

Projet: T1311 TriVis ST3

Module 150 - Travail de semestre 1,
Technicien ES 1ère années, CPNV

BARDET Nils - SCARAMUCCI Sébastien

Décembre 2013

Table des matières

1	Introduction	2
2	Fonctionnement de la machine.....	2
2.1	Station 1.....	2
2.2	Station 2.....	3
2.3	Station 3.....	3
2.4	Station 4.....	3
3	Cahier des charges.....	4
4	Organisation du travail.....	5
4.1	Méthode des 6 pas.....	5
4.2	Jalonnement	5
4.3	Répartition des tâches.....	6
5	Présentation des fonctions de la station	6
5.1	Mécanique	6
5.2	Électrique	7
6	Explication des fonctions et choix du matériel	7
6.1	Mécanique	7
6.1.1	00_Châssis.....	8
6.1.2	01 : Convoyeurs d'amenée des vis (conique et cylindrique).....	10
6.1.3	02 : Magasin et système de pesage	12
6.1.4	03 : HMI	15
6.2	Électrique	15
6.2.1	Alimentation.....	15
6.2.2	Sécurité	16
6.2.3	API.....	17
6.2.4	HMI	18
6.2.5	Convoyeurs vis	18
6.2.6	Transferts boîtes.....	19
6.2.7	Sortie station.....	20
6.2.8	Pneumatique.....	20
7	Analyse de risque	21
	Paramètres de risques:	21
7.1	Choix.....	22
7.2	Mise en œuvre	23
8	Bilans personnels	24
8.1	Nils Bardet	24
8.2	Sébastien Scaramucci.....	25
9	Conclusion.....	25
10	Références	27

1 Introduction

Dans le cadre de la formation de technicien ES en systèmes industriels de 1^{ère} année, nous sommes menés à développer et réaliser une machine afin de confirmer les compétences et les connaissances acquises durant la 1^{ère} année de notre formation. Le projet est également un moyen de nous familiariser avec notre futur métier et nous demande une organisation et une planification méticuleuse puisqu'il s'agit d'une de réaliser machine concrète et non d'un banc d'exercice. Ce projet étant fait en dehors des heures de cours, le travail est réparti sur 2 semestres. Durant le 1^{er} semestre, nous avons dû faire l'étude et le développement de la machine. Le second semestre sera consacré à la construction, à la programmation et à la mise en service de l'installation.

Le projet qui porte le nom T1311_TriVis est une machine automatique permettant de trier divers types de vis puis de les stocker dans un magasin. Cette machine a été divisée en 4 stations qui seront chacune développées par 2 personnes.

En ce qui va être traité dans ce rapport, M. Bardet et M. Scaramucci ont réalisé la station 3. Il s'agit de la station de conditionnement des vis.

2 Fonctionnement de la machine

Le chapitre suivant, tiré du cahier des charges (Chap.4 du classeur technique) décrit le fonctionnement de la machine.

La liste des vis à trier est la suivante:

- Type 1: M8 x 20, tête cylindrique à 6 pans creux, noir
- Type 2: M8 x 20, tête cylindrique à 6 pans creux, zingué bleu
- Type 3: M6 x 20, tête conique, empreinte cruciforme type H, zingué bleu
- Type 4: M6 x 40, tête conique, empreinte cruciforme type H, zingué bleu
- Type 5: M10 x 20, vis sans tête, zingué bleu

2.1 Station 1

La station dispose d'un réservoir qui contient 5 types de vis disposées dans un ordre et un sens aléatoire. Cette station doit prendre les vis l'une après l'autre et éliminer les vis de type 5. Les vis des types 1 à 4 doivent être séparées en fonction de leur type de tête. Les vis types 1 et 2 doivent être acheminées ensemble et les vis types 3 et 4 également.

Matériel fourni:

- Caméra vision Baumer pour la détection des types de vis
- Écran tactile Siemens avec interface Profinet

2.2 Station 2

Cette station doit éliminer les vis de type 1 et les vis de type 4 et transmettre à la station 3 uniquement les vis types 2 et 3 sur des lignes distinctes.

Les étudiants responsables de cette station doivent également concevoir le bâti de la machine sur la base de celle existante pour le remplissage des bouteilles (TS 2012-2013), gérer la sécurité globale de l'installation.

Matériel fourni:

- Capteur de couleurs
- Écran tactile Siemens avec interface Profinet

2.3 Station 3

Cette station gère le remplissage des bacs. Chaque bac contient un nombre paramétrable de vis d'un seul type. Le nombre de vis doit être déterminé à partir du poids du bac. Les deux bacs pour les deux types de vis restants se remplissent en parallèle.

Une fois un bac rempli, les informations concernant le contenu du bac sont enregistrées dans un tag RFID intégré au bac. Les bacs remplis repartent sur une même ligne.

Matériel fourni:

- Antenne RFID avec interface Profinet
- Écran tactile Siemens avec interface Profinet

2.4 Station 4

Cette station stocke les bacs dans un magasin et récupère les informations contenues sur les tags RFID (les blocs de fonctions pour l'écriture et la lecture du RFID sont développés par le groupe de la station 3). Il est possible de retirer des pièces à un « guichet » en passant une commande via l'écran tactile ou en scannant la référence d'un produit et sa quantité à l'aide d'un pistolet à codes-barres.

Matériel fourni:

- Antenne RFID avec interface Profinet
- Écran tactile Siemens avec interface Profinet

3 Cahier des charges

Selon le cahier des charges (Chap.4 du classeur technique), les 4 groupes devaient chercher des solutions communes pour:

- La manipulation et le transport des vis
- La communication entre stations
- La gestion de la sécurité (arrêts d'urgences locaux, général)
- Fier des objectifs cadence réalisables
- La gestion du mode individuel et du mode production (bouton rotatif)

Quant aux groupes responsables de leur station respective, ils devaient:

- Développer leur station pour remplir le cahier des charges
- Rechercher avec les autres groupes des solutions communes
- Rechercher des solutions techniques adéquates pour sa station
- Élaborer la construction mécanique de sa station
- Élaborer la construction électrique de sa station
- Établir un descriptif de fonctionnement sous forme de diagramme de flux
- Établir et rendre un dossier comprenant les études, les analyses, les données, les informations nécessaires à la réalisation du projet et les explications du fonctionnement de la machine
- Respecter les délais qui sont donnés
- Respecter les normes de construction mécanique, électrique et de fonctionnement (CE)

En ce qui concerne le cahier des charges de la station 3, le travail à exécuter était le suivant:

Cette station gère le remplissage de bacs. Chaque bac contient un nombre paramétrable de vis d'un seul type. Le nombre de vis doit être déterminé à partir du poids du bac. Les deux bacs pour les deux types de vis restants se remplissent en parallèle.

Une fois un bac rempli, les informations concernant le contenu du bac sont enregistrées dans un tag RFID intégré au bac. Les bacs remplis repartent sur une même ligne.

Le budget prévu pour l'ensemble de la machine est de CHF 8000.-. Cela représente un budget moyen de CHF 2000.- par station.



Fig. 3.1: Objectif à atteindre

4 Organisation du travail

4.1 Méthode des 6 pas

Au début de l'année scolaire, les enseignants nous ont encouragés à utiliser la méthode dite des 6 pas. Cette technique de travail a été développée par un ingénieur de l'entreprise Motorola afin de minimiser les coûts et l'énergie dépensée lors de l'élaboration de projet.

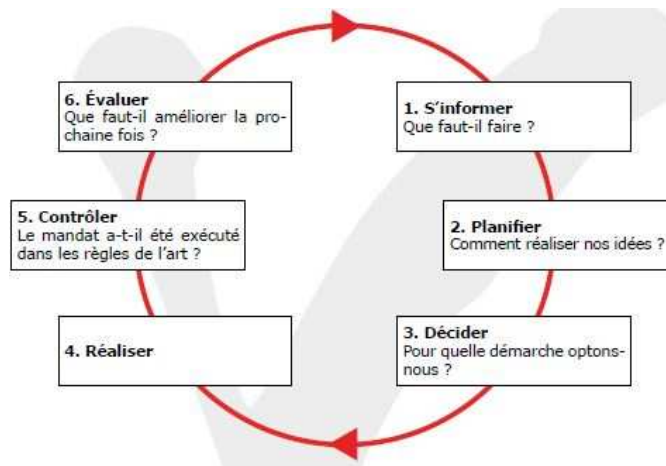


Fig. 4.1: Diagramme des 6 pas

Les 6 pas sont:

- **Informer**; Prendre connaissance du travail à réaliser, analyser le travail confié et rassembler un maximum d'informations utiles pour le projet à faire.
- **Planifier**; Jalonner le projet afin de mettre des échéances aux diverses tâches et pour estimer le temps de conception et le prix du projet.
- **Décider**; Valider les idées développées et prévoir les éléments qui constitueront la machine.
- **Réaliser**; Exécuter le travail planifié et validé.
- **Analyser**; Passer en revue l'ensemble du projet pour éventuellement améliorer certains points de l'installation.
- **Améliorer**; Ce poser la question, et si c'était à refaire? Noter les points qui pourraient être améliorés ou modifiés.

Pour le développement de la station 3, nous avons décidé de nous baser sur la méthode des 6 pas.

