

Filière Systèmes industriels

Orientation Power & Control

Diplôme 2010

Samuel Bienz

*Modernisation de la
commande d'une presse
hydraulique verticale*

Professeur Jean-Daniel Marcuard

Expert Jean-Claude Varonier

SI	TV
X	X

<input checked="" type="checkbox"/> FSI <input type="checkbox"/> FTV	Année académique / Studienjahr 2009/10	No TD / Nr. DA pc/2010/3
Mandant / Auftraggeber <input type="checkbox"/> HES—SO Valais <input checked="" type="checkbox"/> Industrie Novelis, Sierre <input type="checkbox"/> Etablissement partenaire	Etudiant / Student Samuel Bienz	Lieu d'exécution / Ausführungsort <input checked="" type="checkbox"/> HES—SO Valais <input checked="" type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> Etablissement partenaire
Professeur / Dozent Jean-Daniel Marcuard	Expert / Experte (données complètes) Jean-Claude Varonier Novelis, Sierre	
Travail confidentiel / vertrauliche Arbeit <input type="checkbox"/> oui / ja ¹ <input checked="" type="checkbox"/> non / nein		

Titre / Titel
Modernisation de la commande d'une presse hydraulique verticale

Description et Objectifs / Beschreibung und Ziele

Novelis possède une presse verticale hydraulique destinée à des tests d'emboutissage en laboratoire (Presse AVT). Cette presse a été partiellement démontée il y a plusieurs années et n'est donc plus en état de fonctionner. Le laboratoire d'essais de Novelis souhaite à présent la remettre en service et profiter de cette occasion pour améliorer son fonctionnement, l'adapter aux normes de sécurité en vigueur et moderniser sa commande.

Déroulement prévu

- Etudier la documentation disponible et la machine afin de comprendre son principe de fonctionnement
- Procéder à un état des lieux et déterminer quels éléments de la commande actuelle sont réutilisables
- Etablir le cahier des charges détaillé de la commande en tenant compte des exigences de sécurité
- Rechercher une solution permettant d'atteindre les objectifs fixés
- Etablir la liste du matériel nécessaire à la réhabilitation de la machine, évaluer son coût sur la base d'offres de fournisseurs
- Réaliser les plans et schémas nécessaires pour réaliser la nouvelle commande.

Remarques

- Novelis fournira le soutien technique et logistique nécessaire sur son site
- Les objectifs sont susceptibles d'être révisés en cas de problème imprévu.

Délais / Termine

Attribution du thème / Ausgabe des Auftrags: 22.02.2010	Remise du rapport / Abgabe des Schlussberichts: 12.07.2010, 12:00
Remise du rapport intermédiaire / Zwischenbericht: 07.05.2010, 17:00	Exposition publique / Ausstellung Diplomarbeiten: 27.08.2010
Défense intermédiaire / Zwischenverteidigung: 21.05.2010	Défense orale / Mündliche Verteidigung: Semaine 35 / Woche 35

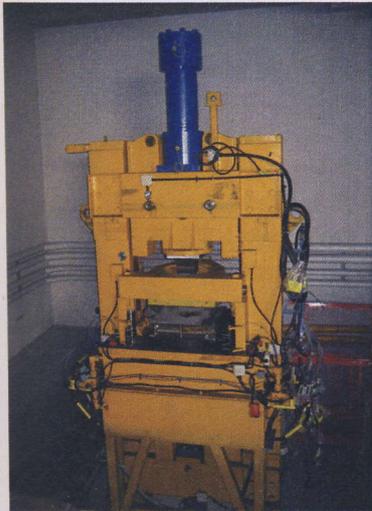
Signature ou visa / Unterschrift oder Visum

Responsable de la filière
Leiter des Studiengangs:¹ Etudiant/Student:

¹ Par sa signature, l'étudiant-e s'engage à respecter strictement la directive et le caractère confidentiel du travail de diplôme qui lui est confié et des informations mises à sa disposition.
Durch seine Unterschrift verpflichtet sich der Student, die Richtlinie einzuhalten sowie die Vertraulichkeit der Diplomarbeit und der dafür zur Verfügung gestellten Informationen zu wahren.



Modernisation de la commande d'une presse hydraulique verticale



Diplômant/e Samuel Bienz

Objectif du projet

Novelis a déménagé une presse hydraulique verticale lors du déplacement de son laboratoire de R&D. Cette presse n'a pas été remise en fonction sur le site de Sierre. L'objectif de ce projet est de faire un état des lieux de l'installation et de comprendre son fonctionnement. Par la suite, les schémas électriques de la nouvelle installation seront à dessiner avec toutes les modernisations nécessaires.

Méthodes | Expériences | Résultats

Dans un premier temps, il a fallu comprendre le fonctionnement des différentes parties de la machine grâce aux archives. Comme de nombreuses informations manquaient, des contacts ont été pris avec une ancienne utilisatrice de la machine qui a pu nous donner quelques informations supplémentaires.

Dans un deuxième temps, un dossier sécurité a été écrit sur la base de la norme EN 13849. Une analyse de risques et les moyens à mettre en œuvre ont été décrits.

La troisième partie du projet a été de réaliser les schémas électriques, sur le programme E-plan avec tous les éléments choisis durant le projet.

Une fois les schémas de principe réalisés, le choix du matériel électrique a été fait en prenant compte des normes usine de Novelis.

La liste du matériel nécessaire pour le montage de l'installation faite, des demandes d'offres ont été adressées aux différents fournisseurs. Novelis ignore pour l'instant si le travail sera fait par une entreprise externe ou pas. Ainsi, aucune offre pour l'installation complète n'a été demandée.

Travail de diplôme
| édition 2010 |



Filière
Systèmes industriels

Domaine d'application
Power & Control

Professeur responsable
Marcuard Jean-Daniel
jdaniel.marcuard@hevs.ch

Partenaire
Novelis Sierre



Poinçon et matrice en forme de croix. Cette forme a été la plus utilisée pour les tests d'emboutissage.



Tôle après un test d'emboutissage réalisé avec la presse équipée de l'outil en forme de croix.

Table des matières

1 Introduction.....	4
2 Cahier des charges du travail de diplôme.....	4
3 Description de la machine.....	4
4 Fonctionnement de la presse.....	6
5 Cahier des charges de la commande.....	7
6 Presse AVT (ancienne version).....	8
6.1 Système hydraulique.....	8
6.1.1 Description générale.....	8
6.1.2 Mesure de pression.....	9
6.2 Mesure de position.....	9
7 Presse AVT (nouvelle version).....	11
7.1 Système hydraulique.....	11
7.1.1 Description générale.....	11
7.1.2 Mesure de pression.....	11
7.2 Mesure de position.....	12
8 Problème rencontré dans la conception.....	13
1.1 Ouverture des portes.....	13
8.1.1 Description du problème.....	13
8.1.2 Solutions possibles.....	13
8.1.3 Solution retenue.....	14
8.2 Arrêt d'urgence.....	14
8.2.1 Description.....	14
8.2.2 Solutions possibles.....	14
8.2.3 Solution retenue.....	15
8.3 Mécanique de rentrée et de sortie des pins de sécurité.....	15
8.3.1 Description.....	15
8.3.2 Solutions possibles.....	15
8.3.3 Solution retenue.....	16
8.4 Contrôle de la position des pins de sécurité.....	17
8.4.1 Description.....	17
8.4.2 Solutions possibles.....	17
8.4.3 Solution retenue.....	17
8.5 Procédure LOTO.....	18
8.5.1 Description.....	18
8.5.2 Solutions possibles.....	18
8.5.3 Solution retenue.....	18
9 Schématique.....	18
10 Commande.....	19
10.1 Générale.....	19
10.2 Procédure LOTO.....	19
10.3 Mode maintenance.....	20
11 Sécurité.....	21

12 Choix du matériel électrique.....	22
12.1 Automate.....	22
12.1.1 Critère de sélection.....	22
12.1.2 Variantes de communication.....	22
12.1.3 Choix du matériel.....	23
12.2 Mesure de position des 3 cylindres de serrage.....	23
12.2.1 Critères de sélection.....	24
12.2.2 Matériel sélectionné.....	24
12.3 Mesure de position des cylindres principal et inférieur.....	25
12.3.1 Critères de sélection.....	25
12.3.2 Matériel sélectionné.....	25
12.4 Capteur codé pour position des pins.....	26
12.4.1 Critères de sélection.....	26
12.4.2 Matériel sélectionné.....	26
12.5 Démarrage des moteurs.....	26
12.5.1 Critères de sélection.....	26
12.5.2 Matériel sélectionné.....	26
12.6 Matériel réutilisé de l'ancienne commande.....	27
13 Demande d'offres.....	27
14 Prochaines étapes.....	28
15 Amélioration future.....	28
16 Conclusions.....	29
17 Remerciements.....	29
18 Bibliographie.....	30
18.1 Documents.....	30
18.2 Site internet.....	30
19 Annexes.....	31
20 Contenu du CD ROM.....	31

Index des tables

Tableau 12.1.2.1: Automate variante 1.....	23
Tableau 12.1.2.2: Automate variante 2.....	23

Index des illustrations

Illustration 1: Presse AVT.....	5
Illustration 2: Description de la presse.....	7
Illustration 3: Description du bas de la presse.....	7
Illustration 4: Ancienne Servovanne.....	8
Illustration 5: Groupe hydraulique 30KW.....	8
Illustration 6: Anciens Pressostats.....	9
Illustration 7: Réservoir.....	9
Illustration 8: Encodeurs à fil et potentiomètres.....	10
Illustration 9: Rack hydraulique.....	12
Illustration 10: Installation pneumatique des pins supérieurs.....	16
Illustration 11: Capteur de sécurité.....	17
Illustration 12: Capteur de sécurité en détail.....	17
Illustration 13: Coffret LOTO.....	20
Illustration 14: Commande pendante.....	20
Illustration 15: Relais de sécurité PNOZ s4.....	21
Illustration 16: Schéma relais de sécurité PNOZ s4.....	21
Illustration 17: Règle de mesure face avant.....	24
Illustration 18: Règle de mesure face arrière.....	24
Illustration 19: Règle de mesure inférieure.....	25

1 Introduction

Novelis a déménagé son centre de recherche et développement de Neuhausen à Sierre. Dans ce cadre une presse hydraulique verticale destinée à des essais d'emboutissage à été démontée à Neuhausen mais jamais remise en service à Sierre.

Cette presse a été construite à Branbury en Angleterre et dans un premier temps utilisée dans les laboratoires d'ALCAN. Elle est dénommée Presse AVT.

Novelis veut profiter de la remise en service de la machine pour moderniser la partie commande électrique et hydraulique. De plus, il faut appliquer les nouvelles normes de sécurité EN 13849. Étant donné que toute la partie hydraulique et électrique de la machine est démontée et que les informations contenues dans les archives ne sont pas complètes, la recherche d'informations sur le fonctionnement ne sera pas aisée.

