

# **Développement d'un protocole de communication entre un profilomètre laser 2D haute cadence et un PLC, et d'algorithmes d'acquisition de données associés, dans le cadre du développement de machines d'inspections de médicaments en ligne et à haute cadence.**

Ing. N. SAUVAGE<sup>1</sup>  
Dr J-B. COULAUD<sup>1</sup>  
Ir F. VANDENBROUCKE<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>HELHa – Mons  
<sup>2</sup>Pharma Technology SA – Nivelles

*L'objectif de ce projet est de remplacer et d'améliorer le système d'acquisition de données présent dans les machines CU-120 fabriquées par l'entreprise Pharma Technology SA.*

*Ces remplacement et amélioration se font à l'aide du remplacement du capteur déjà mis en place à l'heure actuelle par Pharma Technology SA ainsi que de la conception d'un code informatique permettant de l'acquisition de données le plus rapidement possible.*

*Mots-clefs : API, Capteurs, Haute-Vitesse, Data, Profilomètre laser*

*The objective of this project is to replace and improve the data acquisition system present in the CU-120 machines manufactured by the company Pharma Technology SA.*

*This update and improvement are done using the replacement of the sensor already implemented by Pharma Technology SA as well as the design of a software code allowing the acquisition of data as quickly as possible.*

*Keywords : PLC ,Sensors, High-Speed, Data, Laser Profiler*

## 1. Introduction

L'objectif du projet est d'améliorer et de remplacer le système d'acquisition de profils de produits pharmaceutiques utilisé par la machine CU-120 développée par la division 'Q-Control' (Département en charge du développement des machines d'inspection en ligne au sein de Pharma Technology SA).



Figure 1: Machine CU-120<sup>1</sup>

L'atout majeur de cette machine provient du fait qu'elle permet de scanner la totalité des comprimés sortant de la ligne de production d'une entreprise. À l'heure actuelle, l'industrie pharmaceutique fonctionne essentiellement par lot et la détermination de la qualité d'un lot de fabrication se fait par échantillonnage d'une portion infime du lot. Si les tests effectués sur l'échantillon ne sont pas satisfaisants, c'est l'entièreté du lot qui est déclassée.

En scannant chaque produit, la machine permet de retirer directement les comprimés ne répondant pas aux normes de fabrication (défauts de forme, de taille ...) et donc d'engendrer une économie de temps et d'argent.

Le module permettant de scanner le profil de chaque produit est composé d'un profilomètre de la marque Keyence ainsi que d'un automate programmable industriel de la marque B&R.

Grâce aux améliorations apportées, la nouvelle machine :

- sera plus flexible que ses précédentes versions en termes d'encombrement mécanique, car le volume occupé par le capteur sera réduit ;

---

<sup>1</sup> En ligne : <https://pharmatec.be/products/cu-120-100-content-uniformity/>

- permettra de diminuer le nombre de capteurs requis en passant de 3 à 1 capteur ;
- permettra de diminuer le cout de revient du bloc composé du profilomètre et de l'automate programmable ;
- ne modifiera pas le nombre de comprimés traités par heure et ne diminuera donc pas la performance de la machine (120.000 comprimés par heure)

## 2. Objectifs du projet

Le premier défi de ce projet consiste à faire dialoguer le profilomètre optique avec un automate programmable de type B&R APC 910.

Le second est de récolter des profils 2D des produits sous forme d'un vecteur de mesures (un vecteur contenant la valeur de la hauteur du comprimé en différents points) à une fréquence minimum de 15625 Hz, c'est-à-dire à chaque intervalle d'au plus 64  $\mu$ s afin de permettre le traitement de 120.000 tablettes par heure. Un algorithme programmé en langage C doit être créé afin de ressortir les informations importantes de chacun des profils reçus (hauteur maximale du profil et ordonnée de 2 pixels prédéfinis). Le langage C a été préféré, car il permet une exécution des scripts rapides et flexibles.

Afin de mener à bien ces différents objectifs, il est alors nécessaire de diviser le projet en plusieurs étapes de manière à savoir structurer le travail à effectuer :

- Comprendre le fonctionnement du profilomètre
- Se former aux méthodes de programmation présentes chez Pharma Technology SA
- Apprendre la programmation à l'aide d'un automate B&R
- Réaliser une communication à l'aide du protocole TCP-IP entre le profilomètre et l'automate
- Créer un fichier CSV

Une recherche documentaire a été effectuée pour le fonctionnement du profilomètre ainsi que la réalisation de la communication TCP-IP et la création d'un fichier CSV à partir des bibliothèques utilisables par les automates B&R.

