d'ouvrir le capot de la machine, d'extraire avec des gants ou une pince les pièces qui viennent d'être réalisées et qui sont encore chaudes. Il faut en suite sectionner manuellement les excroissances correspondant aux canaux d'amenée du matériau et refermer le capot avant de lancer le cycle suivant. Ce fonctionnement s'avère fastidieux lorsqu'il s'agit de produire des séries de pièces.

Le but de ce projet consiste à intégrer sur la presse un appareil pour évacuer les pièces moulées et les transporter dans une unité de coupage. On utilisera un robot Mitsubishi qui équipe le laboratoire de productique. Il sera fixé sur la presse de manière étudiée et équipé d'une pince spécifique pour cette application. L'unité de découpage permettra de séparer la pièce de son déchet.

Le rapport qui suit contient une présentation de la presse et du robot. Il fournit ensuite des explications à propos des éléments mécaniques qui ont été conçus dans le cadre de ce projet. Les différentes pièces réalisées sont décrites séparément pour mettre en avant les points importants qui résultent de leur conception. Dans un troisième temps, les aspects liés aux signaux de commande sont abordés. Cette partie traite notamment de l'interface avec la presse et du câblage de l'installation. Suite à cela, on s'intéresse à la programmation du robot. Les mouvements qu'il opère ainsi que sa logique de commande sont présentés. Finalement, les tests effectués sur l'installation sont exposés. Il s'agit de valider le câblage, les sécurités ainsi que la logique de commande du système.

PRESSE

Description générale

La presse à injecter est formée de deux unités séparables montées sur le même châssis. L'unité d'injection comporte une vis sans fin qui transporte la matière présente dans un petit réservoir sous forme de granulés vers le centre du moule. La matière en déplacement est chauffée jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment visqueuse pour pouvoir être injectée dans le moule.

L'unité de fermeture assure l'étanchéité du moule. Celui-ci est formé d'une plaque fixe côté injection et d'une plaque mobile comportant un système d'éjection des pièces. Les éjecteurs sont des tiges en métal présentes à l'intérieur du moule. En avançant, elles permettent d'évacuer la pièce qui vient d'être moulée.

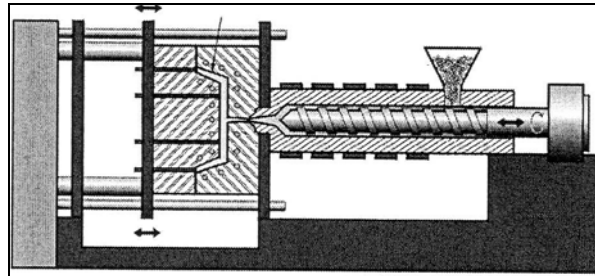


Figure 1 : Fonctionnement de la presse

L'aspect extérieur de la presse est représenté dans la figure ci-dessous. La machine de l'école comporte en plus une potence avec un palan électrique pour le montage et le démontage du moule.

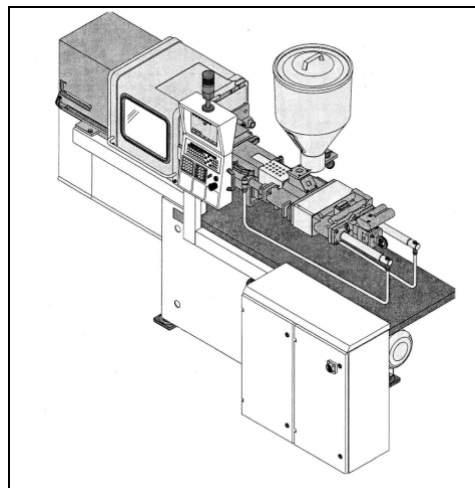
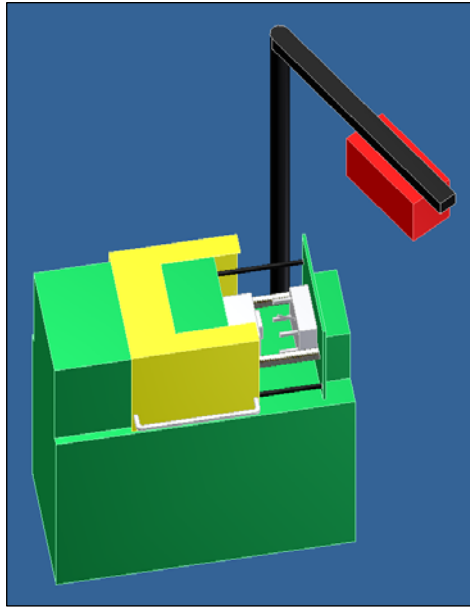


Figure 2 : Aspect extérieur de la presse



Un modèle en trois dimensions de la presse a été réalisé, où seuls les éléments qui limitent la liberté de mouvement du robot sont dessinés. Dans la figure ci-contre, on distingue le moule, le capot de protection et la potence.

Figure 3 : Modélisation de la presse

Commande Selogica®

La commande de la presse permet de créer des cycles de production de manière visuelle. Un programme est constitué d'une série de symboles qui représentent les actions effectuées dans l'ordre par la presse. Chaque pas est défini précisément à l'aide d'une liste de paramètres. Il s'agit par exemple de déterminer des forces, des tolérances ou des durées. Le cycle de base représenté dans la figure ci-dessous est contenu dans chaque programme. Il débute à gauche avec la fermeture du moule. Les trois pas suivant concernent l'injection de la matière. Quand la pièce est prête, le moule s'ouvre, les éjecteurs sortent pour évacuer les pièces puis rentrent à nouveau avant la fin du cycle. On peut compléter le cycle de base en insérant des pas supplémentaires tels qu'une ouverture et une fermeture du capot de protection, un temporisateur, un soufflage etc. La commande de la presse permet de réaliser un cycle de test qui effectue uniquement les pas sélectionnés par l'utilisateur. Nous utiliserons cette option pour les premiers essais avec le robot.

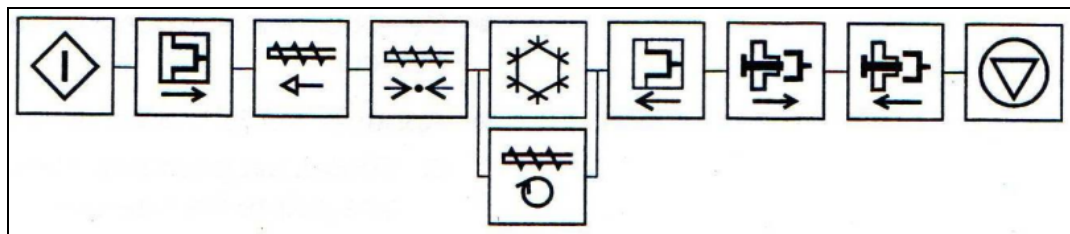


Figure 4 : Commande Selogica®

Pour un fonctionnement avec robot, le cycle de base a été modifié. Un pas de soufflage pendant lequel le robot vient extraire la pièce est inséré après l'ouverture du moule. Le reste du cycle est identique.

ROBOT

Description générale

Dans le cadre de ce projet, on utilise un robot MITSUBISHI RV-M1. Il est piloté par une commande (Drive unit) que l'on peut programmer depuis un ordinateur. Une fois que le programme a été transmis à la commande, le système est autonome, c'est à dire qu'il peut fonctionner sans ordinateur. La commande permet également de gérer des entrées / sorties par l'intermédiaire d'un connecteur CENTRONICS. Pour programmer le robot, on dispose d'une application PC. Le principe consiste à déplacer « manuellement » le bras du robot pour qu'il enregistre un certain nombre de positions. Le programme demande ensuite au robot de rejoindre les différentes positions enregistrées dans un ordre précis.

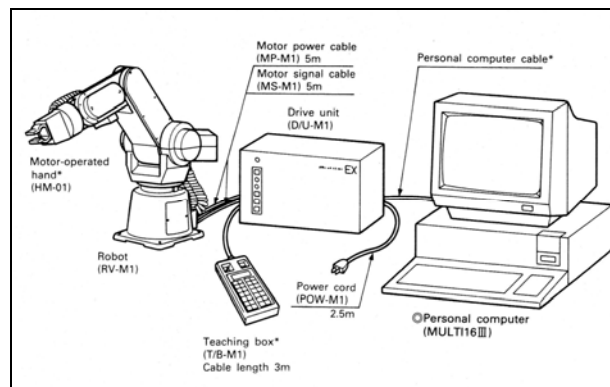


Figure 5 : Robot et commande

Le robot compte cinq axes de rotations. Il est ainsi capable d'effectuer des mouvements similaires à ceux d'un bras humain. Les axes portent d'ailleurs le nom de nos articulations. Dans la figure ci-dessous, on repère la taille pour l'axe J1, l'épaule pour J2, le coude pour J3 et le poignet pour J4 et J5.

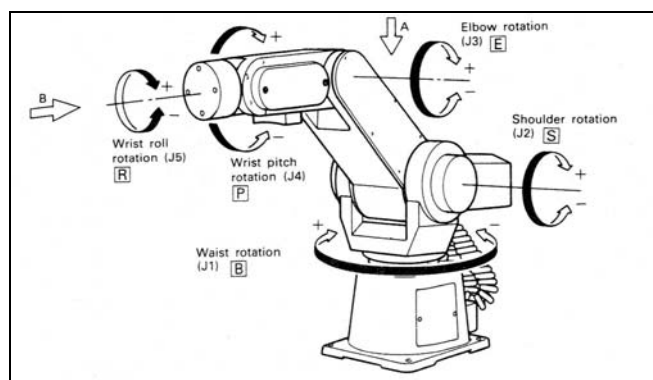


Figure 6 : Axes du robot

Le décalage horizontal entre l'axe de rotation principal du robot et le centre du moule est déterminant pour le bon fonctionnement du système. Dans sa position actuelle, il ne gêne pas le démontage du moule et permet au robot de s'initialiser sans rentrer en contact avec la presse.