2 Cahier des charges du travail de diplôme

- Étude de la documentation disponible et de la machine afin de comprendre le principe de fonctionnement
- Procéder à un état des lieux afin de déterminer quels éléments de la commande actuelle sont réutilisables
- Établir un cahier des charges détaillé de la commande en tenant compte des exigences de sécurité
- Rechercher des solutions permettant d'atteindre les objectifs fixés
- Établir la liste du matériel nécessaire à la réhabilitation de la machine, évaluer son coût sur la base d'offre de fournisseurs.
- Réaliser des plans et schémas nécessaires à la réalisation de la nouvelle commande.

3 Description de la machine

Cette machine est utilisée pour faire des essais d'emboutissage de tôle d'aluminium afin de déterminer les lubrifiants, la température, la force et la vitesse optimales pour chaque alliage d'aluminium. Toutes ces données sont surtout utilisées par les fabricants automobiles qui constituent une grande partie des clients de Novelis Sierre. La presse peut être équipée de différents outils d'emboutissage et le mouvement peut être régulé en force ou en position.

-Cylindre Principal

Force: 1.2 MN
 Course: 600 mm
 Section: 491 cm²
 Vitesse: 200 mm/s
 Débit: 600 l/min

Cylindre de démoulage

Force: 0.5 MN
 Course: 200 mm
 Section: 201 cm²
 Vitesse: 200 mm/s
 Débit: 240 l/min

Cylindres de serrages (3 cylindres)

Force: 0.25 MN
 Course: 300 mm
 Section: 106 cm²
 Vitesse: 20 mm/s
 Débit: 13 l/min

Pompe hydraulique

Puissance: 30 KW
 Pression max: 340 bar
 Débit: 53 l/min
 Vitesse: 1500 tr/min

Pompe de refroidissement

Puissance: 2.2 KW
 Pression max: 50 bar
 Débit: 26 l/min
 Vitesse: 1500 tr/min



Illustration 1: Presse AVT

4 Fonctionnement de la presse

En fonctionnement normal, un échantillon de tôle est déposé dans la machine. Les trois cylindres de serrage sont actionnés et serrent la tôle avec une force prédéfinie par l'utilisateur. Le cylindre principal emboutit la tôle en étant réglé soit en position soit en force. Pour ressortir l'échantillon de la matrice, le cylindre inférieur le pousse depuis dessous. Différentes matrices peuvent être montées sur la presse. Certaines matrices ont un système de chauffage électrique intégré et un système de refroidissement du poinçon, mais cette dernière ne sera pas réinstallée dans l'immédiat car les chercheurs n'en ont pas besoin.

La sécurité des utilisateurs est assurée par des pins qui bloquent tous mouvements des cylindres hydrauliques. Tous ces pins et blocages sont actionnés pneumatiquement. Les portes qui ferment l'accès aux zones dangereuses sont uniquement déverrouillées si tous les pins sont en position de sécurité; inversement, les mouvements sont autorisés uniquement si les deux portes (arrière et avant) sont fermées.

La commande de la machine s'effectuait par une interface homme-machine sur un PC. Le programme de contrôle est écrit en langage C. Les ordres sont ensuite transférés via une interface USB sur un automate programmable (Delta Tau Turbo PMAC2). Le programme de l'automate est également écrit en C, ce qui n'est pas optimal pour les dépannages par les équipes de maintenance connaissent le langage Lader.

L'outil le plus utilisé dans le passé par les laboratoires Novelis est une croix en relief qui permet d'avoir des points à contraintes multidirectionnelles.

Les photos si dessous montrent les différentes parties de la machine. Les barrières de sécurité ne sont pas montées car la presse va être complètement modernisée.

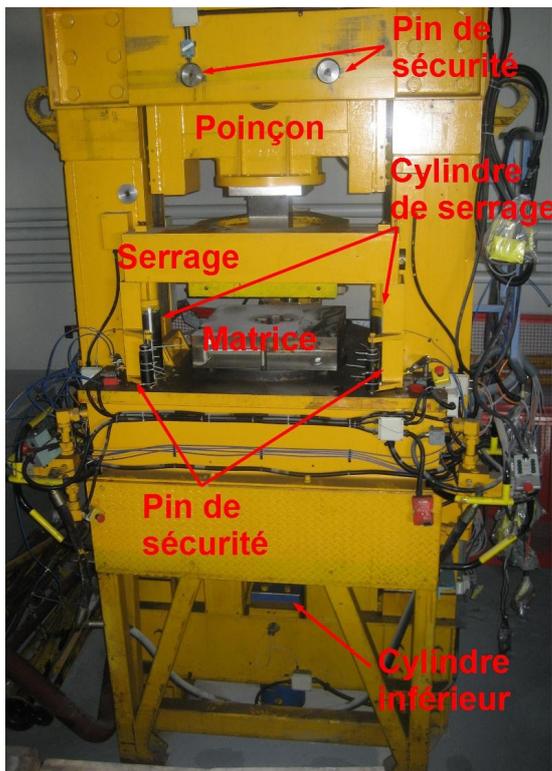


Illustration 2: Description de la presse

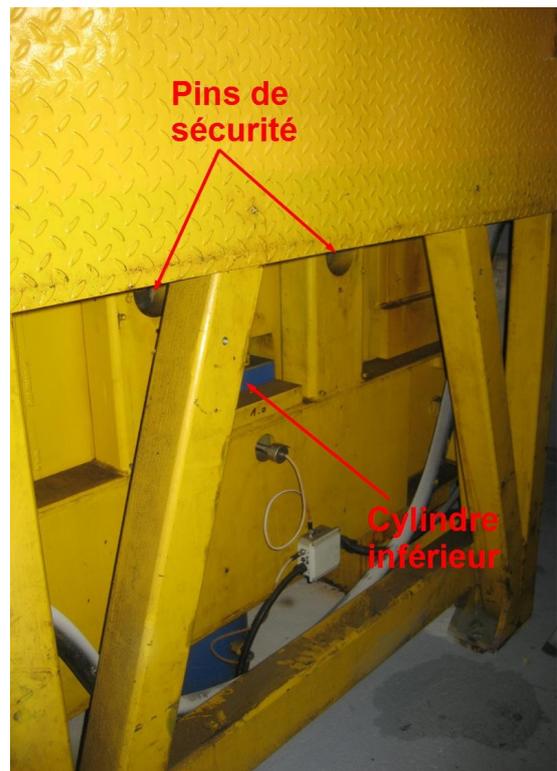


Illustration 3: Description du bas de la presse

5 Cahier des charges de la commande

Le cahier des charges a été rédigé en collaboration avec les chercheurs de centre R&D qui seront les futurs utilisateurs de la machine. Personne du laboratoire de sierre n'ayant travaillé avec cette presse à Neuhausen, des informations sont également récoltées chez la personne qui était responsable de la machine et qui se trouve actuellement au Canada. Une version du cahier des charges a été traduit en anglais et envoyée à cette personne de contact. Les informations reçues en retour ont été utiles afin de bien comprendre le principe de fonctionnement général.

Malheureusement il est difficile de communiquer le savoir faire qu'elle a acquis en travaillant sur la presse. En effet, il aurait été intéressant d'avoir un feedback de sa part afin d'éviter de recréer des problèmes déjà détectés sur l'ancienne version de la machine

La sécurité des personnes est également prise en compte dans le cahier des charges. La conception a été approuvée par le responsable de la sécurité de l'usine Christelle Mercadal.

Chez Novelis, on réalise également une procédure LOTO (Lock Out Tag Out) pour chaque machine. C'est une procédure qui permet de mettre la machine hors énergie (sauf électrique de contrôle du LOTO) et d'en sécuriser le réenclenchement. Des cadenas sont posés aux endroits stratégiques afin de couper les différentes sources d'énergie puis les clefs sont placées dans une boîte sur laquelle chaque intervenant croche son cadenas personnel. Cette procédure empêche tout réenclenchement tant que tous les intervenants n'ont pas enlevé leur cadenas.

Le cahier des charges complet se trouve en annexe.

6 Presse AVT (ancienne version)

6.1 *Système hydraulique*

6.1.1 Description générale

Sur l'ancienne version de la machine, les vannes hydrauliques sont montées à côté de chaque cylindre. La pression n'était pas régulée dans les différents circuits mais uniquement limitée. Le groupe hydraulique pouvait fournir de l'huile sous 70 bars ou 340 bars. Il était également équipé d'un système de refroidissement sous la forme d'un radiateur.

Les anciens schémas hydrauliques sont en annexe



Illustration 4: Ancienne Servovanne



Illustration 5: Groupe hydraulique 30KW

6.1.2 Mesure de pression

La mesure de pression est faite grâce à des pressostats montés sur chaque côté des vérins hydrauliques. Aucune information sur le fonctionnement n'est disponible dans la documentation des archives.

Un réservoir était monté au sommet de la machine afin de garder sous une petite pression les retours. Cette pression est nécessaire au bon fonctionnement des servovannes.

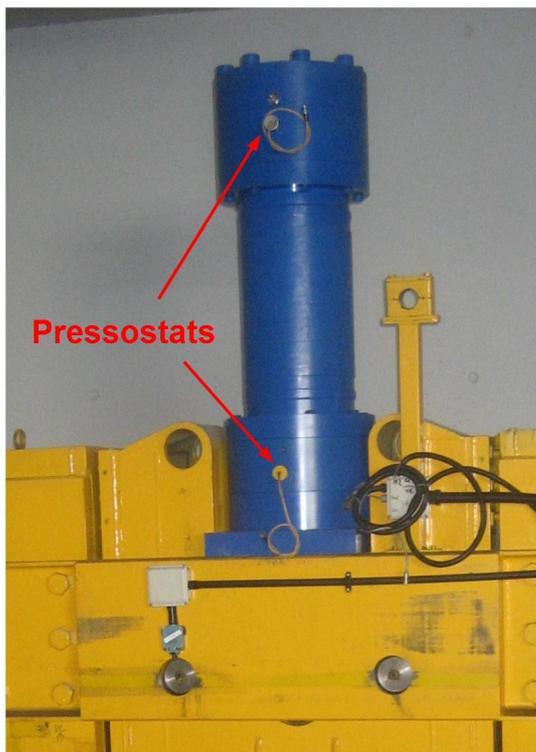


Illustration 6: Anciens Pressostats



Illustration 7: Réservoir

6.2 *Mesure de position*

Pour les cylindres de serrage, la mesure est faite grâce à des encodeurs à fil placés à côté de chaque cylindre et des potentiomètres lorsque les matrices se rapprochent l'une de l'autre. Les potentiomètres sont utilisés afin d'augmenter la précision de la mesure lors du serrage et d'exécuter l'initialisation des codeurs incrémentaux au démarrage de la presse.