## 3. Matériel utilisé

Le bloc de la première génération de la machine CU-120 est composé de 3 capteurs :

- 2 capteurs Keyence LK-G32;
- 1 Laser Line Sensor de la marque Sensor Instruments.

Le but du projet est de remplacer ces 3 capteurs par un seul profilomètre de la marque Keyence composé d'un contrôleur LJ-X8000A et d'une tête de capteur LJ-V7060.

Ce capteur devra évidemment fournir les mêmes informations que les 3 capteurs fournissent actuellement.

Le capteur utilisé est un capteur Keyence décomposé en deux parties, la tête et le contrôleur.

La tête du capteur est une LJ-V7060.



Figure 2: Tête de capteur LJ-V7060<sup>2</sup>

Le contrôleur est un LJ-X8000A.



Figure 3: Contrôleur LJ-X8000A<sup>3</sup>

Le couplage entre ce contrôleur et la tête de capteur permet d'obtenir une fréquence de déclenchement maximale de 64 kHz (un déclenchement toutes les 16  $\mu$ s).

---

<sup>2</sup> En ligne : <https://www.keyence.eu/frfr/products/measure/laser-2d/lj-v/models/lj-v7060/>

<sup>3</sup> En ligne : <https://www.keyence.fr/products/measure/laser-2d/lj-x8000/models/lj-x8000a/>

Le PC utilisé permet de modifier très facilement les paramètres internes du profilomètre, il nous donne aussi l'opportunité de visualiser directement les profils captés par le profilomètre via le logiciel fourni par Keyence.

En visualisant ces profils, nous serons aptes à valider ou non les profils reçus via le PLC, si les profils présents dans l'application PC correspondent en tout point à ceux reçus à l'aide du PLC, alors nous pourrons les valider.

La programmation de l'automate programmable se fait aussi à l'aide du PC.

## 4. Programmation et analyse des données

### 4.1. Objectifs du programme

Le programme créé tout au long de ce projet doit se comporter comme le bloc de fonction décrit ci-dessous :