Une fois le positionnement du robot déterminé, il s'agit de concevoir un support qui viendra reposer sur des points de fixations existants. Plusieurs variantes avec des châssis en profilés ont été imaginées mais finalement une solution plus simple et plus robuste a été adoptée. En fait, trois pièces ont été usinées dans une plaque en aluminium de 15 millimètres. La première pièce en "L" est fixée à la presse par l'intermédiaire de trois vis. Deux autres plaques sont vissées sur celle-ci formant un ensemble en forme de coin. Bien que surdimensionné, le support offre l'avantage de pouvoir utiliser une plaque mise à disposition mais il garantit surtout une rigidité exceptionnelle et la possibilité de fixer facilement l'unité de découpage. La plaque de fixation du robot comporte, dans l'épaisseur côté moule, deux taraudages pour la fixation d'une webcam.

Lors du montage, un problème a été détecté au niveau de la potence qui supporte le palan électrique. En effet, lors de l'initialisation, l'extrémité de la pince entraînait en contact avec cet élément. Ce détail, négligé dans la phase de modélisation, a nécessité des modifications. Deux solutions étaient, dès lors, envisageables. Premièrement, modifier la plaque en "L" pour décaler le robot de 30 millimètres au centre de la presse. Deuxièmement, décaler la potence de la même distance au moyen d'entretoises. Comme la plaque en "L" était déjà usinée, la solution la plus simple, à savoir la deuxième, a été retenue.

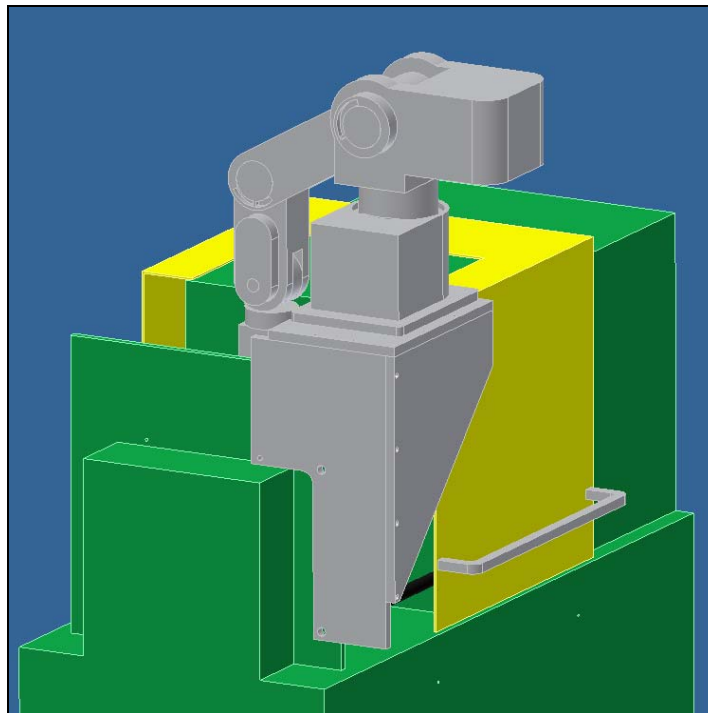


Figure 8 : Support du robot

UNITÉ DE DÉCOUPAGE

La fonction principale de l'unité de découpe consiste à séparer une pièce voulue de son déchet qui est constitué d'une carotte et d'un ou plusieurs canaux d'amenée. Le système doit garantir la sécurité de l'utilisateur et être adaptable pour plusieurs types de pièces.



Figure 9 : Découpe d'une pièce moulée

Le système fonctionne de la manière suivante : d'un côté, la pièce est maintenue contre une surface en PVC par le robot et de l'autre, un vérin entraîne un plateau comportant un couteau qui vient buter contre cette surface, précisément entre la pièce et le déchet. La pièce découpée tombe ainsi sous l'effet de la gravité et est récupérée dans une boîte amovible.

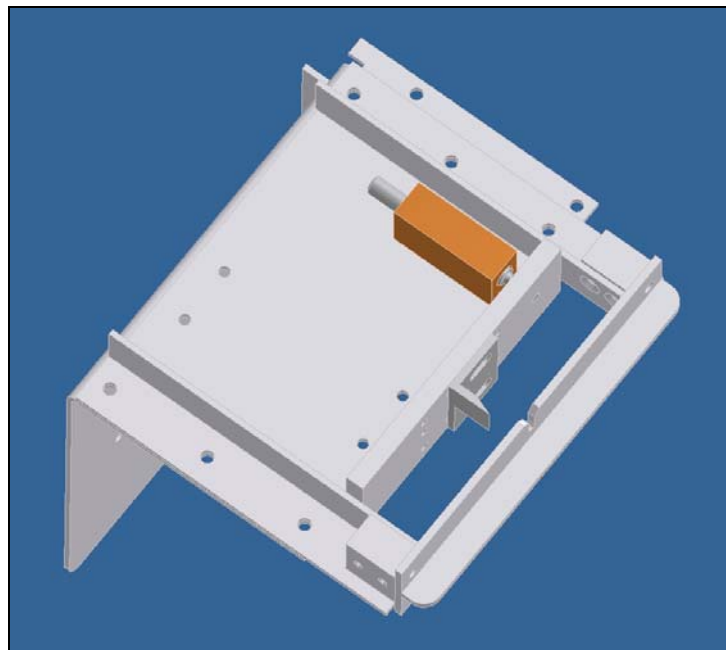


Figure 10 : Système de découpe

Armature

L'armature de l'unité de découpage est constituée d'une tôle pliée sur laquelle sont vissées deux cornières. La tôle est vissée au support du robot par quatre vis et peut être rapidement démontée. Les cornières garantissent la rigidité de l'ensemble. En effet, grâce à leur profil, elles empêchent la plaque de plier sous le poids des différents éléments qui y sont rattachés. Pour permettre à la pièce de tomber, les extrémités des cornières qui accueillent un profilé de butée sont décalées par rapport au bord de la plaque de base.

Plateau mobile avec couteau

Pour pouvoir découper plusieurs types de pièces, on utilise un plateau mobile sur lequel peuvent être montés des couteaux. Le plateau est entraîné par un vérin double effet et son guidage est réalisé au moyen d'une tige couissant à l'intérieur d'une douille. La tige de guidage ainsi que celle du vérin sont fixées au plateau par des contre-écrous.

La géométrie des couteaux dépend des pièces à découper. Dans le cadre de ce travail, un couteau adapté à la pièce moulée proposée a été dessiné. Il s'agit d'un profilé en acier dont l'une des arrêtes est taillée avec un angle de tranchant de 20°. Les rainures qu'il comporte, permettent d'ajuster l'axe du tranchant afin d'optimiser la qualité de la découpe. Il est recommandé de graisser le tranchant pour éviter la corrosion. Une couche d'antirouille a été appliquée sur le reste de la pièce.

Profilé de butée

La butée du système de découpe est constituée d'un profilé en aluminium sur lequel est colée une plaque en PVC. Une rainure traverse ces deux éléments et garantit le centrage de la pièce à découper. La butée doit opposer une résistance mécanique suffisante aux contraintes engendrées par le choc avec la partie mobile. Elle doit en outre permettre un bon positionnement des pièces à découper. Comme l'épaisseur de la butée représente l'espace entre la pièce et les pinces du robot, il faut réduire au maximum cette distance pour que la pièce soit bien tenue. L'utilisation d'un profilé permet d'assurer une résistance mécanique suffisante avec une épaisseur de tôle minimale. Le profilé est vissé sur des petits blocs fixés sur l'extrémité des cornières. L'espace de 164 mm existant entre les cornières est suffisant pour accueillir des pièces de grands formats.

Circuit pneumatique

Le plateau mobile est actionné par l'intermédiaire d'un vérin double effet. Pour découper une pièce, on compte plus sur l'énergie cinétique du plateau que sur la force exercée par le vérin. En d'autres termes, le plateau est accéléré brusquement et lorsqu'il atteint la butée, le tranchant du couteau a acquis l'énergie nécessaire pour découper la pièce.

Nous avons sélectionné un vérin avec une course de 25 mm et dont le diamètre du piston vaut 16 mm. Une telle course est assez longue pour permettre à la tige d'atteindre une vitesse maximale. Pour déterminer la force exercée par le vérin, on utilise la formule : $F = P \cdot A$ où P est la pression en [Pascal] et A la surface en [m²]. Avec un diamètre de 16 mm et sous une pression de 8 bar, le vérin fournit une force de 160 N.

Le vérin est équipé d'un anneau magnétique et peut donc fonctionner avec des capteurs de fin de course. Il est commandé à l'aide d'une électrovanne 4/2 monostable et équipé de limiteurs de débit qui permettent de régler la vitesse de sortie et de rentrée de la tige. L'alimentation en air comprimé est fournie par la presse. Un raccord en « T » a été inséré entre le conditionnement d'air et l'électrovanne qui assure la fonction de soufflage. Cette pièce comporte des filetages 3/8 et accueille un raccord rapide auquel est reliée l'électrovanne.

Dans le but de limiter la pollution sonore, un silencieux est intégré dans le circuit pneumatique représenté ci-dessous.

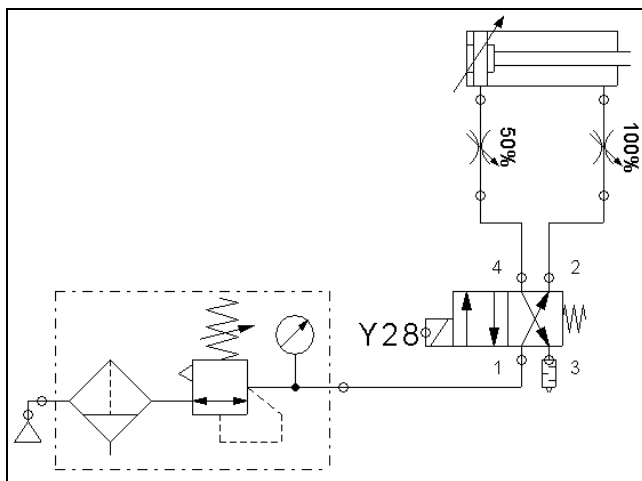
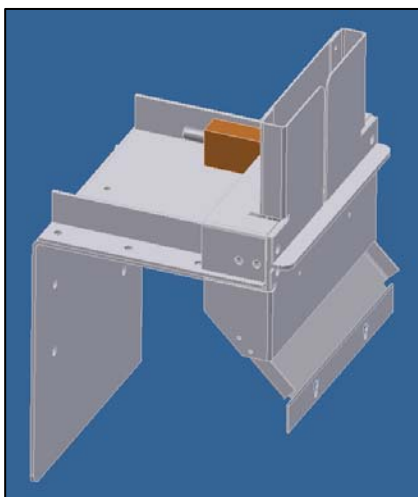


Figure 11 : Circuit pneumatique

Capot de sécurité



L'unité de découpe est munie d'un capot de sécurité. Il s'agit d'un ensemble de tôles pliées qui recouvrent la zone dangereuse. Sur la partie supérieure, un espacement de 5 mm entre les deux pièces verticales permet le passage de la carotte. Il est assez étroit pour empêcher quelqu'un d'y glisser un doigt. Depuis le sommet de la rainure, le bras du robot descend verticalement jusque sur l'axe de découpe. Cette sorte de cheminée est nécessaire pour qu'on ne puisse pas atteindre la zone dangereuse depuis le dessus. La partie inférieure comporte une rampe qui garantit la sécurité et dont la fonction consiste également à récupérer les pièces découpées. Une boîte amovible peut y être fixée rapidement grâce aux fraisages réalisés dans sa partie inférieure.