La mesure de position des cylindres principal et inférieur est interne. Malheureusement, aucune documentation n'est disponible sur se système. Le fabricant des vérins est aussi inconnu.

Les potentiomètres étaient uniquement posés sur la table de travail de la presse. De plus ils étaient tout proches de la tôle en déformation et donc en contact avec des huiles. Ce n'est donc pas une méthode optimale pour cette mesure et il faudra essayer de l'améliorer.

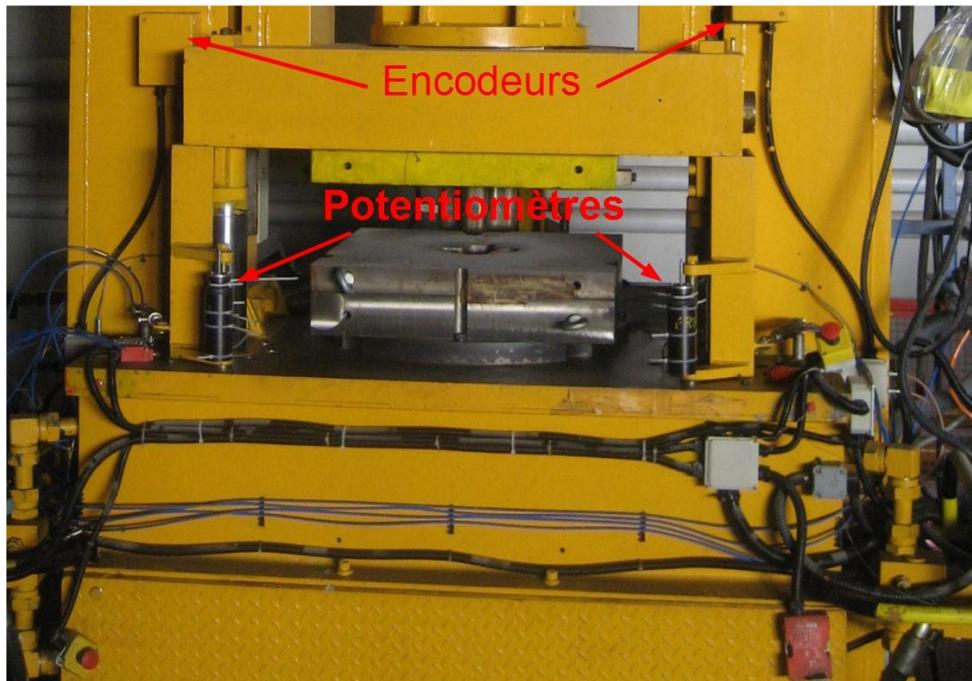


Illustration 8: Encodeurs à fil et potentiomètres

7 Presse AVT (nouvelle version)

7.1 *Système hydraulique*

7.1.1 Description générale

Le système hydraulique a été inspecté par Ewald Loretan ingénieur hydraulicien chez Novelis. Comme tous les vannes et raccords sont de type anglais et ne correspondent pas au standard de l'usine, la décision de les remplacer a été prise pour des raisons de maintenance et de stock de pièces détachées. Les servovannes ont été récupérées et adaptées au standard de l'usine. Les nouvelles vannes sont déposées sur un rack de commande hydraulique sur lequel les pressostats sont également montés ce qui facilita considérablement le câblage électrique.

Les conduites hydrauliques inadaptées au nouvel emplacement de la machine sont également faites à neuf. Le groupe hydraulique sera révisé par l'atelier hydraulique de Novelis.

Les accumulateurs de pression seront réutilisés mais uniquement au nombre de trois et plus de cinq comme sur l'ancienne version. En effet, trois accumulateurs suffisent pour un mouvement.

La machine pourra travailler sous 2 pressions différentes soit 340 bar ou 70 bar (réglable sur le groupe hydraulique). Le groupe hydraulique est également équipé par un système de refroidissement de l'huile grâce à un échangeur à air placé à l'extérieur de la halle, récupéré de l'ancienne installation.

7.1.2 Mesure de pression

La pression de chaque cylindre sera mesurée par des pressostats directement montés sur le rack de commande hydraulique. Comme tous les pressostats ont un afficheur digital, il est ainsi plus facile d'avoir une vue d'ensemble de l'état des pressions dans la machine. Cette solution est également un avantage pour le câblage électrique. Néanmoins il ne sera pas possible de lire les pressions présentes dans le système lorsque la machine sera hors tension car ce sont des pressostats digitaux

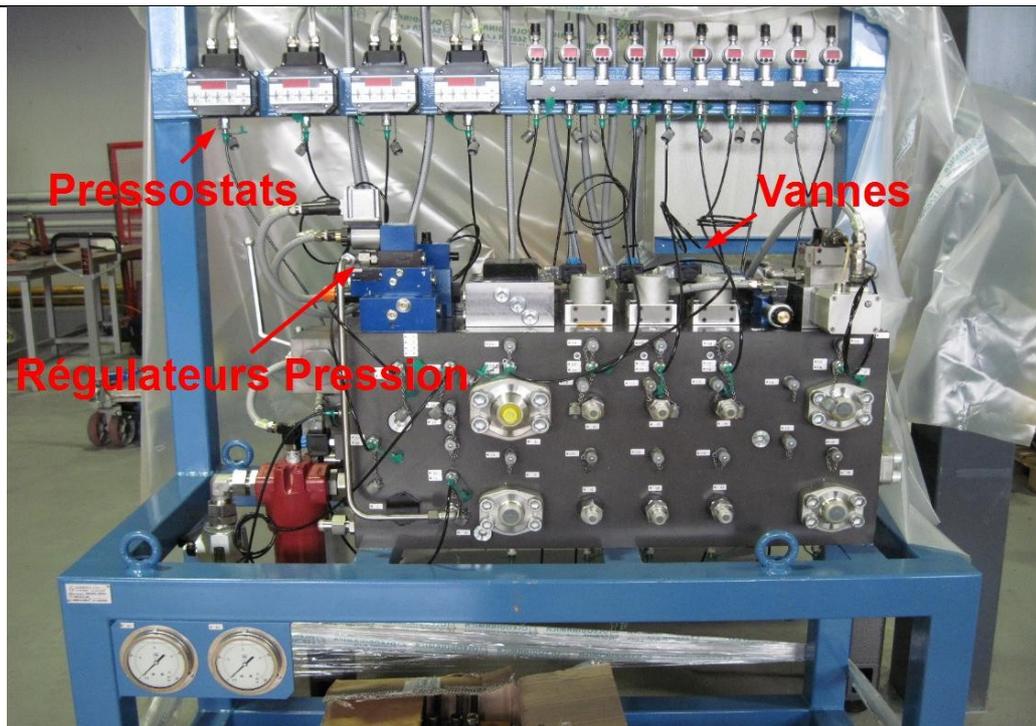


Illustration 9: Rack hydraulique

7.2 Mesure de position

Comme un codeur a été abîmé lors du transport de la presse et que le modèle est inconnu, tous les trois seront remplacés par des capteurs plus performants afin d'enlever également les potentiomètres.

Aucune information sur le matériel qui mesure la position dans les cylindres principal et inférieur n'est disponible hormis la marque de fabrication des cartes électroniques. Il faudra donc trouver une solution pour la mesure de déplacement de ces cylindres.

Pour ce genre de matériel, Novelis travaille avec la maison TR electronic avec laquelle j'ai pris contact. Ils m'ont conseillé l'utilisation de règles de mesure absolue si la place est disponible sur la machine. Une description plus complète de se système de mesure se trouve dans le chapitre du « Choix de matériel »

8 Problème rencontré dans la conception

1.1 Ouverture des portes

8.1.1 Description du problème

Si les pins de sécurité ne se mettent pas en place à la fin du cycle d'emboutissage dû à un problème mécanique ou électrique, il sera impossible d'ouvrir les portes pour aller les mettre en place manuellement et réparer la panne.

8.1.2 Solutions possibles

1. Nous devons déverrouiller les portes de sécurité lorsque que l'on passe en mode maintenance. Si un relais de sécurité est mis en place pour contrôler la position des pins de sécurité afin d'autoriser l'ouverture des portes, il ne sera pas possible de le court-circuiter pour des raisons de conformité aux normes. Il faudra donc installer un relais de sécurité qui offre la possibilité de libérer ces sorties si un signal lui est transmis même si sa boucle de surveillance est ouverte.
2. Une autre possibilité serait d'autoriser l'ouverture les portes en coupant uniquement les sorties de l'automate qui contrôle les vannes grâce à notre relais de sécurité. Cette solution est plus simple que la précédente mais elle doit être vérifiée auprès de la responsable de la sécurité. Car les mouvements ne seront plus bloqués mécaniquement.

Après vérification avec la responsable de la sécurité, un blocage mécanique est indispensable.

3. Deux sorties différentes de l'automate sont alimentées par l'interrupteur du mode maintenance et utilisées afin de déverrouiller les portes. Cette solution permet de s'assurer que l'automate est bien passé en mode maintenance, car il n'utilise plus les mêmes sorties et permet de garantir le bon fonctionnement de relais de sécurité en fonctionnement normal.
4. Mise en place d'un automate de sécurité dédié afin de contrôler toute les fonctions de sécurité et permettre une bonne flexibilité.

-
5. Utilisation d'une CPU de sécurité et des entrées/sorties de sécurité sur l'automate de base. Comme la sécurité se fait sur un déporter de l'automate, le coupleur devra lui aussi garantir le niveau de sécurité.

8.1.3 Solution retenue

La solution numéro 3 sera mise en œuvre, car elle offre la plus haute sécurité tout en utilisant du matériel de sécurité standard dans l'usine. Pour un détail de câblage voir les pages +218K1.N-24 et 25 du schéma de la machine.

8.2 Arrêt d'urgence

8.2.1 Description

Que faire lors d'un arrêt d'urgence? C'est une question délicate, car il faut se demander dans quelle situation un arrêt d'urgence est demandé. Et que doit on faire quand un arrêt d'urgence est demandé?

8.2.2 Solutions possibles

1. Une solution est de couper toute la commande et le groupe hydraulique et de vider les accumulateurs hydrauliques. Les portes seront déverrouillées pour qu'un opérateur puisse régler le problème
2. Même solution que la numéro 1 mais en gardant les portes verrouillées.
3. Arrêter tous les mouvements mais pas le groupe hydraulique et ne pas vider les accumulateurs hydrauliques.
4. Exécuter un mouvement de retrait sur chaque cylindre, puis tout couper.

8.2.3 Solution retenue

Dans la solution numéro 1 l'opérateur peut rentrer dans la partie dangereuse de la machine. Même si normalement il n'y a plus de pression dans le système, les pins de sécurité mécaniques ne sont pas en place c'est pourquoi cette solution ne convient pas.