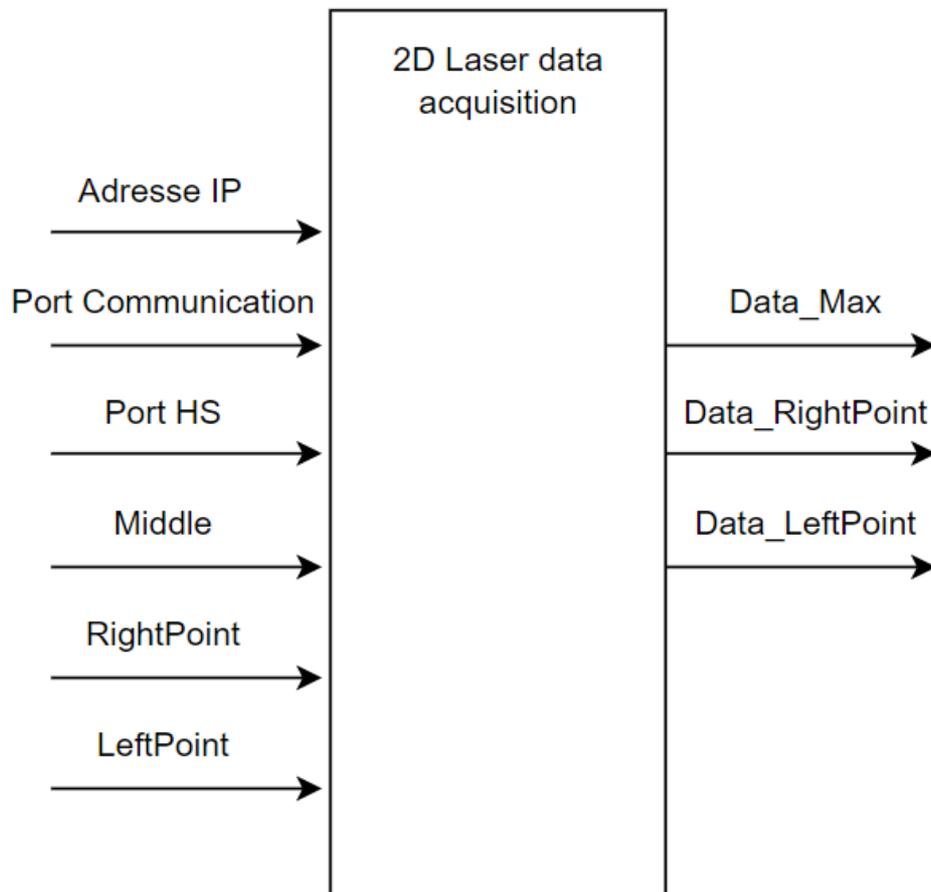


Figure 4: Bloc de fonction du programme

Les entrées Adresse IP, Port Communication et Port HS sont uniquement destinés à initier la communication entre le PLC et le contrôleur.

La sortie Data\_Max correspond à la hauteur maximale de chaque profil et est reliée à l'entrée Middle.

Les sorties Data\_RightPoint et DataLeftPoint sont directement reliées aux entrées RightPoint et LeftPoint.

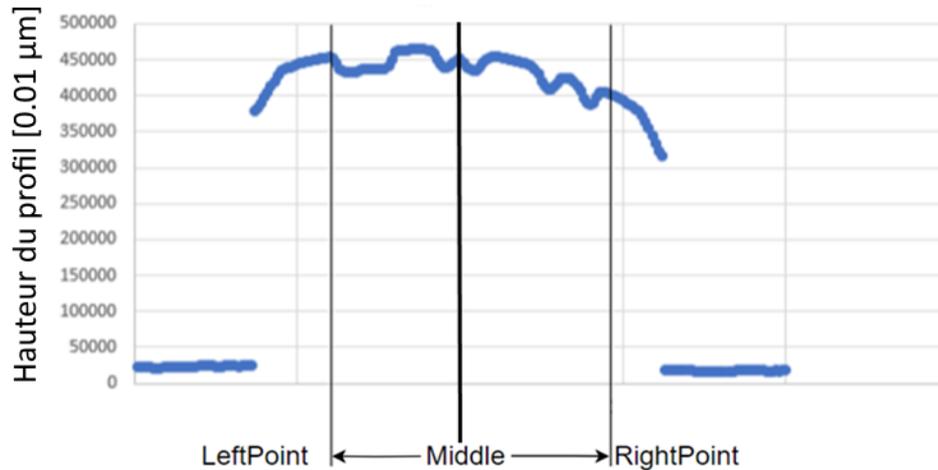


Figure 5: Visualisation d'un profil

L'utilisateur peut entrer une valeur Middle qu'il considère comme étant le milieu de son profil (cf. Fig.5).

Il peut aussi entrer une valeur LeftPoint ainsi qu'une valeur RightPoint, ces deux valeurs correspondent à la distance entre le point Middle et nos deux autres points pour lesquels nous allons aller chercher les valeurs de hauteur du profil. Ces deux autres points sont donc deux points que l'utilisateur peut choisir à sa guise afin de pouvoir vérifier que le comprimé est conforme.

Nous allons ensuite stocker des valeurs de hauteur prises aux deux endroits différents dans Data\_RightPoint et Data\_LeftPoint.

Cette nouvelle méthode de prise de données permet en fait de remplacer et d'améliorer le système déjà présent dans les machines. Le profilomètre renvoie les mêmes caractéristiques que les capteurs déjà présents tout en ajoutant une flexibilité dans la prise de mesure des points. L'abscisse à laquelle les points vont être pris est directement modifiable dans le programme sans devoir effectuer des modifications physiques sur la position des capteurs comme à l'heure actuelle.

## 4.2. Programmation du protocole de communication.

La programmation du protocole de communication est la première étape de ce projet, en effet, avant de pouvoir démarrer l'analyse des profils et les différentes commandes à envoyer, il est nécessaire d'ouvrir une communication avec l'automate.

Dans notre cas, c'est le protocole TCP qui est utilisé pour établir une connexion entre l'automate programmable et le profilomètre. Un diagramme illustrant le principe de ce protocole est directement présent dans l'aide d'automation studio (logiciel permettant la programmation des automates B&R).