4.2 Jalonnement

Dès la réception du dossier et après avoir pris connaissance, à l'aide du client (M. Piaget), du travail à réaliser, nous avons rapidement organisé des séances avec tous les participants au projet afin de nous mettre d'accord sur 3 dates pour le jalonnement de la machine. Le 1^{er} jalon était le 2 octobre et le but était que chaque groupe ait imaginé le fonctionnement de leur station. Le 2^{ème} était le 16 octobre pour valider le fonctionnement de notre station respective pour que le travail de développement puis réellement commencer. Le 3^{ème} jalon est la date à laquelle le projet doit être rendu. D'autres dates de jalons ont été choisies au sein des groupes pour mener à bien le travail.

Les dates de jalonnement de la station 3 sont les suivantes:

- **16 octobre;** mise en commun des idées de M. Bardet et M. Scaramucci, validation des choix sur le fonctionnement et la réalisation de la station et répartition des tâches.
- **26 octobre;** fin de la recherche des éléments principaux qui constitueront la station
- **9 novembre;** fin du développement mécanique de la station
- **30 novembre;** fin du développement électrique
- **9 décembre;** fin des mises en plan
- **14 décembre;** fin des finitions apportées à l'ensemble mécanique et électrique
- **20 décembre;** fin du projet T1311_TriVis

4.3 Répartition des tâches

En commun accord entre les 2 participants à la réalisation de la station 3, M. Bardet s'occupera du développement mécanique et de mettre en place le PowerPoint de présentation de la station 3 et M. Scaramucci s'occupera de la recherche du matériel, du développement électrique et de la partie administrative du projet.



Fig. 4.3: Répartition des parts du travail

5 Présentation des fonctions de la station

5.1 Mécanique

La mécanique de la station 3 est divisée en 3 fonctions bien distinctes:

- **Convoyeurs vis;** Les 2 types de vis restantes après le triage fait par les stations précédentes nous sont transmis sur 2 convoyeurs à gauche et à droite de l'entrée de notre station.
- **Remplissage et transfert des boîtes;** Les convoyeurs amènent, ensuite, les vis dans leur boîte respective pour le pesage et le conditionnement de ces dernières puis elles seront transférées sur le tapis de sortie de la station.
- **Sortie station;** Les boîtes pleines transmises sur le tapis de sortie sont identifiées grâce à l'impression d'une valeur numérique via des puces RFID puis elles seront transmises à la station 4.

5.2 Électrique

Quant aux fonctions électriques, elles sont divisées en 8 fonctions:

- **Alimentation:** Dans la 1^{ère} fonction, l'alimentation 230V/AC, qui nous est fournie par les responsables de la station de base, est transformée en basse tension de sécurité (24V/DC). Dans cette fonction, la protection électrique de l'installation y est également représentée.
- **Sécurité:** La sécurité de la station est traitée dans la 2^{ème} fonction électrique.
- **API:** La disposition et l'alimentation de la CPU, des cartes d'entrées et de sorties est représenté dans cette fonction.
- **HMI:** Dans la fonction d'interface homme-machine, il y a le TouchPanel, les boutons poussoirs ainsi que toutes les signalisations lumineuses.
- **Convoyeurs vis:** Le fonctionnement électrique et pneumatique des 2 convoyeurs est traité dans la 5^{ème} fonction.
- **Transferts boîtes:** La sortie des boîtes des magasins, le pesage des boîtes de vis et le transfert des boîtes pleines se fait dans cette fonction.
- **Sortie station:** Cette fonction permet le fonctionnement du tapis de sortie et gère l'impression des données dans les transpondeurs RFID grâce à une tête de lecture placée à la fin du tapis roulant.
- **Pneumatique:** Dans la dernière fonction, il y a les éléments pneumatiques et leurs connexions ainsi que les électrovannes assignées dans les fonctions précédentes.

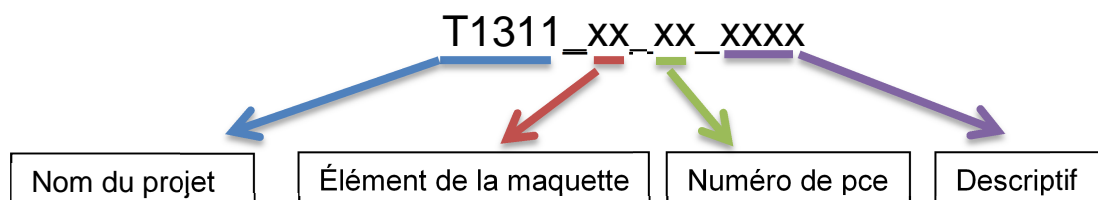
6 Explication des fonctions et choix du matériel

6.1 Mécanique

Pour avoir une vue détaillée du fonctionnement de la machine, regarder le diagramme de flux

- Dénomination des pièces et des ensembles :

Les pièces et les ensembles sont numérotés selon cette méthode.



- Élément de la maquette

La maquette est segmentée en quatre ensembles principaux, ceux-ci sont :

00 : Châssis, convoyeur, capteur RFID, plaque de protection, portes, bornier déporté

01 : Convoyeurs d'amenée des vis (conique et cylindrique)

02 : Magasin et système de pesage

03 : HMI

6.1.1 00_Châssis

Cette partie comporte l'ensemble général de la machine ainsi que les ensembles se rapportant directement au châssis comme :

- Le châssis

Le profilé qui a été utilisé est un profilé type 5 de chez ITEM (20x20mm) en aluminium éloxé. Il a l'avantage d'avoir des rainures sur toute sa longueur et donc permet l'ajustement des éléments fixés sur la machine. De plus, il existe différents articles de fixation pour assembler ces profilés ensemble. Pour le châssis principal, nous avons utilisé des fixations automatiques car elles ont l'avantage que lorsque l'on les serre les profilés se plaquent ensemble.

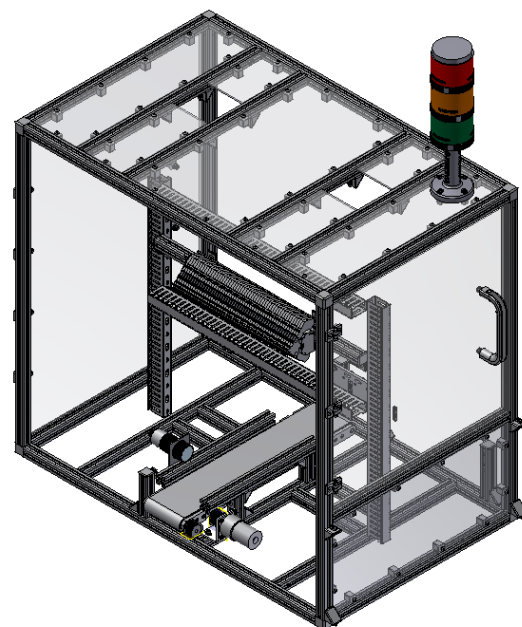


Fig 6.1.1a : Châssis

Pour les éléments venant se fixer sur le châssis, il a été préféré des équerres, car le montage est plus simple. L'effort latéral peut être plus grand car l'équerre à une plus grande surface d'appuis.

- Le convoyeur de sortie par tapis pour l'évacuation des boites

Un tapis de longueur de 400 mm avait été développé l'année passée. Nous avons choisis de le réutiliser afin d'économiser le budget. De plus, pour notre application, il se prêtait parfaitement à la longueur désirée.

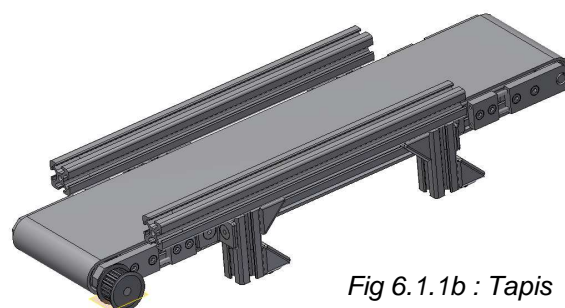


Fig 6.1.1b : Tapis

- Le capteur RFID qui permet d'écrire les informations du nombre de vis dans la boîte

Il est placé sur le bord du tapis de sortie pour pouvoir écrire les informations lorsque la boîte contenant les vis passe devant le capteur.

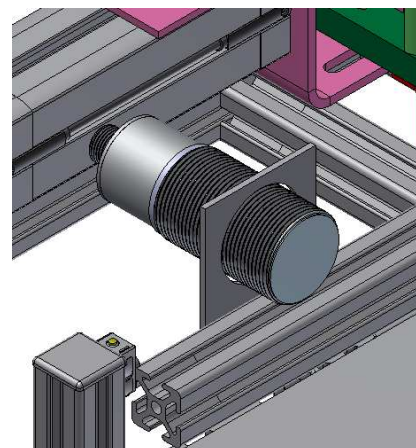


Fig 6.1.1c : RFID

- Les plaques de protections pour limiter l'intrusion d'un tiers dans la machine

Il y a des plaques de protection sur le dessus de la machine ainsi qu'une derrière le support du HMI. Il a été décidé d'en faire plusieurs petites plutôt qu'une grande pour éviter que la plaque soit fixée en dessus de l'armature ITEM et donc dépasse du haut de la station.

Les plaques sont fixées par des multi bloc PA car ils sont faciles à installer et sont étudiés pour pouvoir être fixés dans les rainures des profilés ITEM.