Dans la solution numéro 3, la rupture de conduites hydrauliques n'est pas prise en compte donc elle ne convient pas.

Le retrait proposé dans la solution numéro 4 n'est pas nécessaire, car on exécute ce genre de mouvement pour débloquer une personne potentiellement en danger dans la machine. Comme dans cette machine le mouvement automatique exécuté en cas d'arrêt d'urgence provoque un nouveau danger d'écrasement, cette solution n'est pas optimale.

La solution numéro 2 a été retenue car elle protège efficacement les utilisateurs et permet une bonne sécurité des personnes pendant la maintenance.

8.3 *Mécanique de rentrée et de sortie des pins de sécurité*

8.3.1 Description

Le système de mouvement des pins de sécurité du cylindre principal a été complètement démonté. D'après les photos de la machine à Neuhausen, la glissière qui soutient le poids des pins n'est autre que la barrière de sécurité. Ce qui rend les coincements des pins assez fréquents.

8.3.2 Solutions possibles

1. Montage du même système que dans le cas des pins de sécurité du cylindre inférieur.
2. Montage d'un système avec des vérins identiques au système des pins du cylindre inférieur.
3. Montage d'un système avec des vérins guidés

8.3.3 Solution retenue

La solution numéro 3 est la meilleure, car l'utilisation de vérins guidés minimise l'usinage de pièces et garantit le bon fonctionnement des glissières.

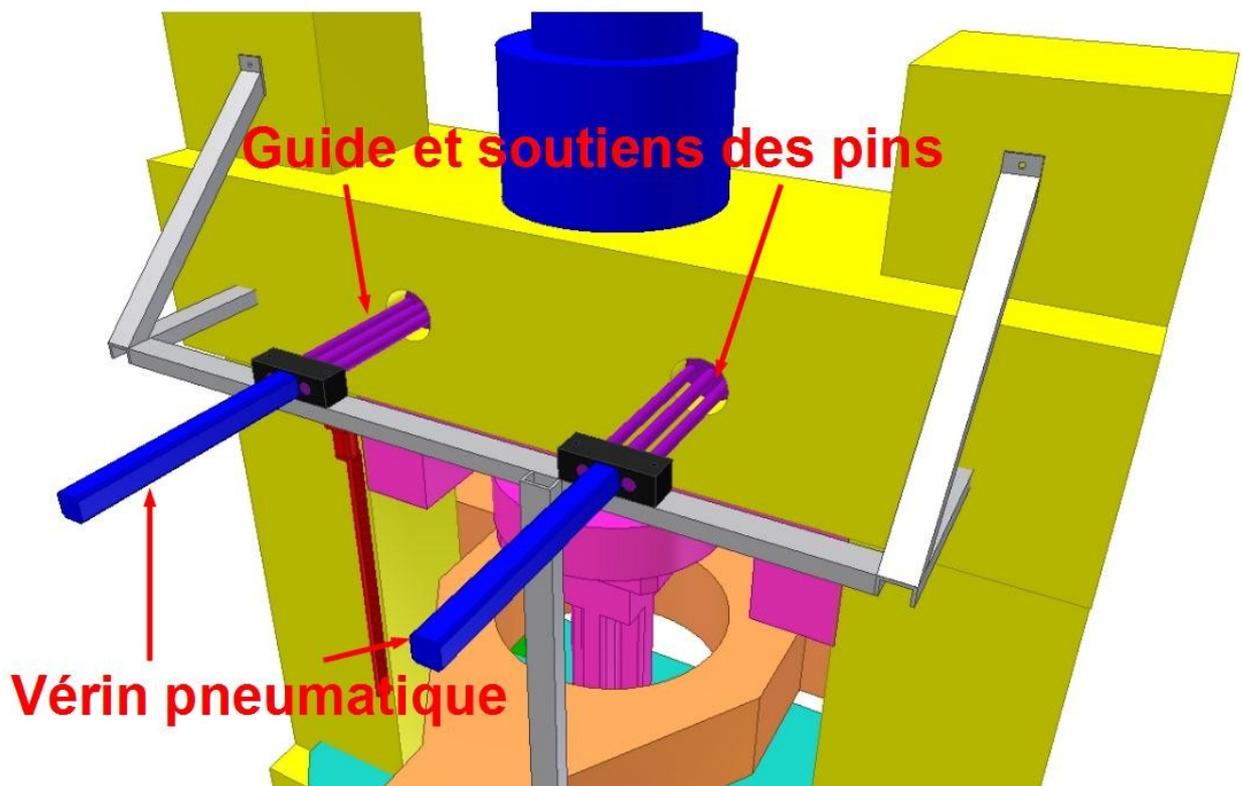


Illustration 10: Installation pneumatique des pins supérieurs

Sur cette illustration, les vérins pneumatiques sont en bleu et actionnent les pins fixés aux tiges de guidage violettes.

8.4 *Contrôle de la position des pins de sécurité*

8.4.1 Description

La position des pins de sécurité est à contrôler avant toute ouverture possible des portes de sécurité. Il faut un système qui ne déclenche pas à cause des vibrations possibles de la machine et qui garantisse une fiabilité pour une machine avec un indice PL e. Le temps de commutation entre 2 contacts du même capteur doit être surveillé; pour cette raison, les capteurs de sécurité ne peuvent pas être montés en série.

8.4.2 Solutions possibles

1. Montage de capteurs codés que l'on peut câbler en série sur la machine ce qui facilite grandement la mise en place. La boucle est surveillée par relais de sécurité spécifique qui garantit le fonctionnement des capteurs. De plus, chaque capteur fournit un signal digital qui indique son état pouvant être utilisé par l'automate.
2. Montage de capteurs de sécurité standards avec trois inverseurs et les câblés sur un petit automate de sécurité. L'avantage est de pouvoir également gérer le système d'arrêt d'urgence avec l'automate de sécurité.

8.4.3 Solution retenue

La solution des capteurs codés est retenue car nous avons décidé de ne pas monter un automate de sécurité.

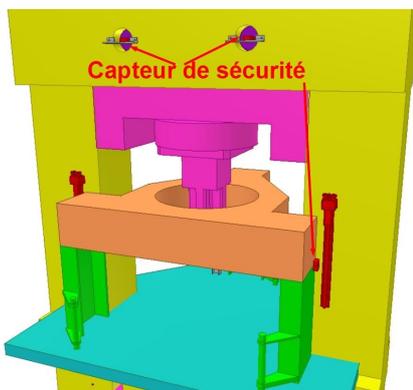


Illustration 11: Capteur de sécurité

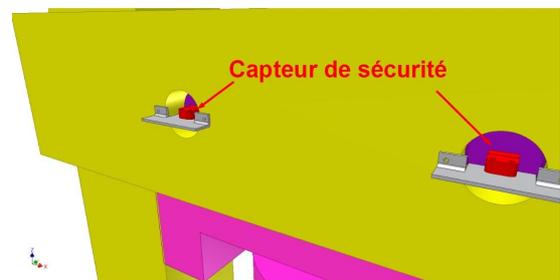


Illustration 12: Capteur de sécurité en détail

8.5 Procédure LOTO

8.5.1 Description

Un coffret doit être mis en place en évidence et permettre de mettre la machine hors énergie. Il faut également garantir que la machine soit bien hors énergies.

8.5.2 Solutions possibles

1. Faire l'introduction électrique à côté de la presse et la couper avec un disjoncteur qui peut être coupé manuellement et sécurisé par un cadenas.
2. Faire l'introduction électrique proche du groupe hydraulique et monter un disjoncteur commandé. Sur le coffret, une lampe devra indiquer l'état du disjoncteur. Un manomètre mécanique devra être installé sur les accumulateurs hydrauliques afin de s'assurer qu'ils sont vides.

8.5.3 Solution retenue

Il paraît plus logique de faire l'introduction proche du groupe hydraulique, car la puissance sera consommée principalement par le moteur de la pompe hydraulique et les moteurs du circuit de refroidissement. Le disjoncteur principal devra être à déclenchement retardé afin de laisser le temps aux accumulateurs hydrauliques de se vider. C'est pour cette raison qu'une lampe montée sur le coffret du LOTO devra indiquer l'état du disjoncteur.

9 Schématique

Les schémas électriques ont été réalisés sur E-plan P8. Tous les schémas se trouvent dans le CD-ROM à la fin de ce document. Tous les + indiquent des lieux de montage et les appareils sont toujours précédés par un -.

Le local du groupe hydraulique porte le numéro 127, donc le coffret dans ce local porte le nom de +127K1.

Les appareils, par exemple le capteur .L-30B1, est représenté dans le groupe L (entrées digitales) à la page 30 et porte le numéro 1. La marque et le type de chaque appareil est indiqué à côté de sa représentation dans le schéma.

Les borniers sont désignés par un X et leurs numéros sont définis d'après le type de signaux qu'ils transportent. La description détaillée est faite dans les notes techniques des schémas électriques.

Les câbles d'un coffret à un autre sont désignés de la manière suivante: +218K1-W1+127K1, par exemple, est un câble qui part du coffret K1 du local 218 portant le numéro W1 et qui va dans le coffret K1 du local 127.

Un câble qui relie un appareil externe à un coffret est désigné, par exemple, +218K1-W1=L-30B1. C'est le câble qui part du coffret K1 du local 218 portant le nom W1 et qui va sur le capteur B1 dessiné dans le groupe L sur la page 30.

Dans le fichier PDF des schémas électriques, toutes les liaisons entre les différentes pages créées par E-plan sont fonctionnelles; il suffit de cliquer sur un élément et il affiche la page où le reste est dessiné.

10 Commande

10.1 Générale

La commande se fera exclusivement par une interface WinCC sur un PC de supervision. Un exemple d'interface homme-machine se trouve en annexe. Le mode à afficher sera déterminé par l'automate ce qui évite les erreurs de synchronisation entre la CPU et le Run Time de WinCC.

10.2 Procédure LOTO

Le coffret LOTO sera monté à un endroit bien visible. Il comportera un interrupteur principal cadenassable, un interrupteur à clefs et 2 lampes. L'interrupteur principal commandera le disjoncteur principal et l'interrupteur à clef sera utilisé pour le mode maintenance. Une des lampes sera allumée lorsque le disjoncteur principal sera déclenché et l'autre indiquera lorsque l'automate est passé en mode maintenance.