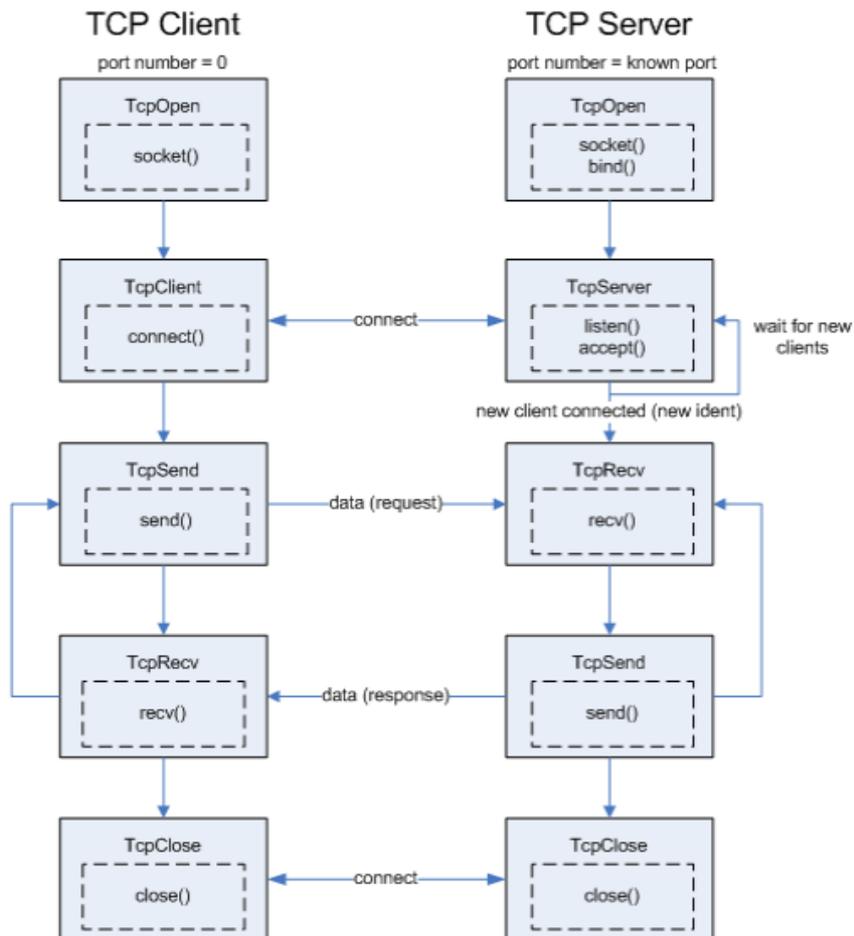


Figure 6: Fonctionnement du protocole TCP/IP

Dans notre cas, l'automate programmable correspond au client tandis que le capteur est le serveur.

Les noms des fonctions sont indiqués directement sur le schéma ci-dessus (TcpOpen, TcpClient, ...), toutes ces fonctions sont présentes dans la bibliothèque AsTCp présente dans Automation Studio.

C'est donc la partie Client qui doit être codée dans Automation Studio.

La fonction TcpOpen permet de libérer un port et de lui associer un identifiant afin de commencer la communication TCP.

La fonction TcpClient permet d'établir la connexion entre le client et le serveur, pour cela, il est nécessaire de connaître l'adresse IP et les ports de connexion du profilomètre. Tous ces paramètres sont accessibles et modifiables via le programme type fourni par Keyence (LJ-X Navigator).

La fonction TcpSend permet d'envoyer les messages que l'utilisateur désire faire lire au serveur.

La fonction TcpRecv permet de recevoir les réponses aux commandes envoyées par le client.

La fonction Close permet de clôturer la communication et de fermer le port de communication côté client.

### 4.3. Programmation du protocole de communication à haute vitesse.

Maintenant qu'une connexion a été effectuée entre l'automate et le capteur et que nous connaissons la structure des commandes et réponses à envoyer et recevoir grâce à la connexion réalisée au point précédent, nous pouvons créer une communication à haute vitesse.

Cette communication à haute vitesse est un type particulier de communication, le capteur va envoyer continuellement des mesures de profils via cette communication à l'automate.