Figure 12 : Capot de sécurité

IMPORTANT : l'unité de découpe est un système dangereux avec des pièces tranchantes qui se déplacent brusquement. Elle ne doit JAMAIS être utilisée sans capot de protection ! Toute modification apportée doit avant tout garantir la sécurité de l'utilisateur.

Pince du robot



Pour que le robot puisse extraire la pièce moulée, il est nécessaire de prolonger les doigts d'origine. Des profilés en aluminium sont utilisés. Leur forme permet d'éviter une déformation plastique lors de la fermeture de la pince. Le système de prise a été récupéré sur le robot. Il s'agit de deux pièces rectangulaires en aluminium comportant une rainure. Elles ont chacune été recouverte par une lamelle de caoutchouc dans le but d'offrir une meilleure adhérence.

Figure 13 : Pince du robot

SIGNAUX DE COMMANDE

Interface

Pour que la presse puisse fonctionner avec un robot, il est nécessaire de disposer d'une interface. Les deux machines doivent en effet pouvoir communiquer de manière à effectuer leurs tâches respectives aux moments opportuns. Une interface comprend une partie "software" et "hardware". La partie "software" traite les signaux de commande du côté de la presse et du robot. C'est la partie intelligente qui définit la logique commune aux deux machines. La partie "hardware" assure quant à elle la transmission des signaux de commandes.

La presse est faite pour accueillir un manipulateur qui permet d'extraire les pièces moulées. Le constructeur propose d'ailleurs, en option, l'interface EUROMAP qui fonctionne avec un certain nombre de robots présents sur le marché. Selon l'offre en annexe, le coût de cette installation dépasse largement le budget de ce travail de diplôme. De plus, le robot que l'on utilise n'est pas compatible avec EUROMAP. En fait, seule la partie "hardware" aurait été exploitée.

Une solution meilleure marché consiste à développer une interface adaptée à l'application. Cette option est réalisable à condition de savoir quand le robot peut aller récupérer la pièce moulée et de pouvoir éviter que les pièces soient éjectées du moule avant d'avoir été saisies par le robot.

Une fonction rarement utilisée sur la presse permet de remplir ces deux conditions. En insérant un pas de soufflage dans le cycle de production, on peut en effet connaître le statut de la presse. Dès que le signal correspondant est perçu, un ordre est donné au robot pour aller récupérer la pièce qui vient d'être terminée. Le soufflage est placé juste après l'ouverture du moule. Cette action peut durer jusqu'à 99 secondes et joue ainsi un rôle de temporisateur si bien qu'on dispose d'un laps de temps suffisant pour pouvoir évacuer la pièce avant que le pas suivant soit activé. En pratique, on fixe un temps de soufflage minimum de 15 secondes.

Sécurités

Si l'interface permet d'effectuer des cycles de production selon un déroulement normal, elle doit également pouvoir gérer une situation non prévue telle qu'une panne ou un arrêt d'urgence. En cas de défaut de la presse ou du robot, le système doit être entièrement stoppé pour garantir la sécurité et éviter tous dommages mécaniques.

La logique de sécurité de notre interface a été élaborée à partir d'une liste de situations non prévisibles. Cinq cas sont envisageables :

- 1) L'utilisateur ordonne un arrêt d'urgence sur la presse pour une raison indéterminée.
- 2) Le robot tombe en panne alors que la presse fonctionne.
- 3) La presse tombe en panne alors que le robot fonctionne.
- 4) L'utilisateur fait un arrêt d'urgence sur la commande du robot alors que le bras est à l'intérieur du moule.
- 5) L'utilisateur coupe l'alimentation de la commande alors que le bras est à l'intérieur du moule.

Ces situations sont décrites en détail ci-dessous avec à chaque fois une proposition pour garantir la sécurité de l'utilisateur et du système.

Dans le cas d'un arrêt d'urgence imposé par l'utilisateur, le système est stoppé entièrement. Le bouton d'arrêt d'urgence présent à l'origine sur la commande de la presse permet également de stopper le robot. Quand la presse fonctionne normalement, on reçoit un signal de 24 volts sur la borne B14 +B05-X00F du circuit d'arrêt d'urgence de la presse (voir annexe *Circuits électriques de la presse 1*). Ce signal permet de maintenir le relais K1 (voir annexe *Boîtier I/O*) qui autorise le fonctionnement du robot. Après un arrêt d'urgence sur la presse, le signal est perdu et le relais lâche. L'ouverture du circuit provoque un arrêt d'urgence du robot.

Lors d'une défaillance du robot, on bloque la presse seulement si le bras se trouve à l'intérieur du moule. Pour détecter un défaut de la commande du robot, on utilise l'une de ses sorties. On décide d'utiliser le signal présent sur la pin 3 du connecteur CENTRONICS. Ce signal sera noté *s3*. Il agit sur l'arrêt d'urgence de la presse avec le signal de soufflage. En mode de fonctionnement normal, *s3* est à 0 quand le robot est à l'extérieur de la presse. Il passe à 1 après que la commande ait détecté le signal de soufflage et avant que le bras du robot ne se déplace vers le centre du moule. Dès que le robot a évacué la pièce, il retombe à 0.

Si le robot bloque avant le flanc montant de *s3*, cela signifie qu'il est positionné à l'extérieur de la zone dangereuse. L'arrêt d'urgence de la presse n'est pas déclenché puisque le relais *K3* est normalement fermé. Le cycle de production continue et les pièces sont évacuées de manière traditionnelle par les éjecteurs après l'étape de soufflage.

Si le robot bloque après le flanc montant de *s3*, cela signifie qu'il peut se situer dans la zone dangereuse. Comme la sortie *s3* est bloquée à 1, le relais *K3* reste ouvert. Dès la fin du soufflage, le relais *K2* s'ouvre également ce qui entraîne un arrêt d'urgence de la presse.

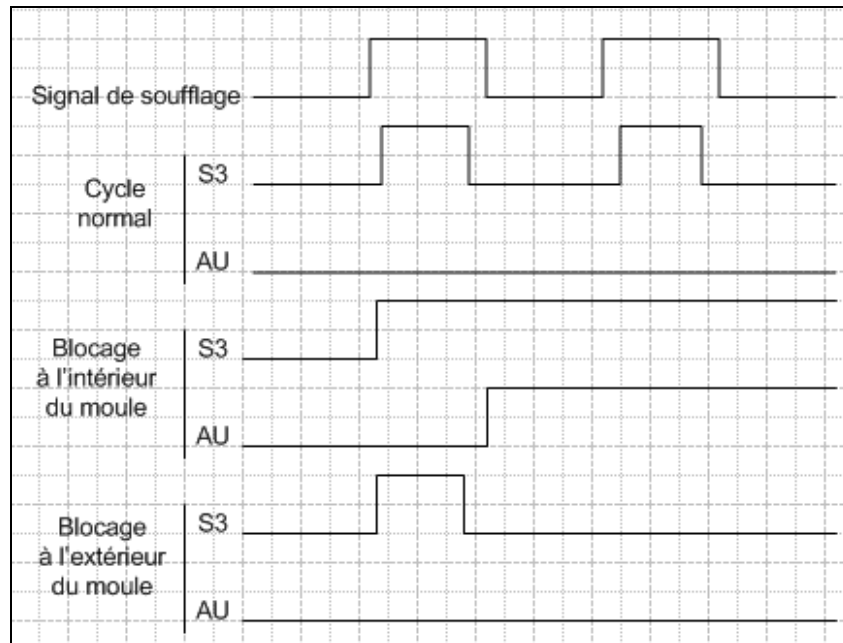


Figure 14 : Sécurité lors du soufflage

Si l'utilisateur fait un arrêt d'urgence sur la commande du robot alors que le bras est à l'intérieur du moule, la presse s'arrête également. Cette situation correspond en fait à une panne du robot (cas n°2).

Si l'utilisateur coupe l'alimentation de la commande alors que le bras est à l'intérieur du moule, la presse fait un arrêt d'urgence. Pour ce faire, on exploite le fait que lorsqu'on coupe l'alimentation de la commande, une impulsion est générée sur toutes les sorties du robot. Quand le bras est à l'intérieur du moule, seul le contact piloté par K2 autorise le fonctionnement de la presse. Un contact supplémentaire normalement fermé est placé en série avec celui de K2. Le relais K0 qui le commande est connecté à une sortie non utilisée que l'on notera s4. Si on coupe l'alimentation pendant la phase d'extraction de la pièce, le contact de K0 s'ouvre momentanément et provoque un arrêt d'urgence sur la presse.