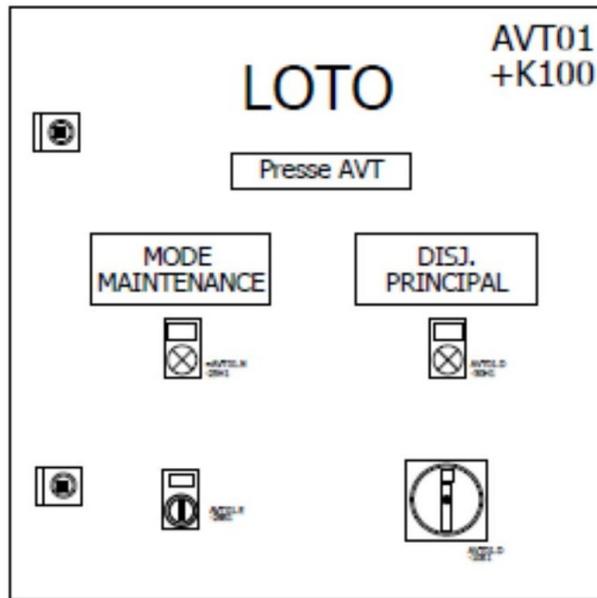


Illustration 13: Coffret LOTO

10.3 Mode maintenance

Dans le mode maintenance, le PC de supervision ne commandera plus les mouvements des différents cylindres mais uniquement le groupe hydraulique. Les déplacements durant le mode maintenance se feront grâce à une commande pendante qui se trouvera à proximité de la machine. Avec ce boîtier, il sera possible de rentrer ou de sortir les pins de sécurité et de faire des mouvements au ralenti. La description précise de ce mode se trouve en annexe dans le cahier des charges.

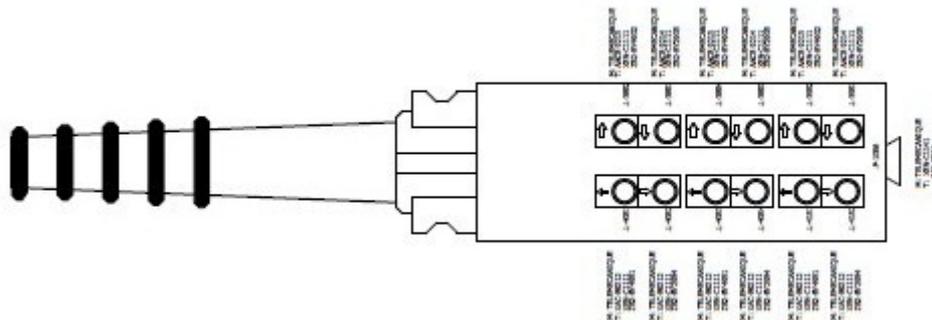


Illustration 14: Commande pendante

11 Sécurité

La partie sécurité se trouve sous le groupe F dans le schéma électrique. Pour cette machine, trois relais de sécurité sont nécessaires.

Le premier contrôle les boutons d'arrêt d'urgence et est uniquement réarmé si l'automate lui donne le droit afin de s'assurer que la machine se trouve dans un état permettant le réarmement du relais de sécurité.

Le deuxième contrôle les portes de sécurité et dispose d'un montage de réarmement automatique. Il coupe l'alimentation des vannes hydrauliques digitales et analogiques et le groupe hydraulique. Tout le système de refroidissement de l'huile est aussi coupé en cas de rupture de conduite.

Le troisième est utilisé pour le contrôle des différents pins de sécurité mécaniques équipés de capteurs de sécurité PSEN. Ce relais alimente les sorties de l'automate qui permettent l'ouverture des portes uniquement lorsque tous les pins de sécurité sont en place.

Le modèle qui a été choisi est le PNOZ S4 de chez Pilz car il est déjà présent sur d'autres installations de l'usine et qu'il fallait avoir trois contacts N.O. et un N.C. pour le contrôle des boutons d'arrêt d'urgence. Pour plus de simplicité, on ne montera qu'un seul modèle même si tous les inverseurs ne seront pas utilisés.

Le concept sécuritaire est décrit plus en détail dans le cahier des charges en annexe.



Illustration 15: Relais de sécurité PNOZ s4

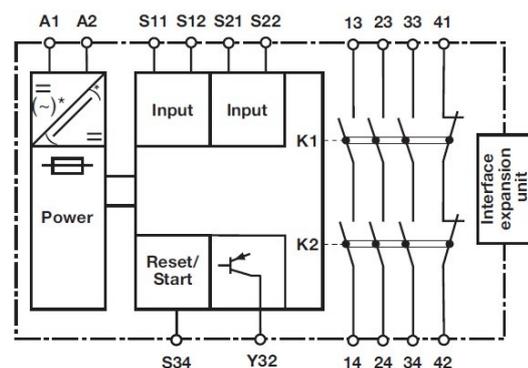


Illustration 16: Schéma relais de sécurité PNOZ s4

12 Choix du matériel électrique

12.1 Automate

Une grande partie des machines du laboratoire R&D est gérée par des automates Siemens. C'est donc cette marque qui sera installée sur la nouvelle commande de la presse. Comme toutes les machines ont leur CPU dans les locaux techniques, l'automate sera monté dans le local 127 (local technique) et un déporté dans le local 218 (local de la presse). Une réserve d'environ 20% d'entrées/sorties est installée pour les futures améliorations de la machine.

12.1.1 Critère de sélection

- Possibilité de mettre sur la CPU sur un réseau
- Possibilité d'entrées/sorties déportées
- HMI sur un PC externe à l'installation
- Enregistrement de données pendant le processus

- 3 entrées digitales
- 4 sorties digitales
- 1 entrée analogique

- 36 entrées digitales déportées
- 15 sorties digitales déportées
- 14 entrées analogiques 4-20 mA déportées
- 7 sorties analogiques 0-10V déportées

12.1.2 Variantes de communication

Deux variantes existent pour cette commande. Cela dépend si la communication entre l'automate et le PC de contrôle se fait via le Profibus ou par Ethernet. Dans le cas de la communication par Profibus, il est nécessaire d'avoir une carte spéciale dans le PC (variante 1). La variante avec la connexion Ethernet est un peu plus chère mais a l'avantage d'utiliser un PC standard, ce qui facilitera son remplacement.

Variante 1			
Description	Numéro de référence	Prix sans TVA	Nombre
CPU 315-2 DP	6ES7 315-2AG10-0AB0	sFr. 1'600.70	1
Carte communication	6GK1 561-1AA01	sFr. 470.30	1
Câble Profibus 30m	6XV1821-0BN30	sFr. 184.80	1
Total		sFr. 2'255.80	

Tableau 12.1.2.1: Automate variante 1

Variante 2			
Description	Numéro de référence	Prix	Nombre
CPU 315-2 PN/DP	6ES7 315-2EH13-0AB0	sFr. 2'259.60	1
Câble Profibus 20m	6XV1821-0BN20	sFr. 141.55	1
Câble Ethernet 10m	6XV1850-0BN12	sFr. 102.60	1
Total		sFr. 2'503.75	

Tableau 12.1.2.2: Automate variante 2

12.1.3 Choix du matériel

Les ingénieurs de Novelis m'ont donné la liste du matériel qui se trouvait en stock pour d'autres machines. Il serait intéressant d'utiliser des articles qui sont déjà existants dans l'usine afin de limiter les différentes pièces de réserves. Une réserve d'environ 20% d'entrées/sorties est mise en place afin de faciliter toute modification future de la machine.

Les alimentations 24Vdc devront être séparées en trois groupes: les CPU et coupleur, les entrées/sorties digitales et les entrées/sorties analogiques. Cette méthode permet de limiter les problèmes en cas de défectuosité d'une des alimentations; elle permet également de limiter les perturbations d'alimentation dans les systèmes analogiques.

12.2 Mesure de position des 3 cylindres de serrage

Comme un des trois encodeurs a été abîmé pendant le transport de la machine et qu'aucune information n'est disponible pour ses capteurs, ils seront tous remplacés. Pour le choix du bon capteur, les informations suivantes devront être prises en compte. Comme les capteurs seront remplacés par des plus précis, les capteurs redondants qui augmentaient la précision lorsque la tôle était serrée ne seront plus nécessaires.

12.2.1 Critères de sélection

- Plage de mesure de 300mm minimum
- Vitesse de déplacement de 20mm/s
- Précision de 0.025 mm (autant précis que les potentiomètres de l'ancienne commande)

12.2.2 Matériel sélectionné

Comme Novelis travaille avec la maison TR electronic, un contact a été pris avec un de leurs représentants. Deux possibilités sont ressorties de cet entretien.

1. Utilisation de codeurs absolus à fils
2. Utilisation de règles de mesure absolue modèle LP-46 DP

Il a conseillé, si possible, l'utilisation de règles car elles ont une plus grande répétabilité de la mesure. De plus, elles coûtent environ deux fois moins cher que les codeurs à fils.

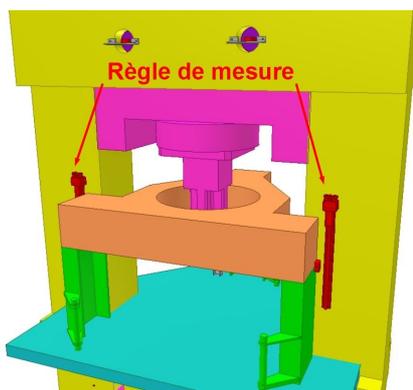


Illustration 17: Règle de mesure face avant

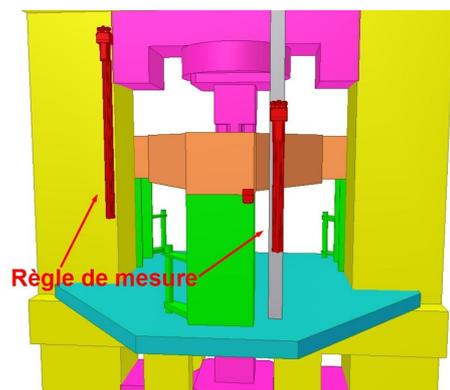


Illustration 18: Règle de mesure face arrière

Pour s'assurer de pouvoir monter les règles de mesure, un essai été fait sur Inventor. Les règles de mesure sont sur cette illustration en rouge. Comme le montage est possible cette solution sera appliquée.

12.3 Mesure de position des cylindres principal et inférieur

Les codeurs de ces cylindres sont internes. La seule information disponible est le fabricant des cartes électroniques qui traitent les signaux des capteurs avant de les envoyer à l'automate. Ce fabricant, Sacol, est malheureusement introuvable. C'est pour cette raison que les capteurs seront remplacés par des mesures externes.

12.3.1 Critères de sélection

- Plage de mesure de 600mm (Cylindre principal)
- Plage de mesure de 200mm (Cylindre inférieur)
- Vitesse max 200mm/s
- Précision de 0.05 mm

12.3.2 Matériel sélectionné

Comme le modèle choisi pour la mesure de déplacement des trois cylindres de serrage existe aussi pour ces plages de mesures et que la place pour le montage est disponible sur la machine, il est plus simple de poser le modèle LP-46 DP

De plus, ce capteur peut être utilisé avec une carte d'axe AXIS-C101-PB de la maison TR electronic. Comme les informations sur les servovannes ne sont pas encore en ma possession, c'est une solution envisageable si l'automate n'arrive pas à exécuter la boucle de régulation assez rapidement.