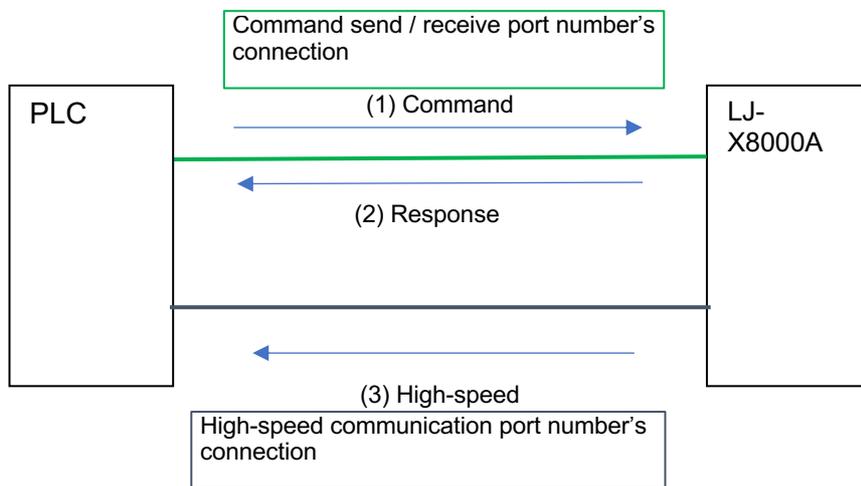


Figure 7: Détail des communications entre le PLC et le profilomètre

Il existe alors deux connexions entre le PLC et le capteur, la première étant la connexion permettant l'envoi de commandes et la réception de réponses entre le PLC et le capteur qui est la première connexion à établir afin de pouvoir établir la seconde connexion par la suite.

La deuxième connexion est dédiée à la communication haute vitesse servant à l'envoi des profils de la part du capteur

Il est important de noter que les ports de connexion doivent être différents pour les deux canaux.

#### 4.4. Analyse des données

Une fois que la communication haute vitesse est établie, nous obtenons les données correspondant aux profils souhaités.

Afin de simplifier leur acquisition et interprétation, nous allons analyser les données reçues dans notre PLC afin de pouvoir les traiter facilement dans Excel.

Plusieurs étapes sont déterminantes dans l'analyse des profils, il faut savoir :

- quelle taille a un profil ?
- comment commence un profil ?
- comment se finit un profil ?
- regrouper les informations présentes dans un profil afin d'en extraire les données voulues.

En analysant les données reçues via le PLC dans Excel, on observe assez vite un motif qui nous indique comment commence un profil :

82000000 8c4a7e08 00000000 9a0f5006 6914180a 00000000 c008b08b

Chaque profil commence par une trame de ce type avec 82000000, 00000000, 00000000 étant des motifs se répétant de profil en profil, ce motif correspond donc à un motif présent à chaque début de profil. Une fois que le début de chaque profil est identifié, il faut alors déterminer la taille des profils envoyés par le capteur, pour ce faire, il suffit de vérifier à quelle intervalle le motif de début de profil se répète. Dans la configuration actuelle du capteur, la taille d'un profil est de 528 bytes. Maintenant qu'il est possible d'identifier le début d'un profil ainsi que son entièreté grâce à sa taille, il faut analyser les données présentes afin d'en extraire les différents points voulus.

Pour ce faire, nous regroupons les bits reçus par groupe de 20 bits, et en mettant les valeurs obtenues sous forme visuelle, on obtient un résultat comme le suivant :