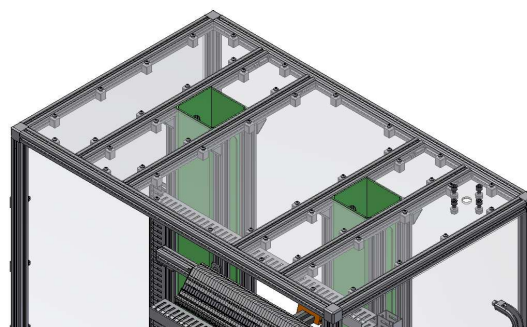


Fig 6.1.1d : Plaque de protection

- Les portes présentes des deux côtés de la machine

Il y a des portes des deux côtés de la machine (1) pour faciliter le montage et la maintenance de la machine. En effet, une porte que d'un côté de la machine aurait présenté des problèmes d'accès pour la maintenance et pour les éventuels déboutrages de boîte qui pourraient survenir lors de la production.

Des charnières sont mises du côté de l'évacuation des boîtes pour permettre à la station n° 2, qui s'occupe de trier des types de vis selon la taille et la couleur, de pouvoir accéder dans leur station car ils n'ont qu'un accès limité depuis leur porte.

Les portes seront sécurisées par des contacts de sécurité de chez Allen-Bradley, ils seront installés au montage.

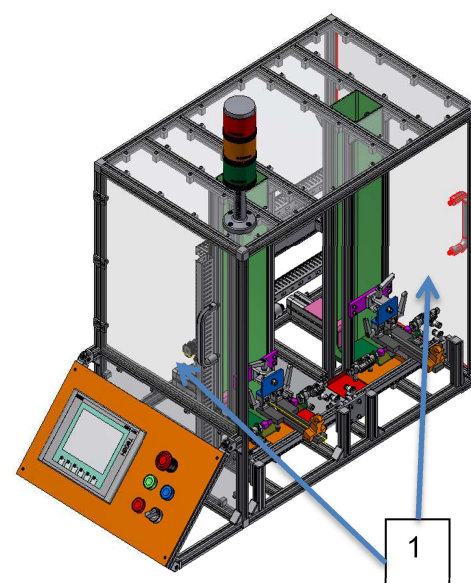


Fig 6.1.1e : Portes

- Bornier

Il a été décidé de fixer un bornier entre les deux magasins. Durant l'étude initiale de la maquette, il avait été pensé de fixer le bornier sur le sol de la maquette. Cependant, lorsque la conception fût finie, il a été mis en avant que l'espace latéral disponible pour le câblage des bornes était trop petit. C'est pourquoi nous avons décidé de déplacer l'emplacement du bornier et des caniveaux à une autre place. Lorsque la modélisation de la maquette fût finie, il est ressorti que l'emplacement où on avait une place suffisante était celle-ci.

Les caniveaux ont une largeur de 20mm et une hauteur de 40mm. Ce modèle a été sélectionné car la largeur est la même que le profilé ITEM.

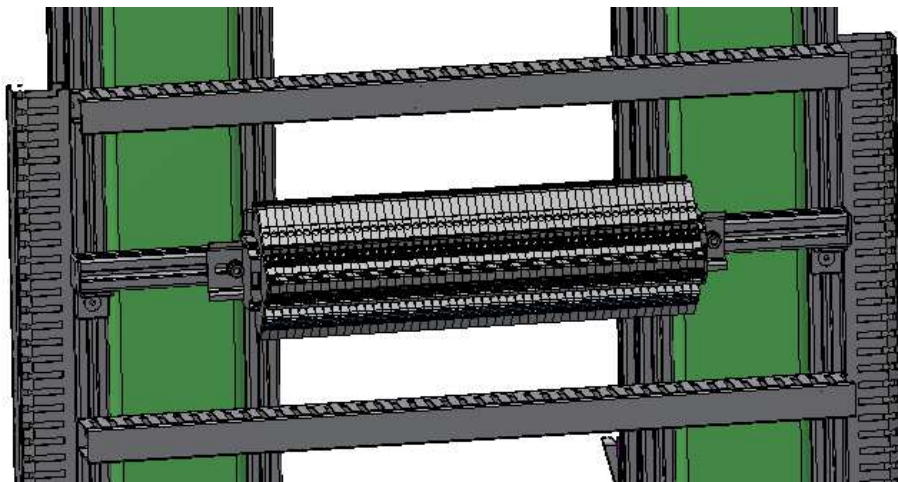


Fig 6.1.1f : Bornier et caniveaux

6.1.2 01 : Convoyeurs d'amenée des vis (conique et cylindrique)

Pour pouvoir amener les vis dans notre maquette depuis la station précédente, le moyen le plus facile et le moins onéreux a été de fabriquer des convoyeurs en POM. Cette matière a été sélectionnée car sa masse volumique est plus basse qu'un métal. Elle a un bon coefficient de glissement et de bonnes propriétés mécaniques.

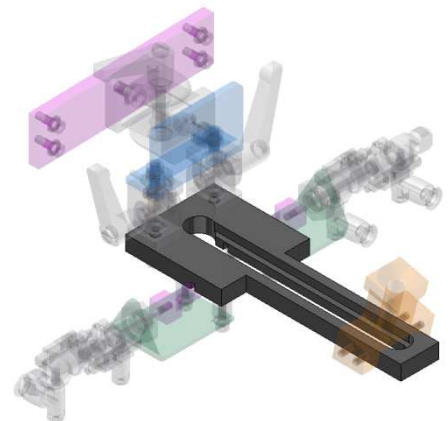


Fig 6.1.2 a : Convoyeur

Pour pouvoir orienter les convoyeurs lors du montage sur les axes x et y, il y a des articulations de chez ITEM. Celles-ci sont parfaites pour notre application. Elles nous permettent de ne pas concevoir de nouvelles pièces et elles sont munies d'une poignée (1) afin d'ajuster les convoyeurs sous la station n°2. Pour le réglage horizontal, nous avons mis une articulation de largeur 30mm (2) prévue pour se mettre sur un profilé ITEM 6 (30 x30). Pour le réglage vertical, il y a des articulations de largeur 20mm (3). Étant plus petites, nous en avons disposé afin de répartir l'effort. Elles sont prévues pour se monter sur un profilé ITEM 5 (20x20)

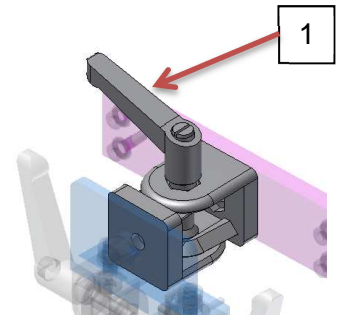


Fig 6.1.2b : Poignée

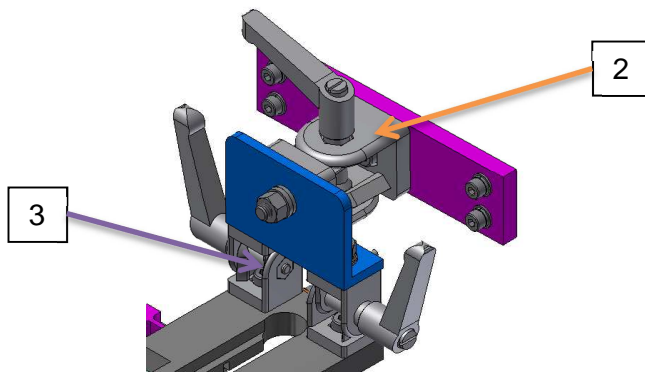


Fig 6.1.2c : Articulations

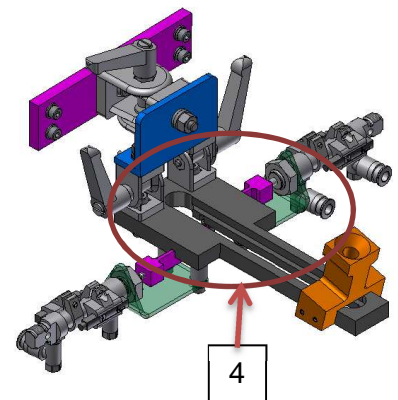


Fig 6.1.2 d : zone tampon

Pour pouvoir distribuer les vis une par une, nous avons élaboré une zone tampon (4) faite à l'aide de deux vérin avec comme entraxe la largeur d'une vis. Ce système permet de les laisser tomber une à une pour s'assurer que le nombre demandées par l'opérateur soit présent dans la boîte et pas qu'il n'y en ait qui ne soit pas désirées.

Ce système permet de les laisser tomber une à une pour s'assurer que les boîtes aillent le bon nombre de vis.

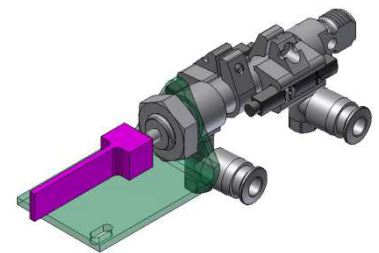


Fig 6.1.2e : vérin tampon

Pour la réception des vis depuis la station précédente, il faut un système qui guide les vis dans la rainure. Initialement cette pièce était placée sur la station n°2, mais leur conception ne permet pas d'insérer cette pièce. C'est pourquoi, il a été décidé de la placer sur le convoyeur. Elle est fabriquée en POM et à un angle qui permet de la placer à la verticale sous leur station. La fixation est faite par des vis M4 sans tête sur le convoyeur.



Fig 6.1.2 f : Guide Vis

Les deux convoyeurs sont pratiquement identiques, la seule différence est le profil de la rainure centrale qui est cylindrique pour les vis à tête cylindrique et conique pour les vis à tête conique.