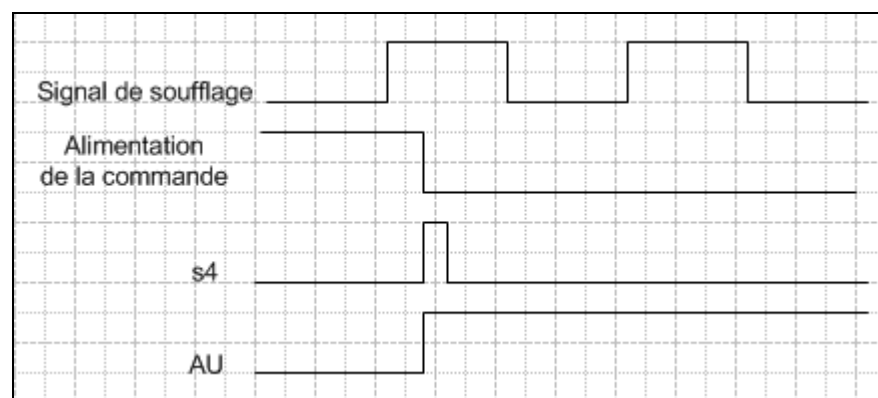


Figure 15 : Sécurité en cas de coupure d'alimentation de la commande

Tests des signaux de la Presse

L'interface décrite plus haut est réalisable à condition de disposer des signaux de soufflage et d'arrêt d'urgence qui proviennent de la presse. A l'aide des schémas électriques en annexe, les bornes correspondant à ces signaux ont pu être localisées dans l'armoire de commande. Le signal de soufflage peut être lu sur la borne +B08-X004 B16 et l'arrêt d'urgence sur +B05-X004F B14. Des mesures ont été effectuées pour déterminer les niveaux de tension que l'on retrouve sur ces bornes lors d'un arrêt d'urgence ou d'un soufflage. Les résultats figurent dans le tableau qui suit.

Situation	Borne	Niveau de tension
Pas de soufflage en cours	+B08-X004 B16	0 V
Soufflage en cours	+B08-X004 B16	24 V
La presse fonctionne	+B05-X004F B14	24 V
La presse est en arrêt d'urgence	+B05-X004F B14	0 V

Tableau 1 : Test des signaux de la presse

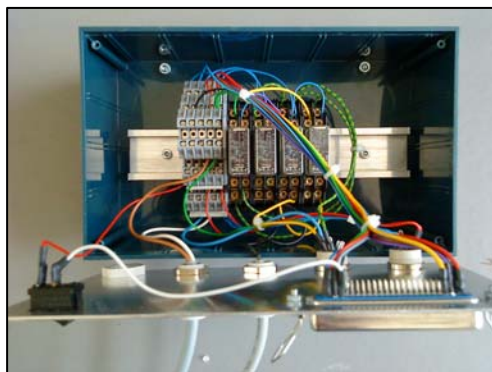
Câblage de l'installation

Schéma général

L'installation compte plusieurs éléments qui sont connectés entre eux selon l'annexe *schéma général*. Le boîtier I/O constitue le point central. Il est relié à la commande du robot par une connexion CENTRONICS et par un pont d'arrêt d'urgence. Le boîtier échange également des signaux avec la presse par l'intermédiaire d'un câble sept pôles. Une alimentation extérieure lui fournit une tension de 24 volts au travers d'un câble quatre pôles. L'électrovanne est reliée au boîtier par un câble à deux fils. Les capteurs de fin de course ne sont pas existants sur l'installation actuelle. Un perçage a néanmoins été réalisé dans le boîtier pour pouvoir accueillir un câble avec les signaux des capteurs.

La commande du robot dispose d'un port RS232 pour la transmission de données avec un PC. En mode exécution, elle gère les entrées /sorties du boîtier et commande les mouvements du robot selon la logique du programme qui a été chargé dans sa mémoire.

Boîtier I/O



Le boîtier I/O est le nœud "hardware" du système. Il est le point de connexion entre les signaux de la presse, du box de commande, de l'électrovanne et des capteurs. Le câblage est représenté sur l'annexe *Boîtier I/O*. Les éléments extérieurs au boîtier sont encadrés. Les numéros auxquels ils sont reliés indiquent les pins du connecteur CENTRONICS. La couleur des fils utilisés est également indiquée.

Figure 16 : Boîtier I/O

A l'intérieur du boîtier, les neutres de l'alimentation 24 V et de la presse sont connectés. Chaque borne est réservée pour une entrée ou une sortie. La figure ci-dessous donne un aperçu de la disposition des éléments à l'intérieur du boîtier.

INTERUPTEUR MARCHÉ / ARRÊT
FIN DE COURSE 1
FIN DE COURSE 2
ELECTROVANNE
SOUFFLAGE
K2
K1
K3
K0

Figure 17 : Disposition des bornes et des relais dans le boîtier I/O

Connecteur CENTRONICS

Le connecteur CENTRONICS compte 50 pôles dont quatre sont connectés à la tension d'alimentation positive et quatre au neutre. La commande du robot permet d'utiliser seize entrées et seize sorties. Le tableau en annexe *Connecteur CENTRONICS* fournit la correspondance entre les pins du connecteur et les signaux qu'elles transmettent.

Le niveau de tension des sorties est de 10 V à l'état bas et passe à 24 V pour l'état haut. Lorsqu'on coupe l'alimentation du box de commande, il se produit une impulsion sur toutes les sorties. Celles-ci passent subitement à l'état haut puis à l'état bas.

Interface



L'interface fonctionne avec les signaux d'arrêt d'urgence et de soufflage de la presse. Il s'agit d'extraire ces signaux de l'armoire de commande, de les utiliser et de les renvoyer ensuite vers la presse sans les modifier. Pour ce faire, deux fils, à l'intérieur de l'armoire de commande ont été sectionnés puis raccordés sur un connecteur D-Sub femelle (voir annexes *Interface & Circuits électriques de la presse 1*). La fonction du premier fil consiste à transmettre le signal d'arrêt d'urgence entre les bornes +B05-X004F B14 et +B05-X004F B20. Le second transmet le signal de soufflage depuis la borne +B08-X004 B16 jusqu'à l'électrovanne que l'on notera B16'. Depuis le connecteur D-Sub femelle, les signaux de l'arrêt d'urgence et du soufflage sont renvoyés en direction de la presse soit par l'intermédiaire du boîtier I/O (voir annexe *Boîtier I/O*), soit en passant directement par un connecteur D-Sub mâle ponté (voir annexe *Interface*).

Figure 18: Câblage de l' interface

Quand le robot n'est pas installé, la presse fonctionne seulement si le connecteur ponté est branché. La fonction de soufflage est alors disponible. Quand la presse fonctionne avec le robot, on branche le câble d'interface sur le boîtier I/O. Dans ce cas, le signal de soufflage n'est pas renvoyé sur l'électrovanne. Ceci, afin d'éviter des nuisances sonores lors des cycles de production. Le signal d'arrêt d'urgence de la presse passe, quant à lui, par le boîtier, même si celui-ci n'est pas alimenté.

Le connecteur D-Sub mâle réalise deux ponts pour les signaux d'arrêt d'urgence et de soufflage (voir annexe *Interface*). Quand il est branché, la presse fonctionne normalement.

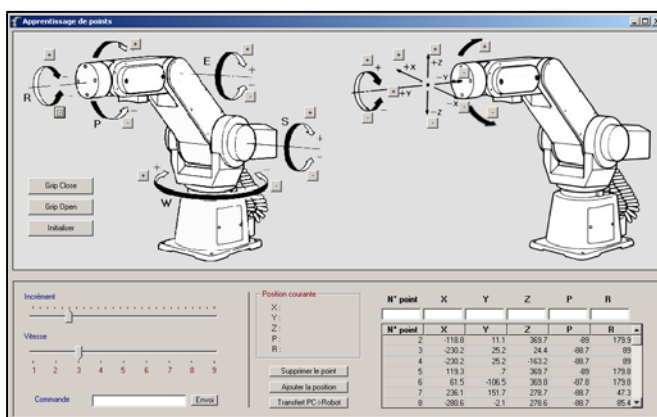
Le câble d'interface possède un connecteur D-Sub mâle côté presse et un connecteur de type audio côté boîtier I/O. Il contient sept fils parmi lesquels quatre sont utilisés et trois restent disponibles pour la transmission de signaux supplémentaires en cas de modifications de l'interface (voir annexe *Interface*).

Alimentation 24 V

Une alimentation avec un courant maximum de 5 A fournit une tension de 24 V au boîtier I/O. Lorsqu'elle fonctionne, une led rouge située au-dessous de l'appareil est enclenchée. Un fusible de 2.5 A protège l'installation et peut être remplacé sans démonter le couvercle de l'alimentation. Pour éviter que le câble d'alimentation soit arraché, des connecteurs audio ont été utilisés. Le courant d'alimentation est réparti sur deux pins selon la figure en annexe *Interface*.

PROGRAMMATION

Apprentissage de points



La première étape de la programmation consiste à enregistrer les coordonnées des positions que le robot doit atteindre au cours de l'exécution de la commande. Un logiciel permet de déplacer le robot selon deux méthodes. Premièrement, chaque axe peut être commandé indépendamment en spécifiant la valeur de l'incrément. Deuxièmement, le bras du robot peut être déplacé selon un système de coordonnées cartésiennes en modifiant séparément la position selon l'axe X, Y ou Z.

Figure 19 : Apprentissage de points

Le robot fonctionne dans un environnement restreint, c'est pourquoi il est très important de commander ses déplacements selon une séquence précise. Des positions intermédiaires entre l'état initialisé, la zone de découpe et le centre du moule sont prévues pour éviter toute collision du robot avec la presse.

Séquence de démarrage :

Après l'initialisation, le robot se rend au-dessus de la zone de découpe en évitant la potence. Il rejoint, dans l'ordre, les points n° 6 , 5 et 13.



Fig.20 : Initialisation



Fig.21 : Pos. 6



Fig.22 : Pos. 13

Séquence d'extraction :

Une fois que le signal de soufflage a été détecté, le bras du robot se rend à l'intérieur du moule en suivant la séquence de points 3, 8 et 14. La pièce est décollée par le mouvement en position 15, puis une légère rotation en position 16 permet d'extraire verticalement la pièce sans qu'elle rentre en contact avec le moule. Le bras du robot se déplace ensuite vers la zone de découpe en passant par les points 17, 8 et 13.



Fig.23 : Pos. 14



Fig.24 : Pos. 15



Fig.25 : Pos. 16

Séquence de découpe et évacuation du déchet :

La pièce est amenée à la hauteur du couteau en position 11. Elle est ensuite plaquée contre le profilé de butée en position 12 avant d'être découpée. Le déchet est évacué par la séquence 13, 21, 19. Le robot reste en position 19 jusqu'au prochain signal de soufflage.