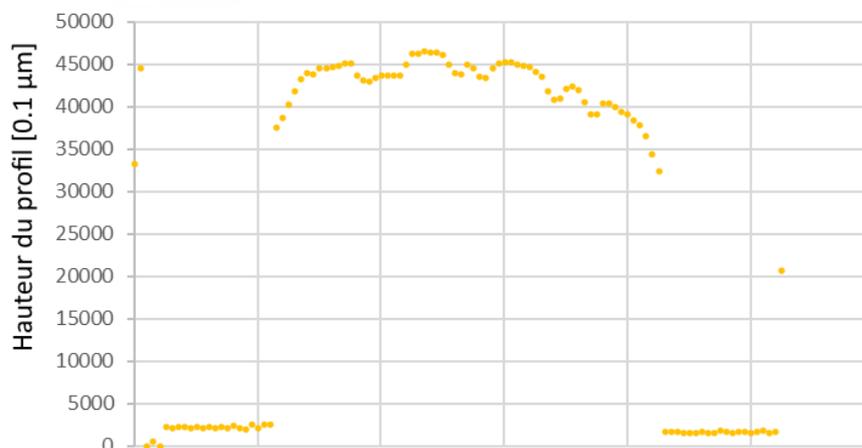


Figure 8: Représentation d'un profil sur Excel

#### 4.5. Création d'un csv.

Afin de pouvoir manipuler facilement les données reçues dans le PLC, un fichier csv doit être créé. Ce fichier sera enregistré *via* un recorder, c'est-à-dire que les données commenceront à être enregistrées lorsque l'utilisateur le demandera et s'arrêteront de s'enregistrer lorsque la taille du fichier comprenant les données enregistrées dépassera une certaine valeur. Le fichier sera directement présent dans la mémoire du PLC et sera accessible par un autre PC *via* une solution FTP (File transfert protocol) telle que FileZilla.

La création d'un tel fichier csv se divise en 3 étapes, tout d'abord la mémorisation des données enregistrées après le lancement du recorder dans un Buffer.

Par la suite, ces données sont enregistrées dans un fichier binaire.

Les données présentes dans le fichier binaire sont finalement exportées sous forme d'un fichier csv.

L'écriture dans le fichier binaire s'effectue en 3 étapes, il doit d'abord être ouvert (Open), ensuite le programme écrit (Write) dans le fichier binaire et finit par fermer (Close) le fichier.

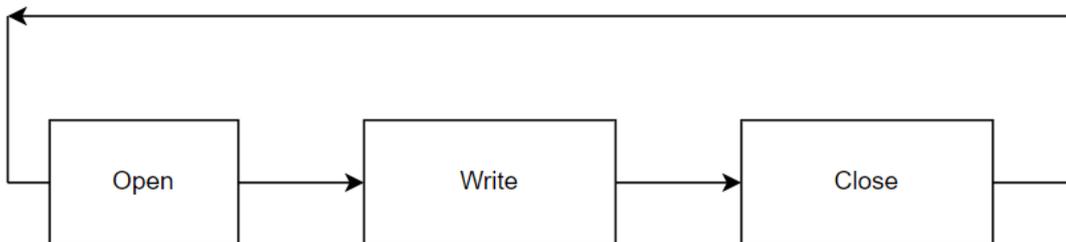


Figure 9: Écriture dans le fichier binaire

Chacune des étapes est programmée dans un cas de figure différent afin de simplifier la lecture du code.

Un ErrorCode différent est présent dans chaque cas de figure afin de visualiser où se situe les erreurs potentielles lors de l'écriture du fichier binaire.

Maintenant que le fichier binaire est rempli, il faut exporter les données présentes dans ce fichier binaire dans le fichier csv.

Au lancement de cette fonction, nous allons créer un fichier CSV, si un fichier CSV du même nom est déjà présent dans la mémoire interne du PLC, alors nous allons le supprimer et le recréer.

Une fois le fichier CSV correctement créé (Create CSV + Open CSV), nous allons ouvrir le fichier binaire (Open Bin) créé précédemment et lire les valeurs présentes

dans le fichier binaire (Read Bin). Nous allons stocker toutes ces données dans le tableau DataW.

Nous allons ensuite écrire ces valeurs dans notre fichier CSV (Write CSV) jusqu'à ce que l'entièreté du fichier binaire ait été retranscrite dans le fichier csv.

Une fois que le fichier CSV est entièrement fini, nous fermons le fichier CSV (Close CSV) et fermons ensuite le fichier binaire (Close Bin).

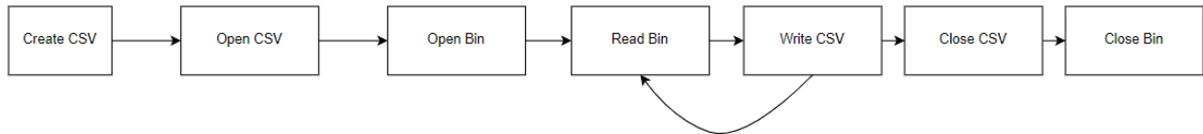


Figure 10: Export des données du fichier binaire vers le fichier CSV

Nous obtenons donc bel et bien un fichier csv comportant les trois points initialement attendus avec la hauteur de chaque point donné en  $0.1\mu\text{m}$ .