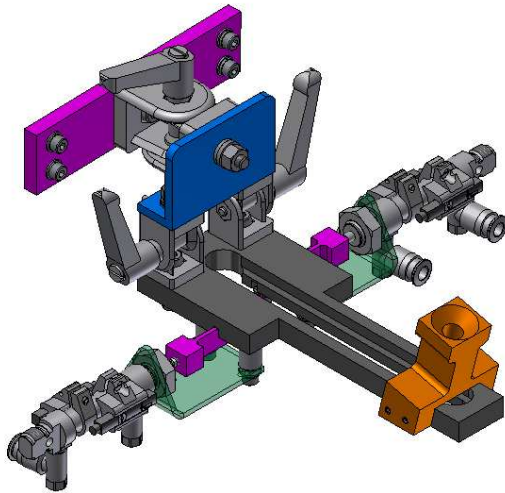


Fig 6.1.2 g : Convoyeur vis cylindrique

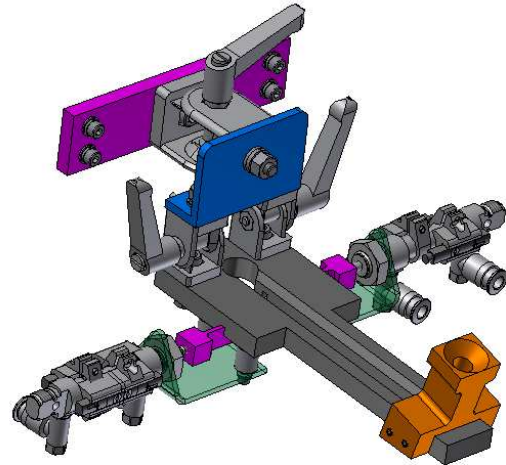


Fig 6.1.2 g : Convoyeur vis conique

6.1.3 02 : Magasin et système de pesage

Cette zone de la maquette gère le magasin de la maquette qui permet de délivrer les boîtes sous le convoyeur à l'aide d'un vérin d'une course de 80mm. Le vérin utilisé est un modèle anti-rotatif pour éviter que la tôle ne se tourne et provoque des casses mécaniques. Une fois le nombre de vis demandé présent dans la boîte, un vérin sans tige pousse la boîte sur le tapis afin d'imprimer sur la puce RFID le nombre de vis présente et le type dans la boîte.

Les deux magasins sont presque identiques, à l'exception de deux pièces qui sont en copie miroir l'une de l'autre. Il s'agit du support de pesage (1) car, sur l'un la boîte est envoyée vers la droite et sur l'autre elle est envoyée vers la gauche.

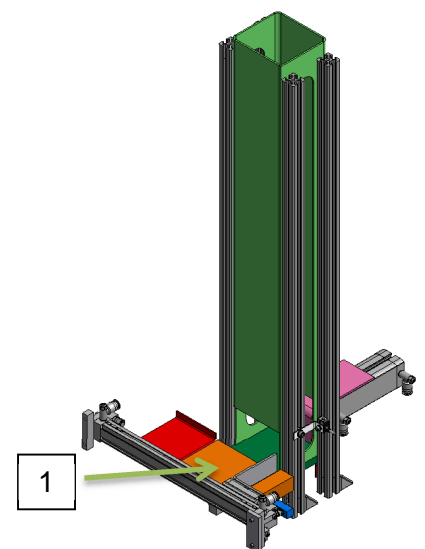


Fig 6.1.3 a : Magasin

Le magasin est placé verticalement pour permettre un stockage avec un système simple et permettant de stocker un maximum de boîte dans un minimum de surface. La structure du magasin est constituée de barre en ITEM profilé 5. Cette solution a été retenue car l'avantage de cette armature est que le coût de fabrication est plus faible que des pièces usinées cette dernière fixée avec un système d'équerre sur le châssis. Le remplissage des boîtes se fait depuis le dessus de la maquette. Pour diminuer le risque que la boîte se mette de travers, une enveloppe, qui est une tôle pliée avec trois angles de 90°, permet de diminuer le risque que la boîte se mette de travers.

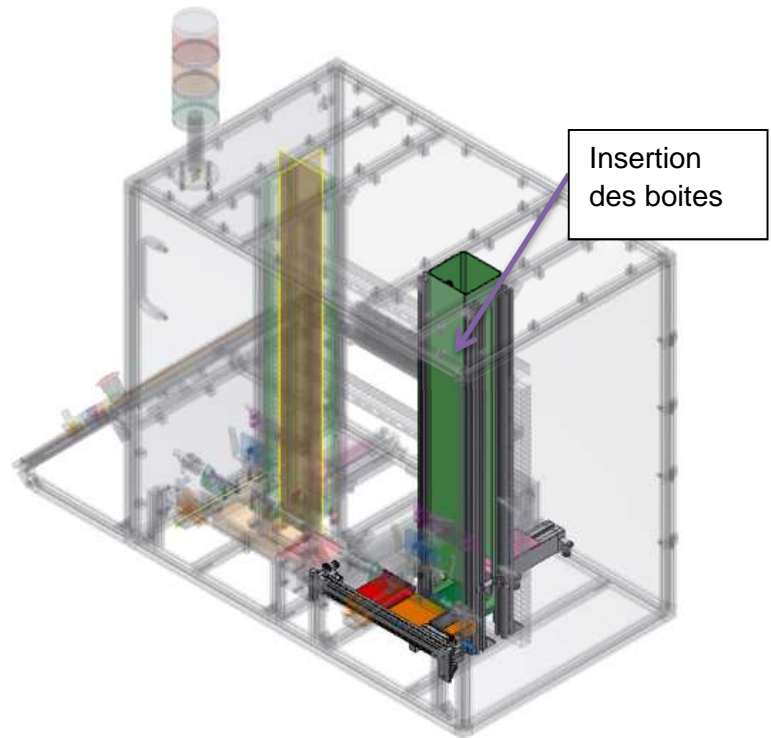


Fig 6.1.3 b : Ensemble et magasin

Une fois la balance libre, le vérin placé à l'arrière du magasin va pousser une boîte en dehors et la déposer sur le plateau du peson qui est situé sous le convoyeur d'amenée de vis. Pour que la boîte au-dessus du vérin de poussée ne coince pas son retour (1) en position initiale, une tôle en forme de L fixée sur la tige.

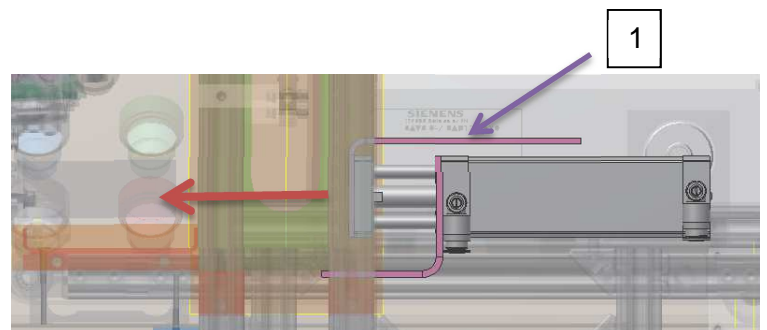


Fig 6.1.3c : Vérin pousseur

Une fois la boîte sur le support de pesage (2), le convoyeur peut commencer à envoyer des vis. Le support est lié avec l'armature du magasin par le peson. Entre le tapis et le plateau, il y a une tôle en aluminium (3) pour permettre la transition de la boîte sur le tapis.

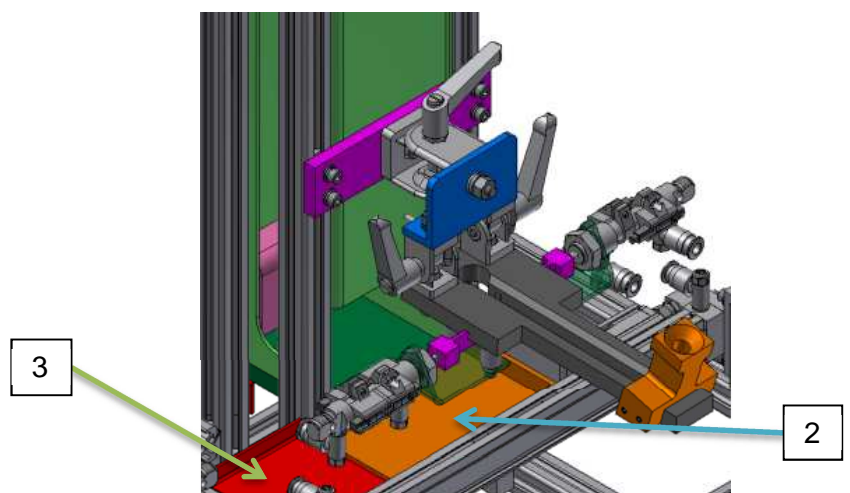


Fig 6.1.3 d : Support pesage

Entre chaque point de fixation du peson avec une autre pièce, il a été placé une entretoise. Sans celle-ci, le peson ne pourrait pas effectuer sa mesure. Le peson va mesurer la déformation entre le côté fixé et le mobile.