Fig.26 : Pos. 11



Fig.27 : Pos. 12



Fig.28 : Pos. 19

Remarque : Lors de la programmation, certaines positions ont été supprimées ou remplacées, c'est pourquoi elles n'apparaissent pas dans les séquences ci-dessus

Entrées / sorties

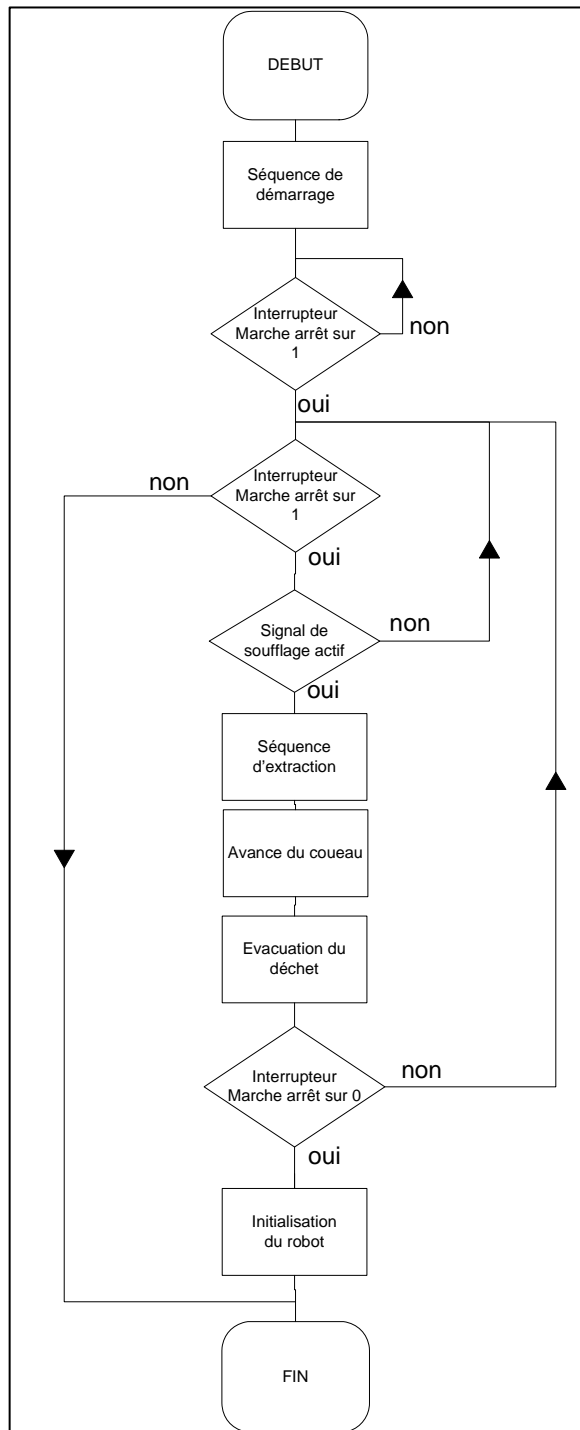
En plus des mouvements du robot, la commande doit également gérer un certain nombre de variables pour assurer le fonctionnement global du système. Le tableau ci-dessous dresse la liste des entrées / sorties utiles.

Fonction	Nr pin (CENTRONICS)	BIT
Signal de soufflage	48	Input 0
Capteur fin de course 1	23	Input 1
Capteur fin de course 2	47	Input 2
Marche / Arrêt	22	Input 3
Relais de sécurité s3	3	Output 0
Electrouvanne	28	Output 1
Relais de sécurité s4	4	Non utilisé

Tableau 2 : Entrées / sorties

Programme de la commande

Le programme exécuté dans la commande est une liste d'instructions relatives aux mouvements du robot et à la gestion des entrées / sorties. Le code figure en annexe *Programme de la commande*. Les instructions sont exécutées les unes à la suite des autres. Des marqueurs permettent de réaliser des boucles ou des sauts dans le programme.



La production commence quand on appuie sur le bouton "start" de la commande. Le robot s'initialise et se met en position au dessus de la zone de découpe. Tant que l'interrupteur de marche / arrêt présent sur le boîtier est sur 0, la commande ne réagit pas au signal de soufflage. Quand il est sur 1, le robot va extraire la pièce dès qu'il perçoit le signal de soufflage. La pièce est transportée puis découpée. Le robot évacue le déchet dans le bac prévu à cet effet, puis il attend un nouveau signal de soufflage pour exécuter le cycle suivant. Quand l'interrupteur de marche / arrêt est commuté sur 0, le robot s'initialise et le programme est terminé. Le structogramme ci-contre décrit la logique de commande du robot.

Figure 29 : Structogramme

La vitesse de déplacement du robot est spécifiée par l'instruction SP. On la fixe à SP9 pour tous les déplacements à l'exception des mouvements entre les points 13 et 12 qui sont effectués à la vitesse SP4. Les mouvements du point 13 à 11 et 12 à 13 sont programmés avec la commande MS. Le robot se déplace ainsi quasi linéairement et évite de rentrer en contact avec les plaques du capot de protection.

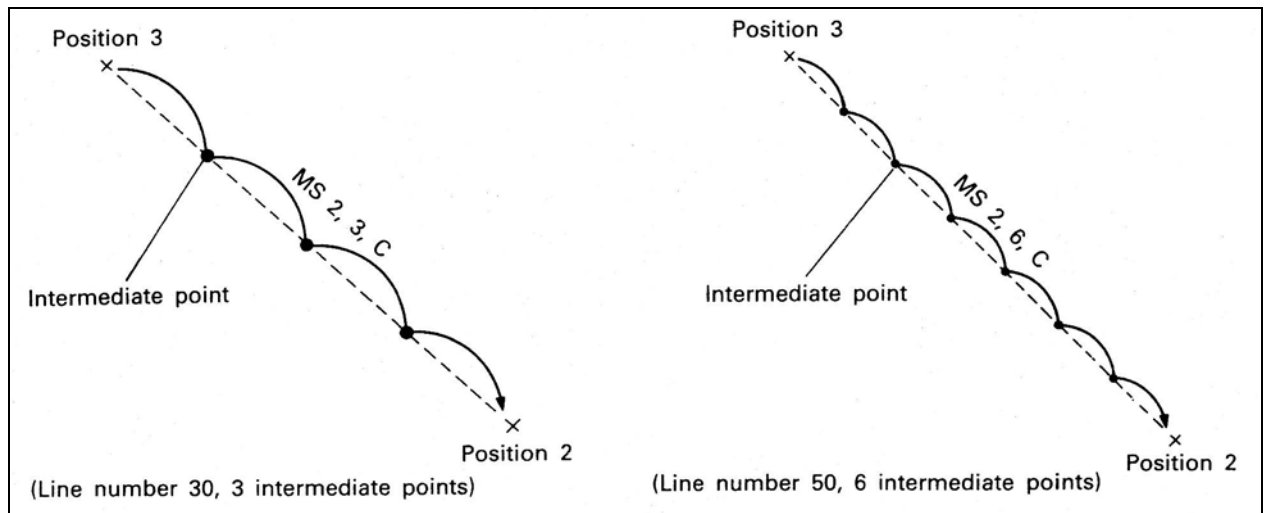


Figure 30 : Instruction MS

TESTS

Boîtier I/O

Pour vérifier, en premier lieu, l'alimentation du boîtier, les niveaux de tension sur chaque borne ont été mesurés. Quand le boîtier est alimenté, les sorties sont bien à 10V et les entrées au potentiel nul.

Le fonctionnement des relais a été contrôlé en appliquant une tension sur les pins du connecteur d'interface qui correspondent à l'arrêt d'urgence et au soufflage. Les tests ont démontré que le câblage des relais réalise le circuit en annexe *Boîtier I/O*. Le relais K1 ferme effectivement le circuit d'arrêt d'urgence du robot si une tension de 24 V est appliquée sur la borne B14. De même, le relais K2 ferme le circuit d'arrêt d'urgence de la presse si la borne B16 est connectée à la tension d'alimentation. Une tension de 24 V sur la commande du relais K3 ouvre au contraire le circuit d'arrêt d'urgence de la presse.

Le câblage des entrées / sorties a pu être validé en utilisant la commande du robot. Pour chaque entrée, une tension de 24 V est appliquée sur la borne correspondante. Un programme test en boucle cette entrée jusqu'à ce qu'il détecte un flanc montant. Il passe ensuite à la prochaine instruction, ce qui nous indique que l'entrée est bien câblée. Pour tester une sortie, son bit est défini à l'état haut dans le programme et on vérifie qu'il y ait bien une tension de 24 V sur la borne correspondante.

Sécurités

Avant d'exécuter la commande du robot, on s'est assuré que l'arrêt d'urgence fonctionne aussi bien pour la presse que pour le robot. Si on presse sur le bouton d'arrêt d'urgence de la presse, la commande du robot fait effectivement un arrêt d'urgence.

La sécurité pendant la phase d'extraction de la pièce moulée a également été testée. Le bras du robot se déplace à l'intérieur de la presse après que le signal de soufflage ait été détecté. Si le dit signal est relâché avant que le robot soit ressorti de la zone dangereuse, la presse fait un arrêt d'urgence. Si on fait un arrêt d'urgence sur la commande du robot pendant qu'il est à l'intérieur de la presse, celle-ci subit un arrêt d'urgence dès la fin du soufflage. De plus, une coupure d'alimentation de la commande, pendant la phase d'extraction, entraîne un arrêt d'urgence immédiat de la presse.

Production

Le test de la production a permis de vérifier que la commande du robot agit bien selon la logique de programmation décrite plus haut. On a également pu constater le bon fonctionnement de l'unité de découpage. La position du couteau a été ajustée pour découper la pièce de manière précise. Le succès de la découpe dépend exclusivement de la position dans laquelle se retrouve la pièce après l'ouverture du moule. Après quatre ou cinq cycles de production et avec les bons paramètres d'injection, plus de 95 % des pièces moulées se retrouvent dans une position adéquate et peuvent être extraites directement par le robot sans l'action des éjecteurs. Pour l'utilisation de la presse en production continue, il est toutefois important de garantir l'extraction des pièces par les éjecteurs en cas de panne du robot à l'extérieur de la presse. Ceci afin d'éviter que, lors du cycle suivant, la fermeture du moule écrase une pièce non évacuée.