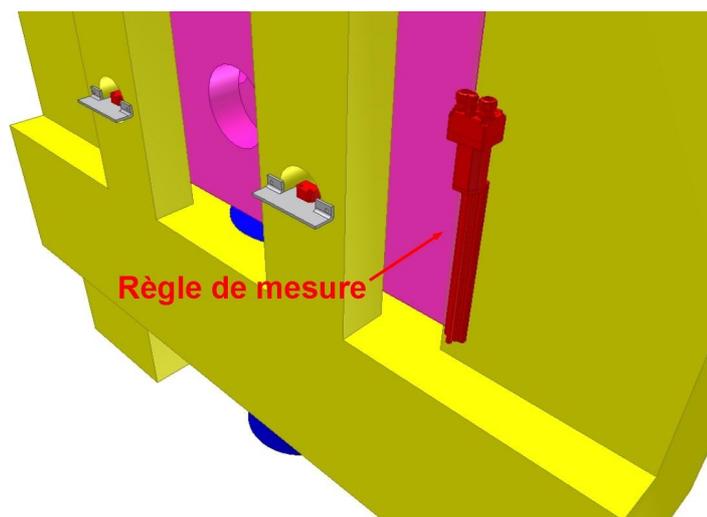


Illustration 19: Règle de mesure inférieure

12.4 Capteur codé pour position des pins

Le système de capteur des pins est décrit au chapitre 7.4

12.4.1 Critères de sélection

- Facile de montage
- Assez fiable pour faire de la sécurité niveau PL e
- Assez petit pour être placé dans un cylindre de 100mm de diamètre
- Pas de câble moulé sur le capteur (facilite le changement de câble)

12.4.2 Matériel sélectionné

Après avoir pris contact avec la maison Pilz qui fournit Novelis dans le domaine sécuritaire, le capteur PSEN cs3.1 M12/8-1.5 (Datasheet en Annexe) a été choisi.

12.5 Démarrage des moteurs

Chez Novelis, les moteurs peuvent être démarrés en direct jusqu'à une puissance de 30kw. Pour les moteurs du système de refroidissement d'une puissance de 1.5KW et 2.2 KW, le démarrage se fera grâce à un contacteur de puissance. En ce qui concerne le groupe hydraulique d'une puissance de 30 KW, il sera démarré par un démarreur progressif.

12.5.1 Critères de sélection

- Puissance 30KW
- Avec Bypass
- Matériel déjà présent sur d'autres installations

12.5.2 Matériel sélectionné

Le démarreur Allen Bradley SMC-3 convient parfaitement à cette application.

12.6 Matériel réutilisé de l'ancienne commande

Novelis désirant garder un standard usine afin de limiter au maximum les différents matériels, rien n'a pu être récupéré dans les armoires électriques. Par contre, tous les capteurs qui se trouvent sur la machine et ne sont pas en lien avec la sécurité seront réutilisés.

Les serrures de sécurité des portes sont réutilisables car les informations du fabricant ont pu être retrouvées et le matériel est conforme au niveau de sécurité demandé.

13 Demande d'offres

Fournisseur	Type de matériel	Prix
Staveb	Contacteurs, boutons, disjoncteurs	sFr. 2'577.95
Grand Jean	Disjoncteurs électroniques	sFr. 1'936.15
Phoenix Contact	Bornes	sFr. 2'072.72
Pilz	Capteurs et relais de sécurité	sFr. 2'595.00
Puls	Alimentation 15Vdc	sFr. 116.20
Rittal	Coffrets	sFr. 1'222.00
Siemens	Automates, programmes, Transformateur	sFr. 19'114.45
Telemecanique	Commande pendante	sFr. 500.00
	PC de contrôle	sFr. 1'000.00
TR electronic	Règles de mesure	sFr. 4'056.00
Total		sFr. 31'134.47

La liste complète du matériel est faite par rapport aux schémas électriques.

Le détail de chaque offre se trouve en Annexe

14 Prochaines étapes

Pour la suite du projet, il faudra:

- S'assurer qu'il ne faut pas une carte d'axe pour le cylindre principal
- Faire les dessins de détail de toutes les modifications mécaniques et des supports de capteurs.
- Usiner les pièces mécaniques manquantes
- Passer les commandes de matériel chez les fournisseurs
- Monter les armoires électriques
- Monter les pièces mécaniques manquantes et les barrières de la machine
- Réaliser les câbles des différents appareils sur la machine
- Réaliser le programme pour l'automate
- Réaliser le programme de l'interface homme-machine
- Tester le fonctionnement de la presse

15 Amélioration future

1. La machine était équipée de matrice chauffante électrique et d'un poinçon refroidi par un circuit d'eau. Cette partie a été laissée de côté dans ce travail de diplôme car le laboratoire n'en a pas besoin dans un futur proche. De plus, le système n'est pas de la forme désirée par les chercheurs, et la régulation par zone n'était pas installée. Une réserve d'environ 40 ampères a été gardée afin de pourvoir faire cette amélioration sans devoir changer des installations dans les armoires électriques.
2. De nouveaux essais sont en cours dans d'autres usines afin de déterminer si une oscillation rapide de la force de serrage de la tôle serait une amélioration durant l'emboutissage. C'est une méthode qui demanderait une adaptation du programme.
3. Un système de mesure de température sur la matrice et le poinçon serait un moyen de s'assurer que le lubrifiant ne change pas d'état pendant l'emboutissage ce qui pourrait être une grande source d'erreurs pendant les essais.

16 Conclusions

Les schémas électriques sont terminés et la commande de matériel peut être passée afin de commencer le montage des différents coffrets. Néanmoins, les Datasheet des servovannes ne sont toujours pas arrivés, ils sont nécessaires pour être sûr du branchement des vannes et du type de signaux dont elles ont besoin. Il est également nécessaire de connaître la fréquence d'échantillonnage utile pour ce type de vannes. Le montage hydraulique est en cours et devrait se terminer dans 1 semaine.

Le cahier des charges sera encore une fois discuté avec les chercheurs du R&D avant de commencer la programmation de l'automate de l'interface homme-machine.

La machine devrait être fonctionnelle à la fin de l'année 2010.

17 Remerciements

Durant tout mon projet de diplôme, j'ai eu la chance de collaborer avec de nombreuses personnes se distinguant par leur disponibilité, leur professionnalisme et leur gentillesse. Tous m'ont apporté leur expérience et leurs conseils et je les en remercie.

Tout particulièrement

M. Varonier Jean-Claude

M. Marcuard Jean-Daniel

M. Hotz Walter

M. Loretan Ewald

M. Schroeter Philippe

Sion, le 12.07.2010

Bienz Samuel

18 Bibliographie

18.1 Documents

- Normes concernant la sécurité EN ISO 13849
- Extraits de Normes EN ISO 13849 de Allen Bradley
- Listes des exigences de sécurité de la SUVA pour les presses
- Catalogue Siemens « Produit pour automation entièrement intégrée »
- Catalogue Siemens « Communication industrielle »
- Catalogue Siemens « Low Voltage »
- Liste des composants utilisés chez Novelis Sierre
- Catalogue Staveb « Solution de sécurité Rockwell Automation »
- Catalogue « Phoenix contacteur »
- Catalogue « Télémécanique »
- Catalogue « Grand Jean »
- Catalogue « Rittal »

18.2 Site internet

- <http://www.siemens.ch>
- <http://www.tr-electronic.ch>
- <http://www.fr.staveb.ch/>
- <http://www.pilz.com>
- <http://staveb.ch/>

19 Annexes

Dossier sécurité.....	A
Cahier des charges.....	B
Emplacement des capteurs récupérés.....	C
Schémas hydrauliques et pneumatiques.....	D
Datasheet matériel électrique.....	E
Datasheet matériel hydraulique.....	F
Demandes d'offres.....	G
Interface homme-machine.....	H
Liste des entrées/sorties de l'automate.....	I
Liste du matériel électrique.....	J
Schémas électriques (document séparé).....	K

20 Contenu du CD ROM

- 1-Rapport
- 2-Dossier sécurité
- 3-Cahier des charges
- 4-Schéma électrique R&D AVT_102700
- 5-Matériel électrique:
 - 1-Carte d'axe Axis
 - 2-Capteur à galet Série GLC...GLD...GLE...
 - 3-Capteur codé PSEN CS3.1 22111-03
 - 4-Démarrateur SMC-3
 - 5-Règle de mesure TR-ELA-BA-D-0001-05
 - 6-Règle de mesure TR-ELA-BA-D-0004-02
 - 7-Règle de mesure TR-VLA-TI-F-0418
 - 8-Dessin règle de mesure LP-46
 - 9-Relais de sécurité PNOZ s4
 - 10-Serrure titan TLS GD002
- 6-Offre matériel électrique
 - 1-Liste matériel électrique
 - 2-Demande d'offre Telemecanique

- 3-Allen Bradley
- 4-GrandJean
- 5-Phoenix
- 6-Pilz
- 7-Puls
- 8-Rittal
- 9-Siemens
- 10-TR electronic
- 11-Prix matériel électrique
- 7-Matériel hydraulique
 - 1-Schéma hydraulique
 - 2-Ancien schéma hydraulique
 - 3-Schéma rack de distribution hydraulique
 - 4-Encombrement rack de distribution hydraulique
 - 5-Régulateur de pression principal rf29162_2006_05
 - 6-Régulateur de pression secondaire ra_29160_0405_HQ
 - 7-Vanne hydraulique – Introduction
 - 8-Vanne série 760
 - 9-Servovanne 760
- 8-Matériel pneumatique
 - 1-Vérin pneumatique guidé
 - 2-Vérin pneumatique
 - 3-Vanne pneumatiques
- 9-Norme EN 13849
 - 1-SN_EN_ISO_13849_1
 - 2-SN_EN_ISO_13849_2
- 10-Divers
 - 1-Emplacement capteurs récupérés
 - 2-Entrées-Sorties automate
 - 3-Interface homme-machine
 - 4-Rapporte Intermédiaire

Dossier de sécurité

Table des matières

1 Limite d'utilisation.....	2
2 Identification des phénomènes dangereux et conséquences.....	2
3 Évaluation des risques.....	3
3.1 Risque brut.....	4
4 Moyen de limitation des risques.....	4
4.1 Utilisation standard.....	4
4.2 Risque résiduel.....	6
4.3 Mode maintenance.....	7
4.3.1 Risque résiduel en mode maintenance.....	8
5 Fonctions de sécurité requise.....	8
6 Détermination du niveau de performance requise (PLr).....	9
7 Procédure LOTO.....	10
7.1 Définition.....	10
7.2 Moyens mis en œuvre pour la procédure LOTO.....	11
7.3 Mise en œuvre du LOTO.....	12
8 Conclusions.....	12

Index des tables

Tableau 1: Phénomènes dangereux et conséquences.....	2
Tableau 2: Niveau de fréquence.....	3
Tableau 3: Niveau de gravité.....	3
Tableau 4: Niveau d'exposition.....	3
Tableau 5: Risque brut.....	4
Tableau 6: Risque résiduel standard.....	6
Tableau 7: Risque résiduel en mode maintenance.....	8
Tableau 8: Détermination des performances PLr requises.....	9
Tableau 9: Performance PLr.....	10

1 Limite d'utilisation

L'utilisation normale de la machine est décrite dans le cahier des charges ainsi que tous les modes de fonctionnement.