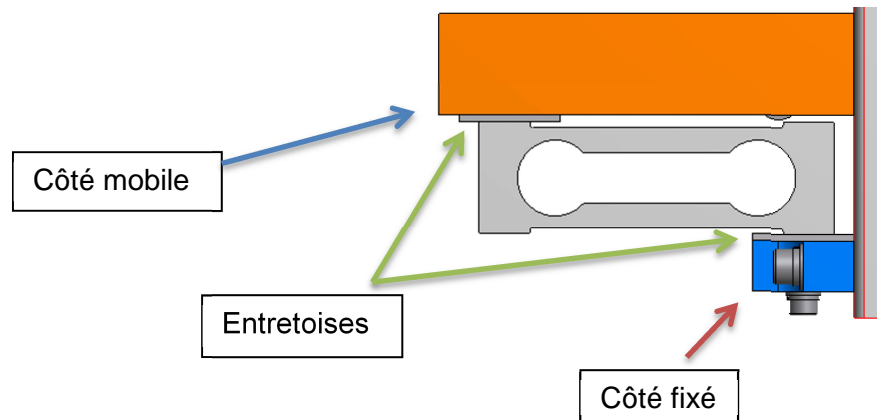


Fig 6.1.3 e: Peson

Le déplacement de la boîte entre le support de pesage et le tapis va se faire à l'aide d'un vérin linéaire sans tige d'une course de 170mm (4). Initialement, dans l'étude de base, il avait été décidé de placer un vérin à tige pour pouvoir pousser la boîte sur le tapis. Cette solution a dû être écarté durant la conception, car le vérin était trop long et dépassait de la station dans la largeur. Donc il a fallu trouver une autre solution et la plus facilement applicable était d'installer ces vérins sans tige. Elle nécessite un plus grand nombre de pièces à usiner, mais présente un grand gain de place. Les vérins des deux magasins sont couplés ensemble à l'aide d'une tôle au centre de la station (5). Celle-ci est constituée de rainures pour permettre d'ajuster l'emplacement du magasin lors du montage. Pour pouvoir tenir le vérin, il y a une pièce en forme de U qui permet de le fixer avec le châssis

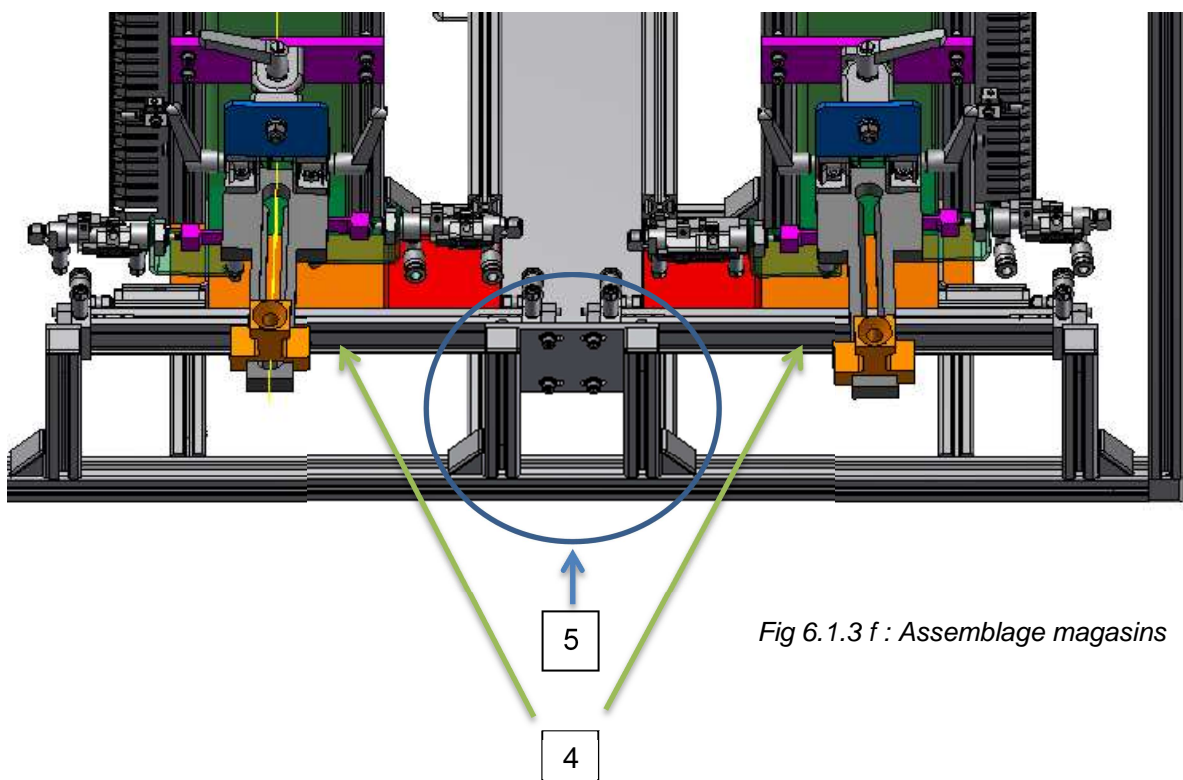


Fig 6.1.3 f : Assemblage magasins

6.1.4 03 : HMI

L'ensemble du HMI est placé du côté gauche dans le sens de la machine. Ce côté a été décidé en discutant avec les autres stations pour pouvoir avoir une homogénéité et éviter que l'opérateur ne doive contourner la machine pour accéder à un panel. L'angle du panel est de 45° par apport à la table. Des tests ont été faits et cet angle est ergonomique.

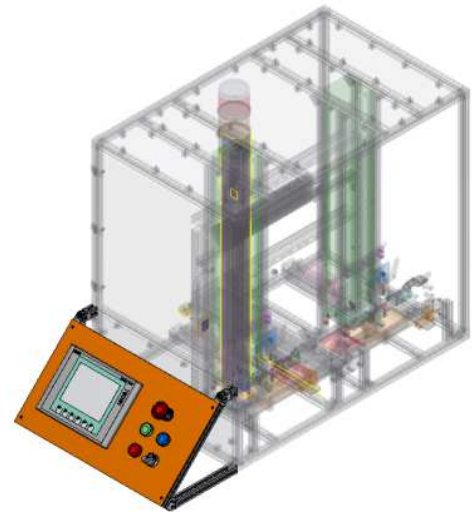


Fig 6.1.4 a : Ensemble + HMI

L'armature du HMI sort de la largeur de la table. Nous avons reçu l'accord des professeurs pour pouvoir faire de cette manière, mais la condition est que l'armature soit rétractable. En effet, pour le stockage de la machine, la largeur de la porte ne permet pas que des éléments dépassent beaucoup.

Pour pouvoir rétracter le châssis du HMI, il est relié avec le châssis de la machine par des rotules. Ce système a l'avantage que lorsque la machine devra être rangée, il suffira de desserrer les rotules (1) à l'aide d'une clef IMBUS et on pourra coller le châssis du HMI contre la maquette.

Toutes les stations se sont également mis d'accord pour l'emplacement des différents boutons poussoirs, de leurs entraxe et de l'emplacement du panel.

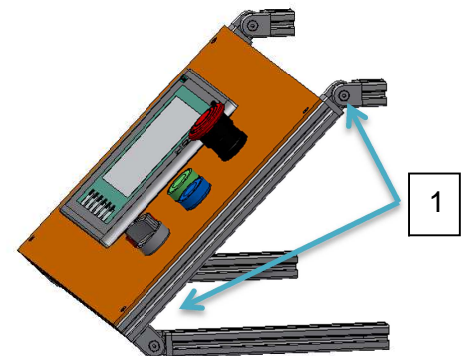


Fig 6.1.4 b : HMI

6.2 Électrique

6.2.1 Alimentation

Pour l'alimentation de la station 3, la tension 230V/AC nous est fournie par les responsables de la station de base sur un bornier nommé -X300. Puis cette tension est amenée sur une alimentation Siemens SITOP 230V/AC-24V/DC 5A en passant par un disjoncteur 6A. Le dimensionnement du disjoncteur s'est fait grâce à la fiche technique de l'alimentation SITOP qui recommandait de la protéger des courants supérieurs à 6A. Suite de quoi, le 24V/DC est séparé en deux pour desservir l'alimentation de la platine (24Vdc-Com) et l'alimentation de la zone de production (24Vdc-Mag). Chaque 24V est protégé par une borne fusible de 4A.

Choix du matériel:

Le choix d'une alimentation 5A a été fait selon le matériel disponible dans la salle de classe et en raison du courant maximum consommé par les éléments, soit 3.9A. En ce qui concerne la protection de la commande, nous avons choisi des fusibles de 4A car chaque 24V/DC consomme légèrement moins de 2A tout en laissant une petite marge en cas de pic de courant.