CONCLUSIONS

Dans le cadre de ce travail, on a d'abord conçu un support pour le robot. Celui-ci peut être fixé rapidement sur la presse au moyen de trois vis. Sa forme en coin, ainsi que l'épaisseur des tôles qu'il comporte lui confèrent une très grande rigidité. L'unité de découpage est montée directement sur ce support. Elle peut également être démontée facilement pour libérer l'accès à la presse lors d'un changement de moule. Un couteau monté sur un plateau mobile vient butter contre une surface en PVC sur laquelle est plaquée la pièce à découper. Les tests effectués ont prouvé l'efficacité de cette méthode de découpe. Un système d'évacuation permet, de récupérer les pièces et les déchets dans des bacs amovibles.

Le fonctionnement du robot avec la presse est rendu possible grâce à l'interface qui a été réalisée. Le signal de soufflage présent dans le cycle de production de la presse est détecté et autorise le robot à récupérer la pièce à l'intérieur du moule. Un dispositif de sécurité bloque la presse si le bras n'est pas ressorti de la zone dangereuse avant la fin du soufflage.

La commande du robot gère les mouvements du bras ainsi que les entrées / sorties de l'installation. La communication avec la presse se fait par l'intermédiaire d'un boîtier I/O spécialement conçu pour cette application. Les tests menés ont permis de vérifier le câblage du boîtier, le système de sécurité ainsi que le déroulement de la production.

Plusieurs modifications pourraient contribuer à améliorer l'installation existante. Un dispositif de centrage des pièces à l'intérieur de l'unité de découpage serait utile pour pouvoir découper proprement les pièces qui n'ont pas été démoulées dans une position adéquate. Pour l'utilisation de la presse en mode automatique, il est nécessaire de pouvoir stopper la production si une pièce reste bloquée dans le moule à la fin d'un cycle. Cette fonction d'observation pourrait être assurée par une analyse d'image. Enfin, pour faciliter encore la tâche de l'utilisateur, l'alimentation en matière première de la presse pourrait être automatisée en exploitant les entrées / sorties non utilisées de la commande du robot.

BIBLIOGRAPHIE :

- Manuel d'utilisation robot Mitsubishi RV-M1
- Manuel d'utilisation presse à injecter Harburg Allrouder 221K 350-100

ANNEXES :

Instructions d'utilisation

Schéma général

Boîtier I/O

Connecteur CENTRONICS

Interface

Programme de la commande

Circuits électriques de la presse

Liste des commandes

Offre Harburg

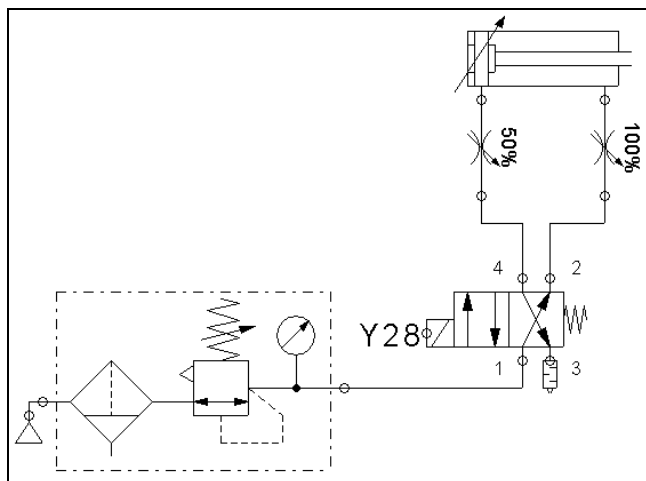
Mises en plan

Annexe : Instructions d'utilisation

Montage

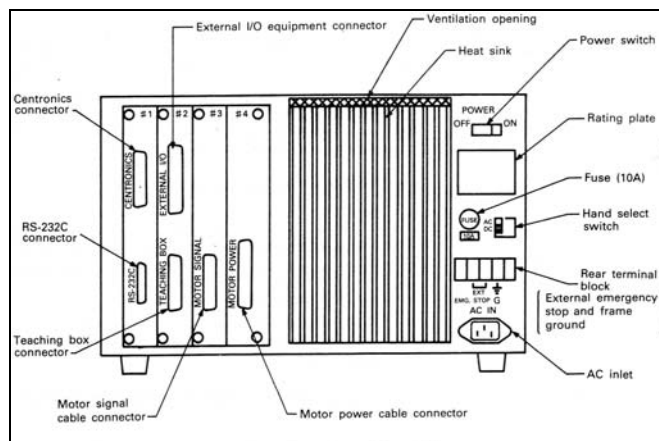
1. Fixer la plaque en "L" sur la presse. Deux vis M12 sont logées dans le prolongement des tiges de guidage du capot de protection. Un trou décalé sur la gauche par rapport aux premiers points de fixation traverse la plaque ainsi que le bâtis de la presse. Il permet d'accueillir une vis M6. Le serrage s'effectue avec un écrou côté moule.
2. Monter la plaque triangulaire puis la base de fixation du robot à l'aide de vis M6.
3. Fixer le robot sur le support avec quatre vis M6.
4. Monter l'unité de découpage avec deux vis M4 sur la plaque triangulaire et deux vis M6 sur la base de fixation du robot.
5. Monter le boîtier I/O au-dessous de l'unité de découpage.
6. Démonter le dessus du capot de protection de la presse.

Branchements pneumatiques



Branchements électriques

1. Connecter le robot à la commande avec les câbles "Motor signal" et "Motor power".
2. Connecter les bornes "EXT EMG. STOP" de la commande avec le pont d'arrêt d'urgence du boîtier I/O (fils noirs et cosses rouges). Les fils peuvent être connectés sur une borne ou sur l'autre, le sens n'a pas d'importance.
3. Brancher le câble plat entre le connecteur "EXTERNAL I/O" de la commande et le connecteur CENTRONICS du boîtier I/O.
4. Brancher le câble audio à quatre pôles entre l'alimentation 24 V et le boîtier I/O.
5. Relier l'armoire de commande de la presse au boîtier I/O au moyen du câble d'interface. Il est conseillé de faire passer ce câble par dessous le châssis de la presse et de visser le connecteur D-Sub sur l'armoire de commande.
6. Connecter le câble de commande de l'électrovanne. Le fil brun doit être branché sur la borne positive de l'électrovanne.



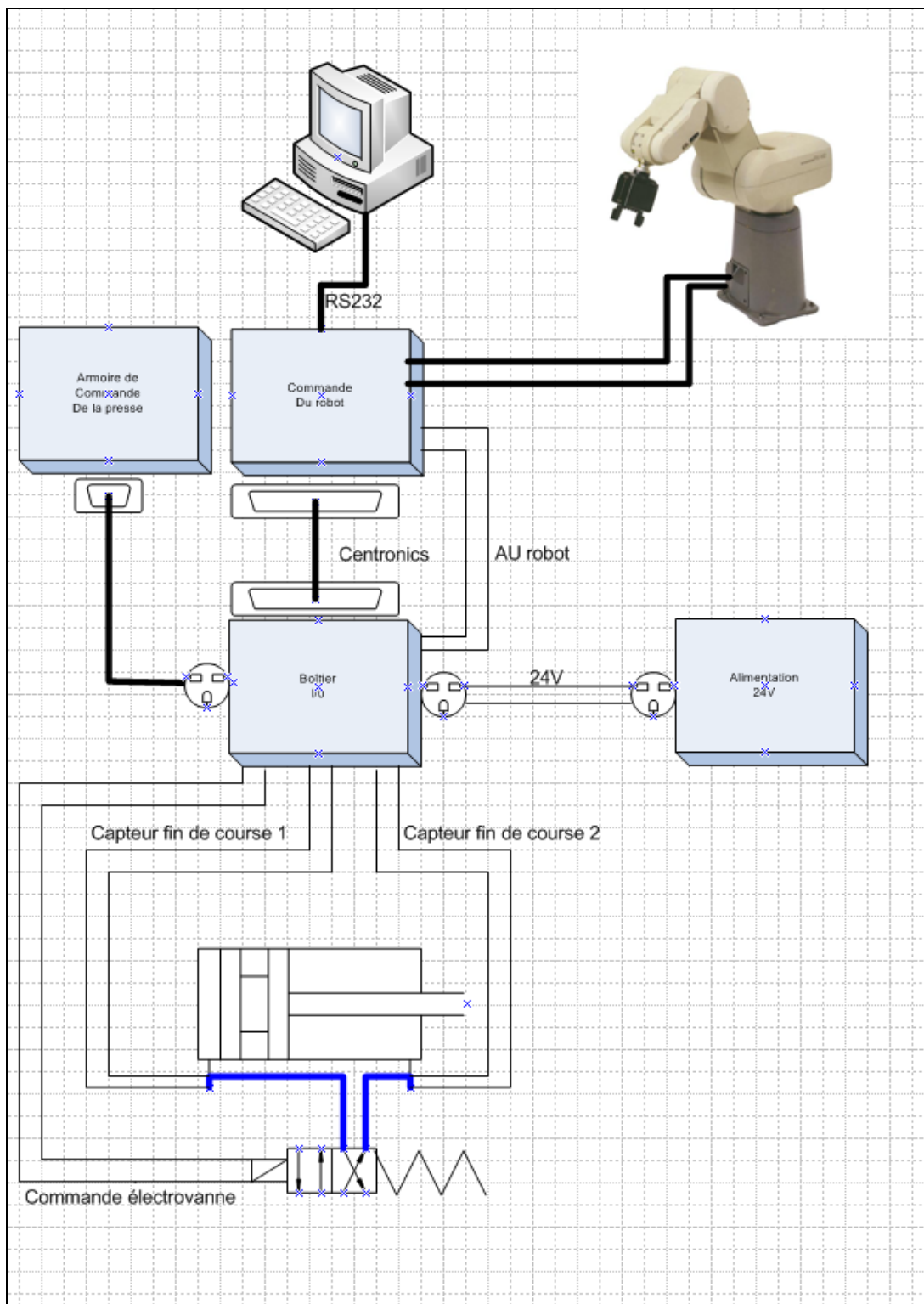
Mise en marche / arrêt du système

1. Mettre en marche la presse.
2. Vérifier que le programme actif sur la presse contient bien un pas de soufflage de 15 secondes après l'ouverture du moule.
3. Vérifier que l'interrupteur n°9 de la commande soit en position haute (CF p 2-13, doc. robot)
4. Brancher sur le secteur la commande du robot et l'alimentation 24 V.
5. Ouvrir la vanne de l'air comprimé jusqu'à obtenir une pression de 8 bar dans le circuit pneumatique de l'unité de découpage.
6. Vérifier que l'interrupteur de marche/arrêt placé sur le boîtier I/O soit bien sur la position 0.
7. Enclencher la commande et presser le bouton "START" de celle-ci.
8. Pour autoriser le robot à extraire la pièce pendant le prochain soufflage, mettre l'interrupteur de marche / arrêt en position 1.
9. Pour arrêter le robot, mettre l'interrupteur de marche / arrêt sur la position 0. Le robot termine son cycle et s'initialise.
10. Couper l'alimentation en air comprimé.
11. Eteindre la commande du robot.