Le risque résiduel est différent entre les modes d'exploitation standard et le mode maintenance, c'est pourquoi le risque résiduel est calculé séparément pour le mode maintenance.

2 Identification des phénomènes dangereux et conséquences

Les dangers listés ci-dessous sont pris en compte durant toute la durée de vie de la machine

Phénomènes dangereux	Conséquences
Mouvement mécanique	Écrasement, cisaillement
Chauffage de la matrice	Brûlures
Rupture d'une conduite hydraulique	Brûlures, coupures dues à la pression
Rupture d'une conduite pneumatique	Dommages aux yeux
Coupure d'alimentation électrique	Arrêt durant le processus (attention à la reprise)
Coupure d'alimentation hydraulique	Arrêt durant le processus (attention à la reprise)
Coupure d'alimentation pneumatique	Impossible de réenclencher les sécurités mécaniques
Mouvement inopiné	Écrasement, cisaillement
Coffret ou câble défectueux	Électrocution
Projection de tôle ou de morceaux d'outils cassés	Coupure, dommage aux yeux
Changement de l'outil	Écrasement, cisaillement, pincement

Tableau 1: Phénomènes dangereux et conséquences

3 Évaluation des risques

Niveau de fréquence	Définition de la fréquence
1	Probablement tous les 10 ans
2	Probablement toutes les années
3	Probablement tous les mois
4	Probablement toutes les semaines
5	Probablement tous les jours

Tableau 2: Niveau de fréquence

Niveau de gravité	Définition de la gravité
1	N'a pas de conséquence sur la santé de quiconque
2	Pourrait occasionner des blessures bénignes
3	Pourrait occasionner des blessures nécessitant des soins médicaux
4	Pourrait occasionner des blessures avec des conséquences irréversibles
5	Pourrait occasionner la mort

Tableau 3: Niveau de gravité

Niveau d'exposition	Définition du niveau d'exposition en fonctionnement normal
1	Probablement tous les 10 ans
2	Probablement toutes les années
3	Probablement tous les mois
4	Probablement toutes les semaines
5	Probablement tous les jours

Tableau 4: Niveau d'exposition

3.1 Risque brut

Risque	Fréquence	Gravité	Exposition	Criticité F*G*E
Écrasement, cisaillement d'un membre	4	5	5	100
Brûlures dues à la matrice	3	3	3	27
Brûlures dues à l'huile	1	3	5	15
Coupures dues à la pression	1	4	5	20
Dommages aux yeux dûs à la rupture d'une conduite pneumatique	2	4	4	32
Arrêt durant le processus dû à une coupure d'alimentation électrique ou hydraulique	3	1	5	15
Impossibilité de réenclencher les sécurités mécaniques	2	1	5	10
Écrasement, cisaillement dû à un mouvement inopiné	1	5	5	25
Électrocution	1	5	2	10
Projection de pièces	4	4	5	80
Blessures durant le changement d'outil	3	3	4	36

Tableau 5: Risque brut

4 Moyen de limitation des risques

4.1 Utilisation standard

- 1) L'accès aux zones dangereuses est uniquement autorisé si tous les blocages mécaniques des mouvements sont en place. Le verrouillage de la porte arrière sera uniquement possible depuis un boîtier dont la position permet une vue dégagée de la zone dangereuse arrière.

-
- 2) Une coupure du chauffage et une attente du refroidissement de la machine ne sont pas envisageables car le temps d'attente serait très long. Les utilisateurs devront être formés et équipés de protections individuelles contre les hautes températures. Il sera également nécessaire de signaler les zones potentiellement chaudes avec le logo à cet effet.
 - 3) Une rupture de conduite est normalement suivie d'un arrêt d'urgence de l'utilisateur qui coupera immédiatement le groupe hydraulique et videra les accumulateurs hydrauliques. Les conduites hydrauliques seront pour la plu part en acier. Pour les conduites flexibles, il sera nécessaire de planifier leur contrôle et leur remplacement à la date indiquée par le fabricant. Dans les zones très fréquentées par les utilisateurs, il serait judicieux de protéger les conduites par des capots.
 - 4) Lors d'une coupure d'alimentation électrique, les mouvements de la machine en cours seront arrêtés et les portes de sécurité resteront verrouillées jusqu'à la remise sous tension.

Lors d'une coupure d'alimentation hydraulique, les mouvements seront stoppés et la machine mise en position de repos grâce aux accumulateurs hydrauliques.

Lors d'une coupure d'alimentation pneumatique, les portes de la machine resteront bloquées car les pins de sécurité ne pourront pas être mis en place. Il sera toujours possible de passer en mode maintenance afin de débloquer la presse.

- 5) Les mouvements pendant la maintenance seront limités en vitesse car la pression de service passera de 340 bars à 70 bars. Les accumulateurs seront également vidés ce qui limite grandement le risque de mouvements rapides. Le mode maintenance sera uniquement activable par une clef en possession des équipes de maintenance qualifiées.
- 6) Toutes les armoires électriques sont fermées par une clef que seules les personnes autorisées et formées ont en leur possession. Lors de maintenance, la procédure LOTO est mise en place afin de mettre la machine hors énergie.
- 7) Toute la machine est entourée de grilles, afin d'éviter que les utilisateurs aient un contact avec les parties en mouvements dangereux. Ceci qui évite également que les pièces projetées de grande taille soit projetées de la machine.
- 8) Un outillage spécifique sera mis à disposition des utilisateurs afin d'éviter les problèmes lors du changement de l'outil. Risques résiduels.

4.2 Risque résiduel

Risque	Fréquence	Gravité	Exposition	Criticité F*G*E	Réduction du risque en %
Écrasement, cisaillement d'un membre	2	5	2	20	80
Brûlures dues à la matrice	3	3	2	18	33.33
Brûlures dues à l'huile	1	3	5	15	0
Coupures dues à la pression	1	4	5	20	0
Dommages aux yeux dus à la rupture d'une conduite pneumatique	1	4	2	8	75
Arrêt durant le processus dû à une coupure d'alimentation électrique ou hydraulique	3	1	5	15	0
Impossibilité de réenclencher les sécurités mécaniques	2	1	5	10	0
Écrasement, cisaillement dus à un mouvement inopiné	1	5	2	10	60
Électrocution	1	5	2	10	0
Projections de pièces	2	4	2	16	80
Blessures durant le changement d'outil	2	3	4	24	33.33

Tableau 6: Risque résiduel standard

Le niveau de criticité maximal possible étant de 125, les résultats sont acceptables car ils ne dépassent pas 20. On peut constater que les mesures prises pour protéger les utilisateurs contre les dangers d'écrasement remplissent parfaitement leur fonction vu une réduction de 80% du risque le plus élevé qui est l'écrasement d'un membre. On voit que certains risques ne sont pas diminués par les mesures prises, mais comme leur criticité est faible aucune mesure spécifique est nécessaire.

4.3 Mode maintenance

Dans le mode maintenance, les mouvements de la presse sont autorisés même lorsque les portes de la machine sont ouvertes. Le risque brut reste le même que dans les autres modes, mais une analyse du risque résiduel est nécessaire. Les moyens de limitation des risques en mode maintenance sont les suivants:

- 1) Des arrêts d'urgence seront placés dans le l'enceinte de la machine pour que les personnes de la maintenance puissent stopper la machine en cas de problème.
- 2) La commande des mouvements se fera grâce à une commande placée dans la machine pouvant être déplacée grâce à un câble de longueur suffisante.
- 3) La pression développée par le groupe hydraulique sera de 70 bars afin de limiter la force et la vitesse de la presse.
- 4) La pression sera immédiatement relâchée dans tout le système en cas d'arrêt d'urgence.
- 5) Les accumulateurs hydrauliques ne seront pas remplis.

4.3.1 Risque résiduel en mode maintenance

Risque	Fréquence	Gravité	Exposition	Criticité F*G*E	Réduction du risque en %
Écrasement, cisaillement d'un membre	4	5	3	60	40
Brûlures dues à la matrice	3	3	2	18	33.33
Brûlures dues à l'huile	1	3	3	9	40
Coupures dues à la pression	1	4	3	12	40
Dommmages aux yeux dus à la rupture d'une conduite pneumatique	1	4	2	8	75
Arrêt durant le processus dû à une coupure d'alimentation électrique ou hydraulique	3	1	3	9	40
Écrasement, cisaillement dû à un mouvement inopiné	2	5	3	30	-20
Électrocution	1	5	3	15	-50
Blessure durant le changement d'outil	2	3	2	12	66.67

Tableau 7: Risque résiduel en mode maintenance

On constate que les risques ne diminuent pas dans tous les cas. Le risque augmente pour l'électrocution et l'écrasement dû à un mouvement inopiné qui sont des risques que seule la formation des équipes de maintenance peut limiter. Ils restent néanmoins importants.

5 Fonctions de sécurité requise

- 1) Blocage mécanique des cylindres de la machine lorsqu'une des portes est ouverte.

Fonction de sécurité	Gravité de la blessure	Fréquence	Possibilité d'éviter le phénomène	PLr
Blocage mécanique des cylindres de la machine lorsqu'une des portes ouverte	S2	F2	P2	e
Blocage des portes d'accès pendant le cycle de travail	S2	F2	P1	d
Limitation de la pression de service en mode de maintenance	S2	F1	P2	d
Contrôle de l'ouverture et de fermeture entre 2 cycles afin d'éviter que les utilisateurs ne pontent les capteurs de sécurité	S1	F2	P1	b
Arrêt de tout mouvement lorsqu'un utilisateur actionne un des boutons d'arrêt d'urgence	S2	F1	P1	c
Contrôle du quittance de la porte arrière à toutes les mises sous tension de la machine	S2	F1	P1	c
Libération de la pression dans les conduites pneumatiques lors de l'ouverture des portes	S1	F1	P1	a

Tableau 9: Performance PLr

7 Procédure LOTO

7.1 Définition

La procédure LOTO est utilisée afin de protéger les intervenants durant les travaux sur la machine (entretien, nettoyage, modification, etc). En appliquant cette procédure, la machine est mise hors énergie (excepté les systèmes de contrôle du LOTO) et toute les accumulations d'énergie sont vidées. Une procédure doit être définie afin de mettre la machine hors tension et de contrôler qu'il ne reste plus d'énergie où que ce soit dans le système.