6.2.2 Sécurité

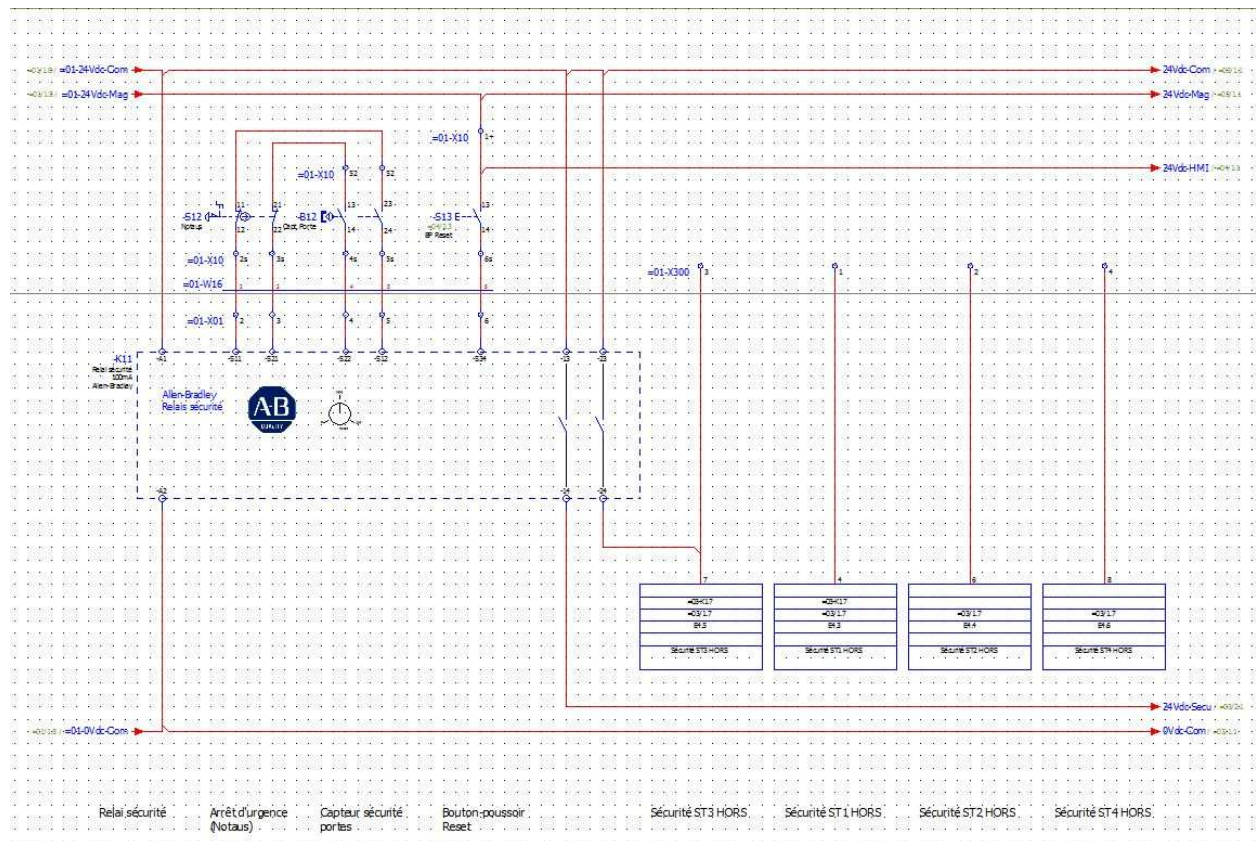


Fig. 6.2.2: Partie sécurité du schéma électrique (Ch. 7 Classeur technique)

Le développement de la sécurité fut un point important et difficile du développement électrique. Selon le cahier des charges, la sécurité devait non seulement fonctionner pour l'ensemble de la machine mais également pour chaque station en mode individuelle. Après de nombreuses heures de recherche pour une solution applicable et après avoir contacté un représentant de la maison Rockwell Automation, maîtrisant la sécurité des machines, nous avons constaté que la meilleure solution à adapter était de mettre un automate de sécurité. Malheureusement cette solution était trop onéreuse et les enseignants l'ont refusée car la programmation des automates de sécurités se fait en 2^{ème} année de l'école technique.

De ce fait, après discussion avec les enseignants, nous nous sommes mis d'accord pour que chaque station aille une sécurité fonctionnelle et adaptée à leurs dangers. Pour le bon fonctionnement de la sécurité en mode production et pour éviter les problèmes rencontrés par nos camarades de 2^{ème} année lors des travaux de semestre de l'année précédente, nous avons décidé que les signaux d'arrêts rapides se feraient par connexions filaires et non par le bus de terrain.

De ce fait, les signaux des relais de sécurité des autres stations nous sont transmis par câbles sur notre bornier –X300 aux bornes 1, 2, et 4, ces dernières étant connectées à des entrées de notre automate (n° des bornes correspondant au n° des stations), et nous transmettons notre signal pour les autres stations sur la borne 3 (Ch.7 du classeur technique, schéma électrique STB).

En ce qui concerne la sécurité de la station 3 (Analyse de risque Ch.7), la boucle de sécurité avec redondance part des bornes –S11 et –S21 du relais de sécurité, passe par le bouton d'arrêt d'urgence puis par le capteur de porte pour retourner sur le relais de sécurité aux bornes –S12 et –S22. Normalement, 2 capteurs de sécurité pour le contrôle de la bonne fermeture des portes devraient être posés sur la station. Mais pour des raisons de budget, seul un capteur sera monté sur l'installation. De ce fait, seul un capteur figure dans le schéma électrique. Pour le réarmement du relais de sécurité, un bouton-poussoir Reset alimente la borne –S34 du relais avec de 24V/DC.

Par le biais d'un des contacts de sécurités, ce système de sécurité nous permet de couper une partie de l'alimentation des cartes de sorties. Ce 24V (24Vdc-sécurité) empêche donc tout mouvement des vérins et du moteur du tapis de sortie. Naturellement, la carte d'API activant la signalisation reste active. Le second contact de sécurité sert à transmettre le signal d'arrêt d'urgence aux autres stations et il est également relié à une entrée de notre automate pour l'affichage d'un message de défaut.

Choix du matériel:

En ce qui concerne le choix des éléments, nous avons utilisé un relais de sécurité Allen-Bradley en raison de sa disponibilité dans la classe. N'ayant pas de capteur de sécurité de porte disponible, et en raison du budget, nous avons fait le choix de rester dans la gamme Rockwell en commandant des capteurs magnétiques de sécurité. Ces derniers étant moins chers que des gâches de sécurités avec verrouillage de porte.

6.2.3 API

Selon les souhaits de notre client (M. Piaget), l'ensemble de la machine travaille avec des automates Siemens S7-300. La communication entre les différentes CPU de la machine se fait avec le bus de terrain Profinet (Ethernet). Chaque CPU étant munie de 2 ports Ethernet, un est connecté à un switch sur la station de base et le second fait la liaison avec le TouchPanel de sa station respective.

Pour notre station, nous avons équipé notre API de 3 cartes de 16 entrées digitales, 2 cartes de 16 sorties digitales et 1 carte de 2 entrées analogiques. Pour essayer de simplifier le câblage et la compréhension du schéma électrique en cas de dépannage, nous avons groupé les fonctions électriques sur



Fig. 6.2.3: CPU Siemens S7-300

chaque octet de carte. Afin de garantir l'arrêt de tous les mouvements en cas d'arrêt d'urgence, la 1^{ère} carte de sortie est alimentée avec le 24Vdc-sécurité.

Choix du matériel:

L'automate programme Siemens S7-300 a été imposé par le client dans le cahier des charges. Seul le nombre de cartes d'entrées et sorties a été défini selon le fonctionnement de la station.

6.2.4 HMI

Pour alimenter électriquement les éléments d'interface homme-machine et les autres composants sur la partie production de la station, un câble 65x0.5mm² relie le bornier –X01 sur la platine électrique au bornier –X10 de la station. Le bornier –X01 est composé de bornes Wago standards à 3 orifices et le bornier –X10 se compose exclusivement de borne Wago à 3 étages (bornes pour capteurs).



Fig. 6.2.4: TouchPanel Siemens

Pour l'alimentation des boutons et du TouchPanel, la tension est prise sur le + de la 1^{ère} borne du bornier –X10. Ce 24V a été nommé 24Vdc-HMI en raison de l'entière alimentation de la plaque supportant tous les boutons poussoirs et l'écran de contrôle. Suite de quoi, les signaux des boutons sont transmis sur les entrées de l'API. L'activation des lumières des boutons et de la colonne lumineuse se fait des sorties de l'automate via le câble 65 pôles.

Choix du matériel:

L'ensemble du matériel présent dans la fonction HMI a été sélectionné selon leurs disponibilités dans la salle d'enseignement à l'exception du câble 65x0.5mm² qui nous permet de relier en un minimum de toron la partie commande avec la partie de production.

6.2.5 Convoyeurs vis

La fonction convoyeurs vis est répartie en 4 pages dans le schéma électrique:

- **Convoyeur vis gauche:** Sur cette page du schéma est traitée l'activation des 2 vérins de temporisation, les signaux des capteurs de position des vérins (ouvert ou fermé) et le signal de présence de vis sur le convoyeur.
- **Pesage vis gauche:** Sur cette page figure le peson et l'électronique de pesage pour le dosage du contenu des boîtes. Afin de garantir la précision du signal analogique entre le peson et le module de conversion, un câble blindé 6 pôles est utilisé. Le câble du peson est muni de 5 fils, 2 fils servent à l'alimentation de l'élément, 2 sont utilisés pour le transfert des signaux analogiques et un sert de blindage. Ce câble ne mesure que 1.5m. Ce câble doit être prolongé pour atteindre le module de conversion.

Selon les recommandations du représentant de HBM (fournisseur du système de pesage), pour prolonger ce câble en évitant les erreurs de mesures, nous nous devons d'utiliser le câble 6 pôles blindé cité précédemment. Les 2 fils supplémentaires seront connectés aux bornes 3 et 7 du module de conversion. Ces bornes servent à amplifier la tension d'alimentation du peson et à éliminer les chutes de tension subies lors de transferts avec un câble 4 pôles standard. La connexion entre les 2 câbles se fait avec un connecteur spécial, fourni par HBM.

Les signaux analogiques convertis par le module HBM sont ensuite transmis sur une des 2 entrées analogiques.

Suite à notre manque d'expérience dans le domaine du pesage, des modifications du schéma électrique auront éventuellement lieu si le fonctionnement de cette partie de la station n'est pas fonctionnel.