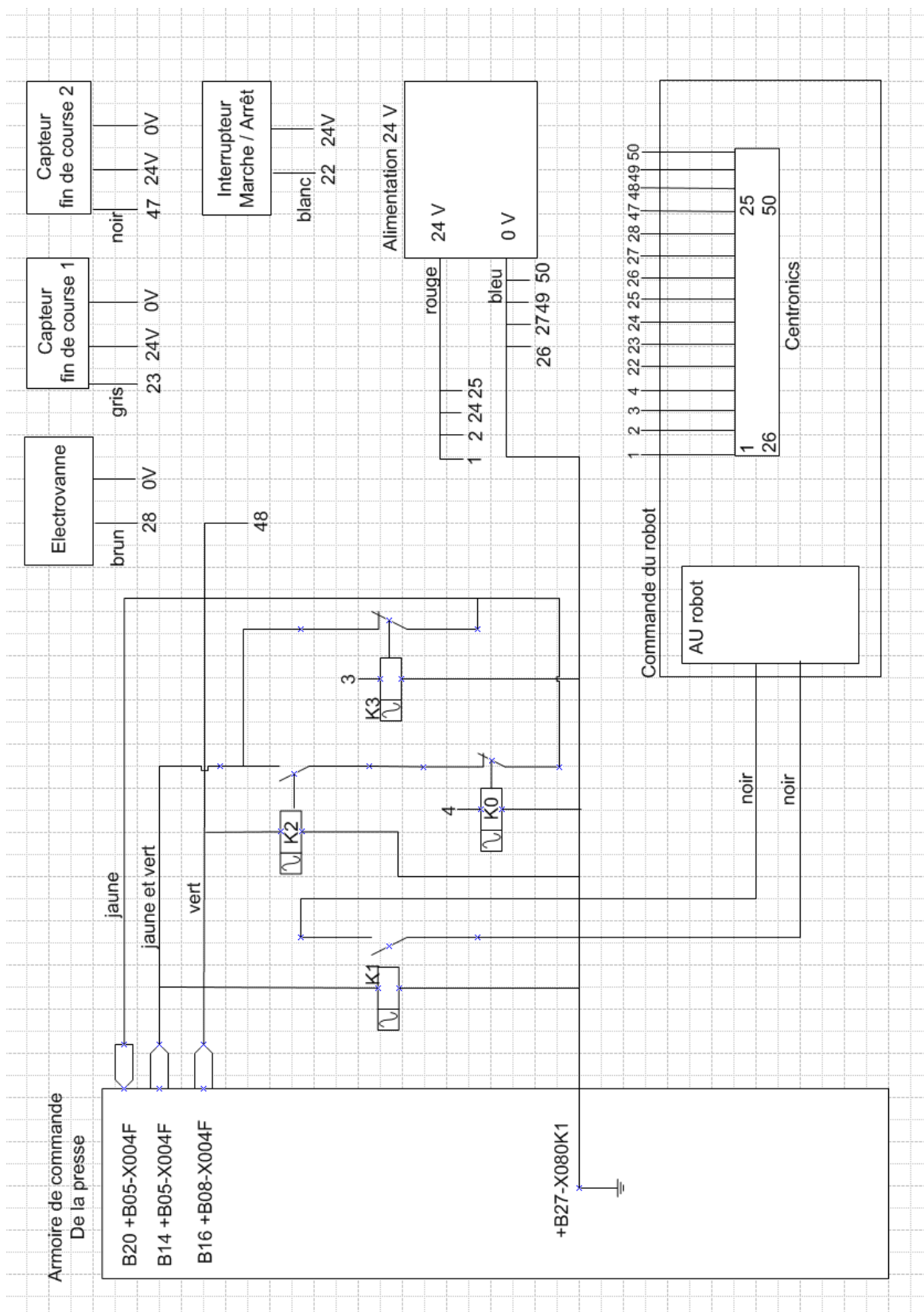
Procédure en cas de panne ou d'arrêt d'urgence

1. Ouvrir le capot de protection de la presse.
2. Eteindre la commande du robot
3. Accuser l'arrêt d'urgence sur la presse
4. Enclencher la commande du robot
5. Presser la touche "START" pour initialiser le robot.

Annexe : Schéma général



Annexe : Boîtier I/O



Annexe : Connecteur CENTRONICS

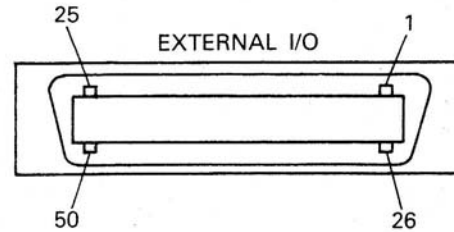
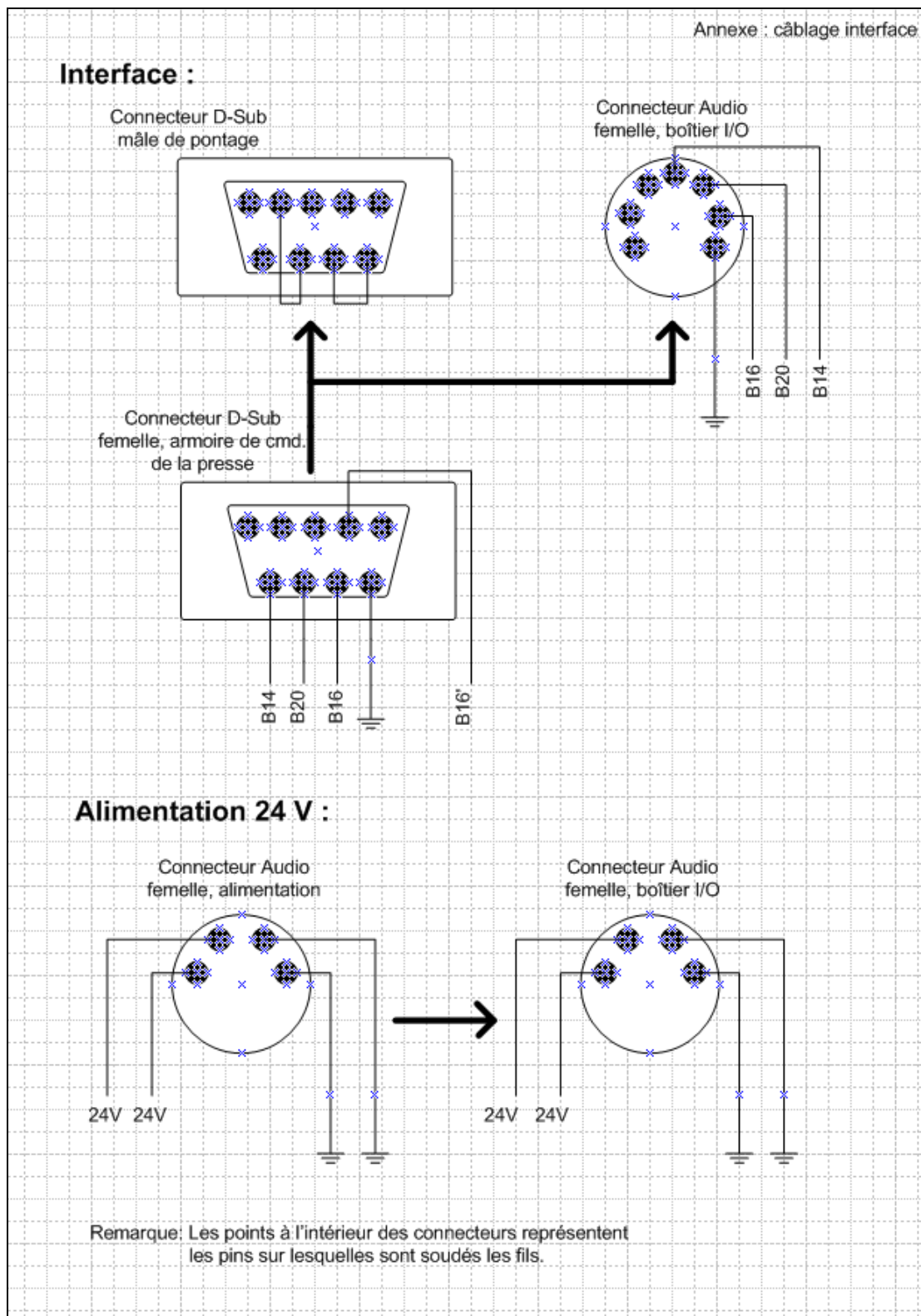


Fig. 5.3.1.A External I/O Connector

Pin No.	Signal	Wire Color	Pin No.	Signal	Wire Color
1	Output port power input	White/black A	26	Output port GND output	White/black B
2	Output port power input	Yellow/black A	27	Output port GND output	Yellow/black B
3	Output bit 0	Blue/black A	28	Output bit 1	Blue/black B
4	Output bit 2	Green/black A	29	Output bit 3	Green/black B
5	Output bit 4	Orange/black A	30	Output bit 5	Orange/black B
6	Output bit 6	Pink/black A	31	Output bit 7	Pink/black B
7	RDY output	Gray/black A	32	ACK input	Gray/black B
8	* Output bit 8	Red/black A	33	* Output bit 9	Red/black B
9	* Output bit 10	Violet/black A	34	* Output bit 11	Violet/black B
10	* Output bit 12	Brown/black A	35	* Output bit 13	Brown/black B
11	* Output bit 14	White/black C	36	* Output bit 15	White/black D
12	* WAIT output	Yellow/black C	37	* RUN output	Yellow/black D
13	* ERROR output	Blue/black C	38	* START input	Blue/black 2
14	* STOP input	Green/black C	39	* RESET input	Green/black D
15	* Input bit 15	Orange/black C	40	* Input bit 14	Orange/black D
16	* Input bit 13	Pink/black C	41	* Input bit 12	Pink/black D
17	* Input bit 11	Gray/black C	42	* Input bit 10	Gray/black D
18	* Input bit 9	Red/black C	43	* Input bit 8	Red/black D
19	BUSY output	Violet/black C	44	STB input	Violet/black D
20	Input bit 7	Brown/black C	45	Input bit 6	Brown/black D
21	Input bit 5	White/red A	46	Input bit 4	White/red B
22	Input bit 3	Yellow/red A	47	Input bit 2	Yellow/red B
23	Input bit 1	Blue/red A	48	Input bit 0	Blue/red B
24	Input port power input	Green/red A	49	Input port GND output	Green/red B
25	Input port power input	Orange/red A	50	Input port GND output	Orange/red B