7.2 Moyens mis en œuvre pour la procédure LOTO

Afin de simplifier la mise en œuvre de la procédure LOTO, par la suite, les solutions suivantes seront adoptées.

1. Les accumulateurs seront vidés à chaque fois que la commande sera mise hors tension. Ceci évite tout mouvement lorsque la commande est éteinte.
2. Un commutateur général sera posé sur le coffret LOTO avec la possibilité de le bloquer par un cadenas.
3. Un cadenas pourra être posé sur la vanne d'alimentation d'air comprimé.
4. Des manomètres seront installés sur les accumulateurs hydrauliques et le système d'air comprimé afin de s'assurer qu'aucune partie du système reste sous pression.

7.3 Mise en œuvre du LOTO

1. Demander l'arrêt de la machine sur la commande et attendre la confirmation de l'état de la machine.
2. Mettre hors tension de la machine grâce à l'interrupteur principal et poser le cadenas numéro 1
3. Fermer la vanne d'air comprimé et poser le cadenas numéro 2
4. Contrôler que les 2 baromètres soit sur 0 bar
5. Déposer les clefs dans le box du LOTO
6. Poser son cadenas personnel sur le box

8 Conclusions

Les principes appliqués ont été acceptés par la responsable sécurité Madame Christelle Mercadal. Des calculs de fiabilité du système complet serait un plus pour confirmer que les bonnes décisions de conception ont été prises.

Novelis ne faisant pas ces calculs en interne, un fournisseur de matériel de sécurité, par exemple la maison Pilz, serait en mesure de calculer la durée moyenne avant défectuosité (MTTF_d)

Cahier des Charges Presse AVT

Table des matières

1 Mode principal (Main Menu).....	2
2 Initialisation de la machine.....	2
2.1 Initialisation de la machine.....	2
3 Mode Manuel (Manuel mode).....	3
4 Mode New Tool.....	3
5 Mode de régulation en force.....	4
6 Mode de régulation en vitesse.....	4
7 Mode d'exportation de données.....	5
8 Mode alarme.....	5
8.1 Alarme haute importance.....	5
8.2 Alarme basse importance.....	6
9 Mode maintenance.....	6
10 Déroulement d'un processus standard.....	7

Index des tables

Tableau 8.1: Alarme haute importance.....	5
Tableau 8.2: Alarme basse importance.....	6

1 Mode principal (Main Menu)

C'est le mode ou la machine se trouve au démarrage. Dans un premier temps, il permet d'enclencher le groupe hydraulique. Une fois que la température de travail de l'huile est atteinte, il autorise l'initialisation de la machine. Dès que l'initialisation est faite, les autres modes (manuel mode, Force control mode, Velocity mode) qui sont expliqués ci-dessous sont autorisés. Afin de visualiser quel mode est possible d'exécuter et lesquels sont encore verrouillés, les boutons seront grisés lorsque le mode n'est pas accessible.

Le mode « Alarm » est néanmoins toujours accessible car un contrôle et un quittancement des alarmes sont toujours nécessaires.

2 Initialisation de la machine

Normalement toutes les sécurités mécaniques (pins du cylindre principal, pins du cylindre inférieur, pins du serrage) sont verrouillées. Pour le lancement de initialisation, il faut impérativement que l'huile soit en température et que la fermeture de la porte arrière soit quittancée. La porte avant doit aussi être fermée. Un outil doit être choisi dans le menu déroulant « Tool »; s'il n'existe pas encore on peut le créer en allant sous « New Tool ».

Lorsque toutes ces conditions sont réunies, le bouton « Inizialisation » n'est plus grisé ce qui indique que la machine est prête.

Après l'initialisation, les accumulateurs hydrauliques sont rempli afin que la machine soit prête à fonctionner.

2.1 Initialisation de la machine

Les opérations suivantes sont nécessaires afin d'exécuter l'initialisation de la presse.

Sécurité mécanique : Déverrouillage des sécurités mécaniques

-Serrage : Fermeture du système de serrage complet pour prendre le point zéro.
Appui avec une certaine force afin de garantir le placage des 2 matrices

-
- Cylindre inférieur : Mouvement vers le haut de 50 mm puis retour dans sa position initiale ce qui permet le contrôle du système de mesure
 - Cylindre principal : Mouvement de 50 mm vers le bas puis retour dans sa position initiale ce qui permet le contrôle du système de mesure
 - Serrage : Ouverture du système de serrage jusque dans sa position initiale
 - Sécurité mécanique : Verrouillage des sécurités mécaniques

3 Mode Manuel (Manuel mode)

Ce mode est uniquement accessible si l'initialisation à été faite et que le groupe hydraulique fonctionne.

Les mouvements sont exécutés lorsque l'utilisateur clique sur le bouton de la HMI. Les mouvements sont exécutés uniquement si les portes de sécurité sont fermées et que les pins de sécurités mécaniques sont retirés. Le programme exécute les mouvements tant que les butées hardware et software sont respectées. Les mouvements sont exécutés pendant que l'utilisateur garde le bouton appuyé. Un seul mouvement est exécuté à la fois.

Un bouton permet de remettre tous les axes de la machine en position pour la mise en place des pins de sécurité mécanique.

Comme les pins de sécurité de chaque mouvement sont indépendants, il n'est pas nécessaire de déverrouiller tous les pins pour faire fonctionner un seul mouvement. Néanmoins, il est obligatoire de verrouiller tous les pins si l'on veut ouvrir la porte pour avoir un accès à la machine.

4 Mode New Tool

Avant de pouvoir faire des processus automatiques régulés en force ou en vitesse, il faut rentrer des données sur l'outil qui est monté sur la presse.

Si les données ont été enregistrées, elles peuvent être chargées en choisissant le nom de l'outil dans le menu déroulant « Tool »

Si par contre l'outil n'existe pas encore dans le système, on peut le créer en allant sur le mode « New Tool ».

Ce mode permet d'enregistrer les caractéristiques de nouveaux outils. Il est important de mettre l'outil correspondant dans le programme car la machine calcule les déplacements autorisés pour éviter toute casse machine. Les informations demandées sont:

- Le nom de l'outil
- Hauteur de la matrice supérieure
- Hauteur de la matrice inférieure
- La longueur du pointeau
- La vitesse maximale autorisée
- La force maximale autorisée

5 Mode de régulation en force

Dans ce mode, il est possible de créer un profil de déplacement force-position. La tôle est dans un premier temps serrée à une force que l'on peut indiquer dans « Clamping Force ». Le cylindre principal doit descendre jusqu'au contact de la tôle puis embouti la tôle avec la force prédéfinie dans le graphique force-position. Il est également possible d'exécuter ce processus. Il est possible d'enregistrer le profil du processus ou d'en charger un existant grâce aux boutons « Save Profile », « Charge Profile ».

Le Processus peut être lancé uniquement si la température de l'huile le permet et si les accumulateurs hydrauliques sont pleins.

6 Mode de régulation en vitesse

Le mode est comparable au mode de régulation en force à moins que l'on donne la consigne dans un tableau vitesse-position.

7 Mode d'exportation de données

Dans ce mode, il est possible de visualiser un graphique avec les données collectées durant le dernier processus d'emboutissage (Position, vitesse, force) et de les exporter dans un fichier csv. Il est également possible de les enregistrer afin d'en comparer plusieurs par la suite grâce aux boutons « Save Graphique » et « Load Graphique »

8 Mode alarme

Le mode « Alarm » est activé automatiquement dès qu'un défaut important est détecté et bloque tout mouvement en cours. Dès que les alarmes sont quittancées, la machine retourne au mode initialisation. Ce mode peut aussi servir à quittancer les alarmes de moins grande importance et sera activé lorsque l'utilisateur appuie sur « Check Alarms ».

8.1 Alarme haute importance

Défaut	Actions
Arrêt d'urgence des utilisateurs	Affichage, Coupure d'alimentation des vannes hydrauliques, arrêt du groupe hydraulique, vidange des accumulateurs hydrauliques, verrouillage mécanique des mouvements qui sont en position initiale
Chute de pression principale sans arrêt du groupe hydraulique	
Vanne en position de remplissage des accumulateurs hydrauliques mais la pression monte pas	
Ouverture d'une porte dans un mode qui ne l'autorise pas	

Tableau 8.1: Alarme haute importance

8.2 Alarme basse importance

Défaut	Actions
Température de l'huile trop basse	Affichage, Pas de mouvement possible
Température de l'huile trop haute	Affichage, Dès que le mouvement en cours est terminé arrêt du groupe hydraulique
Pression de service trop basse	Affichage, Retour des cylindres en position de repos
Filtre système de refroidissement bouché	Affichage, Travail continu pendant 10 heures puis arrêt du groupe hydraulique. Quittancement nécessaire dans le mode maintenance
Filtre du système principal bouché	
Contact avec butée mécanique	Affichage, arrêt du mouvement dans se sens
Porte arrière non quittancée avant une demande de mouvement	Affichage
Porte avant pas fermée avant une demande de mouvement	

Tableau 8.2: Alarme basse importance

9 Mode maintenance

Dans le mode maintenance, les mouvements sont autorisés même si les portes de sécurité sont ouvertes. Néanmoins, la pression est baissée à un niveau minimum qui permet encore les mouvements. Les déplacements sont contrôlés par une commande qui se situe dans la machine et qui peut être déplacée pour que l'opérateur puisse avoir la meilleure vue possible sur l'évènement dangereux. Aucun bouton se sera disponible sur le PC de contrôle

Ce mode est activé par une clef qui sera à la disposition des équipes de maintenance formées pour ces interventions.

10 Déroulement d'un processus standard

- Mise en tension de la machine
- « Mode principal »
- Démarrage du groupe hydraulique bouton « Start hydraulic groupe »
- Fermeture des portes et quittance de la porte arrière
- Initialisation de la machine « Init »
- Retour au menu principal
- Ouverture de la porte avant
- Mise en place de la tôle
- Fermeture de la porte avant
- Choix du réglage en force ou en vitesse
- Dessiner la courbe dans le graphique et indiquer la force de serrage et la température de chauffage de la matrice (si l'outil a un chauffage).
- Démarrage du processus « Start Process »
- Analyse dans le mode « Export Data »
- Retour au menu principal « return »
- Ouverture de la porte avant
- Récupération de l'échantillon
- Fermeture de la porte avant