Fig. 6.2.5: Peson HBM

- **Convoyeur vis droite:** Le fonctionnement des éléments de cette page est similaire à la page convoyeur vis gauche.
- **Pesage vis droite:** Le fonctionnement des éléments de cette page est similaire à la page pesage vis gauche.

Choix du matériel:

Après avoir fait de nombreuses recherches sur internet pour connaître le fonctionnement des systèmes de pesages et de leurs matériels, nous avons pris la décision de contacter l'entreprise HBM (entreprise locale) qui est spécialisée dans la vente de système de pesage. Un représentant est venu dans notre école est nous a conseillé sur les éléments à commander pour réaliser notre projet. Cet ensemble se compose d'un peson (système à jauge de contrainte) et d'un module de conversion analogique.

6.2.6 Transferts boîtes

La fonction transferts boîtes est répartie en 4 pages: sortie magasin gauche, transfert balance-tapis gauche, sortie magasin droite, transfert balance-tapis droite. Les pages traitant la partie gauche et la partie droite étant similaires, seul le fonctionnement général des pages est expliqué ci-dessous.

- **Sortie magasin:** Un vérin permet de sortir les boîtes du magasin. Ce vérin est, en position initiale, rentré. Le vérin dispose de 2 capteurs inductifs pour connaître sa position (sorti ou rentré). Un capteur de présence situé sur le magasin permet d'informer l'opérateur que le magasin est vide.
Lors du fonctionnement de la station, les boîtes ne pourront être sorties du magasin que si la boîte présente sur la balance a été transférée sur le tapis de sortie et que le vérin de transfert soit revenu en position initiale.
- **Transfert balance-tapis:** Sur les pages de transferts des boîtes figure les capteurs de position des vérins et les bobines des distributeurs. Les vérins utilisés pour faire le transfert sont des vérins linéaires et leur position de repos est lorsque le piston est placé du côté de la balance.
Le transfert des boîtes se fait uniquement lorsque la boîte a atteint le poids désiré.

Choix du matériel:

Les capteurs de position, les capteurs de présence ainsi que les distributeurs pneumatiques ont été choisis selon les stocks disponibles de la salle de classe. Cependant, l'utilisation de distributeurs bistables a été préférée au monostable pour simplifier la programmation de l'installation en cas d'arrêt d'urgence.

6.2.7 Sortie station

La fonction qui gère la sortie des boîtes de la station est composée d'un tapis roulant, d'un capteur de présence indiquant au système que la boîte est sortie du transfert, d'une tête de lecture RFID et d'un capteur permettant d'arrêter le tapis si les boîtes venaient à s'accumuler à la sortie de notre station.

Le tapis de sortie des boîtes fonctionne en continu sauf en cas de bourrage des boîtes à la sortie de la station et en cas d'arrêt d'urgence. Le moteur actionnant le tapis est directement activé par une sortie de l'API car ce dernier ne consomme que 80mA et une sortie d'automate peut fournir jusqu'à 500mA. Nous n'avons donc pas eu besoin de passer par un relais pour son fonctionnement.

La tête de lecture RFID sert à imprimer, sur une puce RFID supportée par chaque boîte, une valeur qui représentera le type et le nombre de vis contenue par cette dernière. L'échange de données entre la puce et l'automate se fait via un interface RFID de la marque Siemens. Les valeurs du contenu des boîtes sont transmises de l'API à l'interface RFID par le bus Ethernet.

Cependant, nos connaissances en automation étant encore trop faibles à ce stade de la formation, des modifications du schéma électrique devront peut-être être entreprises au niveau du RFID et éventuellement d'autres parties de la commande. Ces éventuelles modifications seront faites durant le second semestre.



Fig. 6.2.7: Tête de lecture RFID

Choix du matériel:

L'utilisation du système RFID Siemens nous a été imposée par M. Piaget (client) pour permettre le traçage des boîtes sortant de la station 3. Quant au moteur Premotec, nous l'avons préféré à d'autre car, non seulement il était disponible dans le stock de la classe, mais également parce qu'il ne consomme que 80mA. De ce fait, nous ne sommes pas obligés d'utiliser un relais ou une carte de sortie d'automate à libre potentiel.

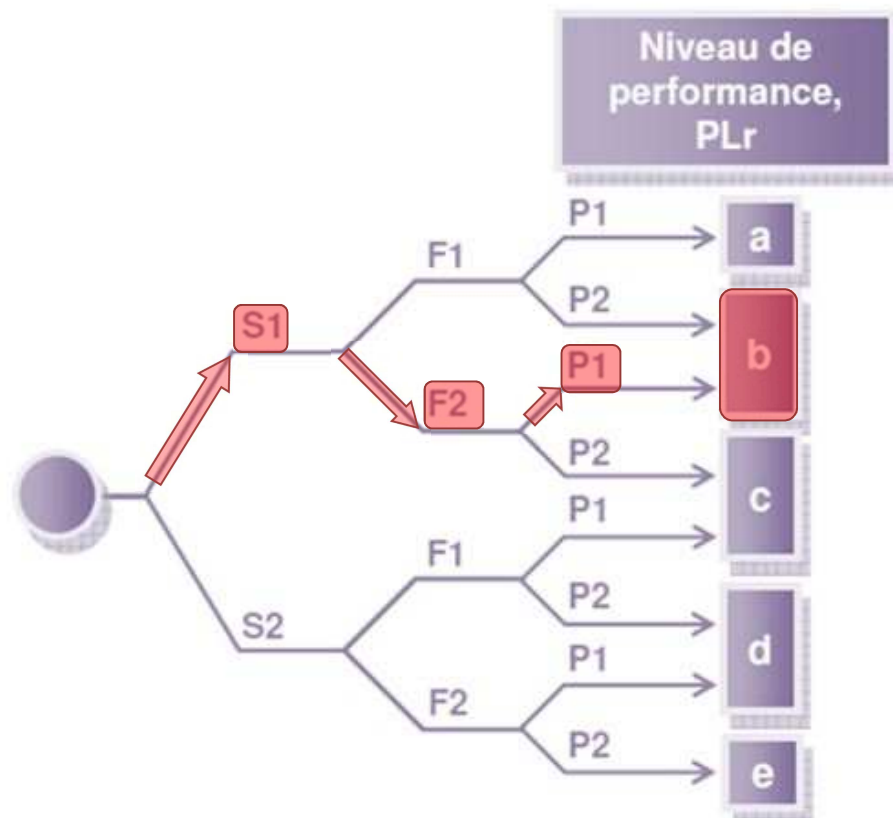
6.2.8 Pneumatique

Dans cette fonction figure le schéma de raccordement des tuyaux pneumatique de l'entrée de la station jusqu'aux vérins. L'air nous est fourni par la station de base avec des tuyaux de 6mm de diamètre. Afin de garantir suffisamment de débit et de pression dans les vérins de la station 3, nous avons pris la décision de faire tous les raccordements avec des tuyaux de 6mm de diamètre.

7 Analyse de risque

Dès que le fonctionnement de la station 3 a été validé, nous avons directement fait une analyse de risque selon le tableau de niveau de performance PLr pour évaluer les risques de blessure.

Analyse du risque suivant la norme EN ISO 13849-1:



Paramètres de risques:

S Gravité de la blessure

S1 légère (blessure généralement réversible)

S2 grave (blessure généralement irréversible, décès inclus)

F Fréquence et/ou durée de l'exposition aux risques

F1 rare à peu fréquente et/ou la durée d'exposition aux risques est courte

F2 fréquente à permanente et/ou la durée d'exposition aux risques est longue

P Possibilité de prévenir les risques ou de limiter les dégâts




P1 possible sous certaines conditions

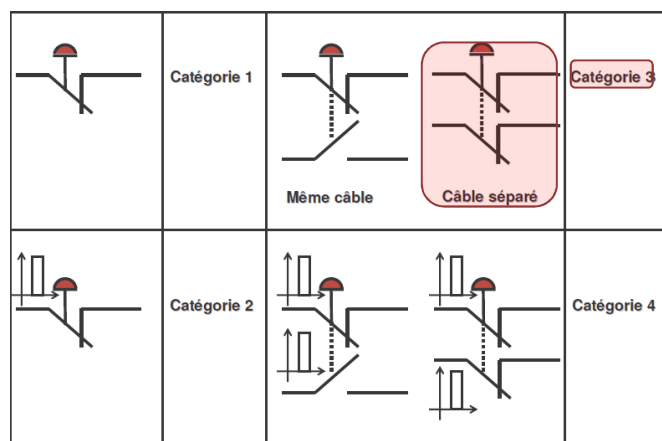
P2 quasiment impossible

Le niveau de performance à atteindre est le "b".

Performance level	a	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	b	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	c	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	d	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	e	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	Designated architecture Cat B DC _{avg} <60%	Designated architecture Cat 1 DC _{avg} <60%	Designated architecture Cat 2 DC _{avg} 60%to<90%	Designated architecture Cat 2 DC _{avg} 90%to<99%	Designated architecture Cat 3 DC _{avg} 60%to<90%	Designated architecture Cat 3 DC _{avg} 90%to<99%	Designated architecture Cat 4 DC _{avg} 99%

Key

	MTTF _d of each channel = from 3 years to <10 years
	MTTF _d of each channel = from 10 years to <30 years
	MTTF _d of each channel = from 30 years to <100 years



Pendant, afin d'éviter des frais supplémentaires, nous avons pris la décision d'assurer la sécurité de la station 3 en catégorie 3. Cette décision est principalement dû au matériel de sécurité, classé catégorie 3, disponible dans la salle d'enseignement.