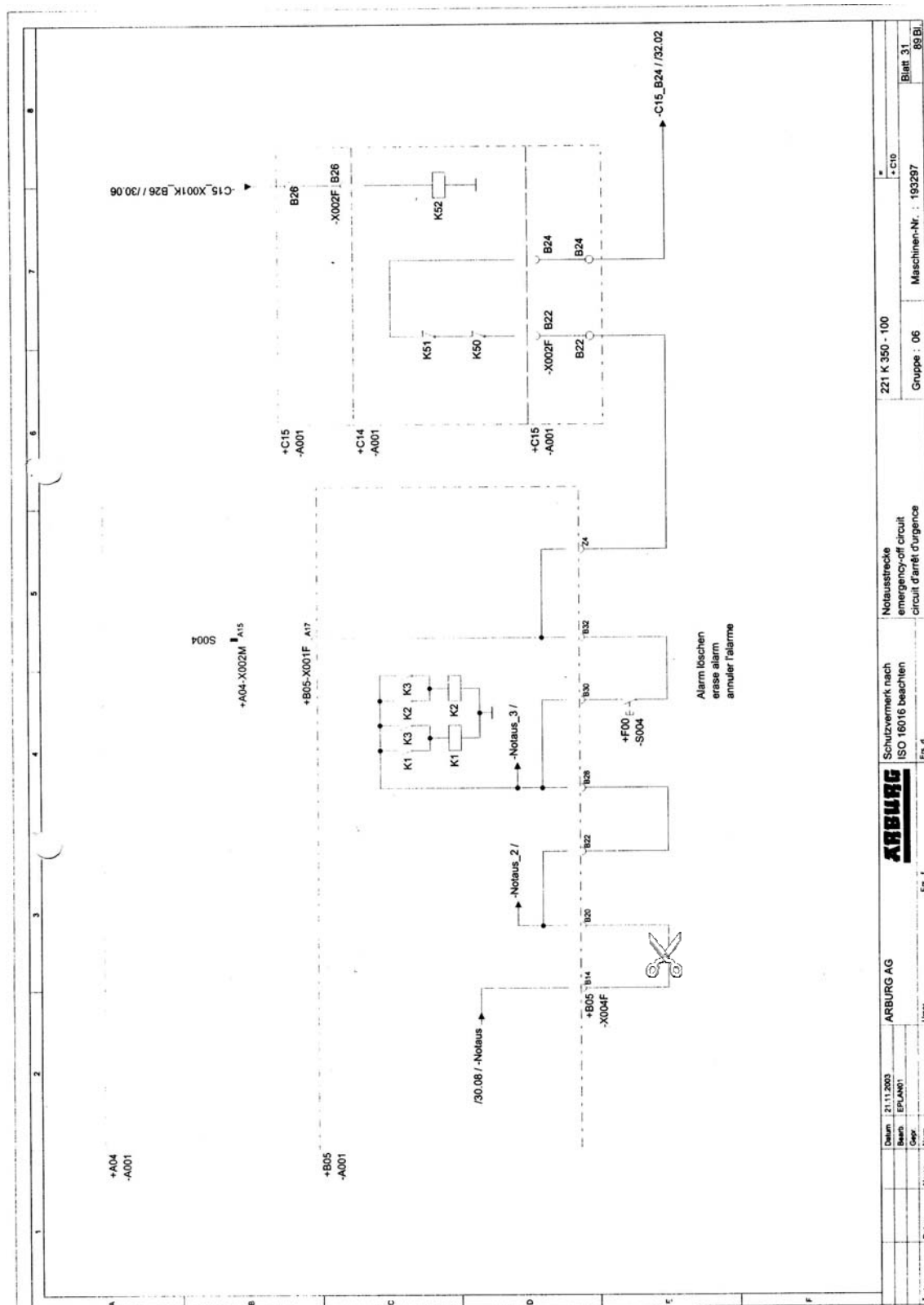
Annexe : Interface



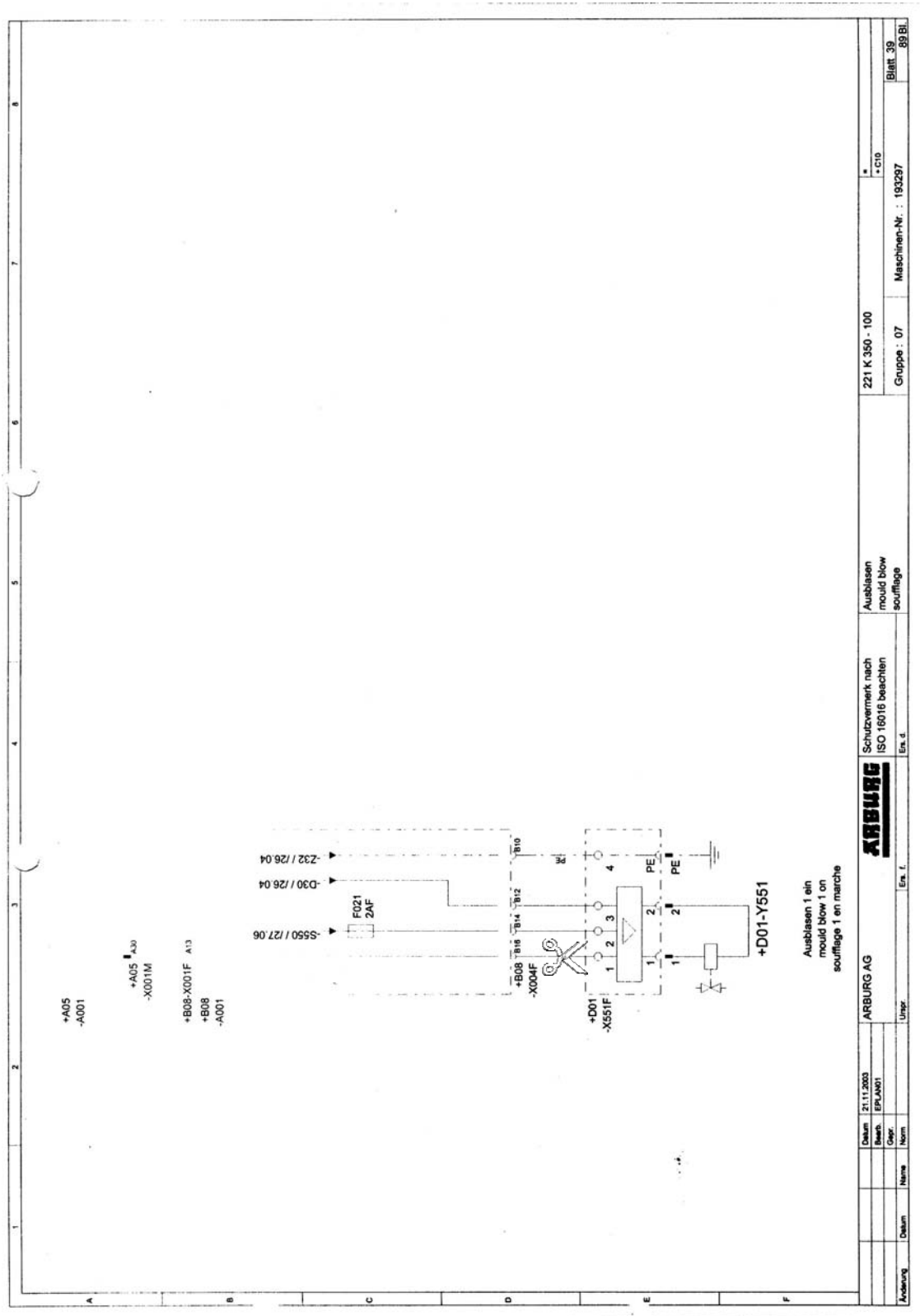
Annexe : Programme de la commande

```
SP9
NT
M06
M05
M013
MARCHE_ARRET:
ID
TB -3,MARCHE_ARRET
ATTENTE_SOUFLAGE:
ID
TB -3, FIN
TB -0,ATTENTE_SOUFLAGE
OB +0
M08
M03
M014
GC
M015,C
M016,C
M017,C
OB -0
M08,C
M013,C
SP4
MS11,4,C
M012,C
SP9
OB +1
TI 20
OB -1
MS13,4,C
M021,C
M019,C
GO
ID
TB +3,ATTENTE_SOUFLAGE
FIN:
NT
ED
```

Annexe : Circuits électriques de la presse 1



Annexe : Circuits électriques de la presse 2



Annexe : Liste des commandes

Description	Fournisseur	Prix CHF	Quantité	N° de commande
Vérin double effet	SMC	52.24	1	CD85-N16-25-B-R
Electrovanne 4/2	SMC	83.92	1	VZ1120-5MOZ-M5
Fixation pour vérin	SMC	4.68	1	C85L16B
Limiteur de débit	SMC	9.05/pce	2	AS1201F-M5-06
Raccord rapide	SMC	1.80/pce	4	KJS06-M5
Silencieux	SMC	2.64	1	AN120-M5
Coupleur Fileté	SMC	11.30	1	KK3S-03MS
Embout à raccord instantané	SMC	5.20	1	KK3P-06H
Connecteur 50 voies mâle	Farnell	3.05/pce	6	1099284
Connecteur 50 voies Femelle à souder	Farnell	7.45	1	1099014
Clip anti-traction	Farnell	0.415/pce	6	1099288