7.1 Choix

Sur la station 3, les risques de blessure sont peu importants et réversibles. Le risque le plus grave est le pincement d'un doigt. En effet, le seul moyen de se blesser est d'être en contact volontairement avec un vérin durant son mouvement. **Choix; S1**

La durée d'exposition au danger est courte mais fréquente. En effet, les vérins et le tapis de sortie étant continuellement en mouvement, il est facile de se coincer un doigt dans un des éléments. **Choix; F2.**

Les moyens pouvant limiter les risques sont nombreux. Le moyen que nous avons choisi d'appliquer est de mettre des vitres en PMMA avec des capteurs sur les portes de la station afin d'interrompre tous mouvements si l'une d'elles venait à être ouverte. **Choix; P1**

7.2 Mise en œuvre

Selon les normes sur la sécurité machine, pour garantir un niveau de performance "b" en catégorie 3, le calcul de temps moyen entre 2 défaillances dangereuses dans la boucle de sécurité (MTTF_d) ainsi que le calcul de couverture de diagnostic (DC) doit être fait.

Le bouton d'arrêt d'urgence a, selon plusieurs sources internet, un MTTF_d de 1250ans et la fiche technique du capteur magnétique de sécurité de porte a un MTTF_d de 385ans.

Les calculs sont réalisés avec les formules suivantes (selon norme EN ISO 13849-1) :

$$MTTF_{d\ total} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d\ 1}} + \frac{1}{MTTF_{d\ 2}}} = \frac{1}{\frac{1}{1250} + \frac{1}{385}} = 294ans$$

$$DC_{moy} = 1 - \frac{n2 - 1}{n1 + 5} = 1 - \frac{385 - 1}{1250 + 5} = 0.69 \rightarrow 69\%$$

Ce calcul nous confirme donc que la sécurité de la station 3 se situe bien dans le niveau de performance "b" et en catégorie 3.

Structure (Catégorie), Fiabilité (MTTF_d) et Diagnostics (DC)

Performance level	a	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	b	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	c	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	d	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	e	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED	NOT COVERED
	Designated architecture Cat B DC _{avg} <60%	Designated architecture Cat 1 DC _{avg} <60%	Designated architecture Cat 2 DC _{avg} 60%to<90%	Designated architecture Cat 2 DC _{avg} 90%to<99%	Designated architecture Cat 3 DC _{avg} 60%to<90%	Designated architecture Cat 3 DC _{avg} 90%to<99%	Designated architecture Cat 4 DC _{avg} 99%

Key

- MTTF_d of each channel = from 3 years to <10 years
- MTTF_d of each channel = from 10 years to <30 years
- MTTF_d of each channel = from 30 years to <100 years

8 Bilans personnels

8.1 Nils Bardet

Pour le travail de semestre, la première difficulté était de se trouver un coéquipier. En effet, je ne pensais pas faire ce travail avec Sébastien Scararmucci, car un de mes anciens collègues d'apprentissage effectue la même formation que moi. Nous avons déjà été amenés à travailler ensemble, c'est pourquoi nous avons tout avantage à effectuer ce projet ensemble. Mais les professeurs nous ont imposés d'avoir un collègue ayant fait son apprentissage en entreprise et faisant partie du 2^{ème} demi groupe. Alors, il a fallu trouver quelqu'un qui remplissait ces conditions, avec qui j'avais le plus de chance d'avoir une bonne entente, et qui avait des qualifications là où j'ai des lacunes.

C'est avec ces critères que nous nous mutuellement choisis avec M. Scararmucci. J'ai étudié la conception mécanique en apprentissage et je connaissais déjà le logiciel Autodesk Inventor. Alors que lui avait envie de s'occuper de la partie électrique et de préparer les listes de pièces. De plus, j'ai de la peine en schéma électrique. C'est pourquoi nous avons décidés de nous partager le travail de cette façon.

Lors de la lecture du cahier des charges, j'ai su que ce projet allait nous prendre beaucoup de temps et était loin d'être facile. Mais je ne pensais pas que la masse de travail allait être telle dans le labs de temps imparti. De plus, les travaux de validations de module nous demandent beaucoup trop de travail en dehors des cours. Il ne nous restait pas beaucoup de temps pour nous permettre d'avancer sur notre travail de semestre et donc j'ai dû limiter certaines parties de ma conception pour pouvoir finir dans les délais impartis.

J'aurais dû passer plus de temps segmenter ma machine en plusieurs parties distinctes et faire des dossiers pour pouvoir enregistrer mes pièces et mes ensembles à la bonne place. J'ai perdu du temps à réorganiser cela et à renommer mes pièces pour pouvoir avoir une continuité. J'ai fait le maximum de la partie du projet qui m'a été confié, mais je n'ai pas pu figoler les derniers détails dans la liste de pièce pour les petites pièces comme les écrous ITEM. Toutefois, sauf ces petits détails, la maquette est fonctionnelle.

J'ai beaucoup approfondi mes connaissances dans la conception mécanique et ai pris à gérer un projet d'une certaine taille comme celui-ci. De plus, le travail en binôme est extrêmement positif. Cela est également dû à notre très bonne entente avec M. Scararmucci. Ayant effectués mon apprentissage en école, nous avons toujours été très suivis et coacher de près. C'est pourquoi, ce projet où nous devons nous autogérer est très intéressant.

8.2 Sébastien Scaramucci

Le projet de semestre T1311_TriVis m'a permis de faire "connaissance" avec le métier de technicien et m'a également permis d'apprendre énormément de chose nouvelle choses pour ainsi approfondir mon expérience dans le domaine notamment dans l'organisation du travail. En effet, à cause des travaux de module, dont nous ne connaissons ni la durée ni la quantité de travail à faire, il a été très difficile de planifier correctement les échéances et les travaux à exécuter pour le travail de semestre. De ce fait, nous avons pris un léger retard et avons oublié de traiter certains points durant le temps planifié. Ce retard a toutefois été rattrapé durant les 3 dernières semaines de travail lors de l'étape "Analyser" de la méthode des 6 pas.

Cependant, j'ai beaucoup apprécié faire ce travail. La collaboration avec M. Bardet et les autres membres du projet T1311_TriVis a été excellente et nous avons ainsi pu échanger nos différentes expériences faites durant notre formation d'automaticien. Ce travail m'a également permis d'approfondir les connaissances acquises durant les modules du 1^{er} semestre et c'est avec plaisir que je me réjouis de faire la seconde partie du projet!

9 Conclusion

Le 20 septembre 2013, le travail du 1^{er} semestre de notre formation de technicien ES en systèmes industriels nous a été distribué. Ce travail résulte en l'étude et le développement d'une machine permettant de trier différents types de vis. Dès la réception du cahier des charges, nous avons vite constaté qu'un travail de titan nous attendait. Afin de ne pas perdre de temps, nous avons immédiatement adopté le comportement requis par la méthode des 6 pas. Nous avons donc commencé par nous renseigner sur les souhaits et désirs du client. Suites de ça, nous avons planifié les dates où les différentes étapes du développement devront être terminées. Cette étape terminée, nous avons dû choisir et décidé comment et avec quels moyens notre station allait fonctionner. Après avoir pesé le pour et le contre de chaque idée, nous avons validé un choix de fonctionnement pour chaque partie de la station et nous avons alors pu commencer à réaliser le projet. Avec un léger retarde sur le planning, nous avons analysé les pièces et fonction dont nous pensions que le fonctionnement pourrait être fructueux. Nous avons donc amélioré, dans les limites du possible, les parties sensibles et avons pris note d'éventuelles autres zones qui mériteraient une amélioration durant le second semestre.

En conclusion, ce travail a été fait avec acharnement afin de livrer au client une machine fiable et fonctionnelle.

CPNV Yverdon-les-Bains, le 20.12.2013

Scaramucci Sébastien

Bardet Nils



10 Références

Datasheet:

- Site Rockwell Automation (Éléments de sécurité)
- Site internet Baumer (Capteurs)
- Site internet Festo (Vérins, distributeurs)
- Site internet HBM (Système pesage)
- Site internet Premotec (Moteur tapis sortie)
- Site internet Siemens (API, Panel, RFID)

Analyse de risque:

- Site internet Schneider
- Livre SAFEBOOK 4 Allen-Bradley
- Analyse de risque Scie Sbrinz (travail de stage 2011, Vincent Johner)

Images:

- Fig.3.1: <http://fr.dreamstime.com/image-libre-de-droits-homme-de-cible-image17874746>
- Fig.4.1: W:\ETM12\B_YA-T1\00_Informations\06_Gestion de projet
- Fig.4.3: <http://www.blogapares.com/tag/repartition-des-richesses/>
- Fig. 6.2.3: <http://www.direct-industrial.com/siemens-simatic-s7-300-919-c.asp>
- Fig. 6.2.4: <http://www.conrad.com/ce/en/product/197869/>
- Fig. 6.2.4: <http://www.weightech.com.br/detalhes.asp?id=100696&n=PW4C3>
- Fig.6.2.7: http://www.parmley-graham.co.uk/image/cache/data/P_FS10_XX_00815i-500x500.jpg
- Images Ch. Analyse de risque: Analyse de risque Scie Sbrinz (travail de stage 2011, Vincent Johner)
- Image conclusion: <http://home.scarlet.be/spb34472/Premier%20mai.htm>