(Les deux points pour lesquels nous donnons la distance par rapport à notre point Middle et le point avec la hauteur maximale pour chaque profil).

TRIGGER V1 TABLET PROFILES				
Profile Number	POINT A	POINT B	MAX	
852304	40905	42580	52470	
852305	40915	42540	52480	
852306	40905	42578	52480	
852307	40900	42540	52480	
852308	40893	42573	52470	
852309	40915	42545	52480	
852310	40905	42575	52470	
852311	40900	42535	52483	
852312	40905	42575	52465	
852313	40885	42540	52488	
852314	40903	42570	52468	
852315	40885	42545	52480	
852316	40905	42580	52468	

Figure 11: Fichier CSV obtenu

On observe les numéros de profils pour chaque profil ainsi que les points A et B pour chacun de ces profils. Dans cette figure, on observe alors bien que le maximum est toujours supérieur au point A et B.

## 5. Conclusion.

Afin de conclure cet article, nous allons passer en revue les différentes phases qui ont permis de mener à bien le projet.

Le cahier des charges reçu a permis de se faire une bonne idée des étapes qui allaient se présenter lors du projet. Une fois le cahier des charges reçu, une recherche documentaire a dû être effectuée afin de comprendre les éléments clés du projet :

- le fonctionnement du profilomètre
- les méthodes de programmation chez Pharma Technology SA
- la programmation à l'aide d'un automate B&R
- la réalisation du protocole TCP-IP entre le profilomètre et l'automate
- la création d'un fichier CSV

Bien évidemment, toutes ces recherches ne se sont pas effectuées dès le départ du projet, chaque recherche et progrès dans la programmation débloquait une nouvelle étape qui n'était pas faisable avant que la précédente ne soit finie et validée à l'aide de différentes phases de test.

Les résultats obtenus en fin de projet permettent de répondre à la demande initiale effectuée par l'entreprise.

Le volume occupé par le bloc permettant le scan des comprimés est réduit grâce à l'utilisation d'un seul capteur qui permet de remplacer les 3 capteurs présents initialement dans la machine.

Ce capteur seul coûte moins cher que les 3 capteurs utilisés précédemment, ce qui permet de diminuer le coût de revient du bloc composé du capteur et de l'automate programmable.

La fréquence d'échantillonnage atteinte avec ce nouveau capteur permet de ne pas devoir diminuer le nombre de comprimés traités par heure et donc de continuer à répondre aux attentes des clients (120.000 comprimés par heure)

Les résultats ont été validés en comparant les données reçues par la solution développée lors de ce projet et les données captées par la solution de base développée par Keyence pour le profilomètre. Les résultats étant les mêmes, c'est-à-dire que dans les deux cas, les profils visualisés sont identiques, la solution est donc fiable.

Le programme final permet d'obtenir une moyenne de 13 profils toutes les 800  $\mu$ s, l'extraction de la hauteur de 2 points paramétrables est fonctionnelle ainsi que la prise de mesure du point le plus haut pour chaque profil.

Ce nouveau bloc représente à la fois un gain financier par rapport à l'ancien bloc présent dans la CU-120 mais il permet aussi le développement de nouvelles fonctionnalités qui n'étaient pas envisageables avec l'ancienne version du bloc.

De plus, l'installation de ce nouveau bloc ne nécessite que très peu de changements d'un point de vue à la fois matériel et programmation des autres composants de la CU-120. On peut voir le bloc comme une boîte noire renvoyant de nouvelles informations plus complètes sans modifier l'environnement dans la machine.

Le fichier CSV créé en fin de projet va permettre à Pharma Technology SA de développer de nouvelles fonctionnalités afin de pousser encore plus loin des différents aspects sur lesquels le bloc peut contrôler les comprimés. Les idées en cours seraient de déterminer la taille de chaque produit ainsi que de créer un profil 3D de chaque produit analysé. Ces nouvelles fonctionnalités représenteront un nouvel atout conséquent pour la vente de la CU-120 avec toutes ses fonctionnalités innovantes.

#### **4. Bibliographie.**

- [1] KEYENCE CORPORATION. Raw data output controller LJ-X8000A User's Manual, 2019
- [2] KEYENCE CORPORATION. プロファイル出力専用コントローラー LJ-X8000A, 2019
- [3] KEYENCE CORPORATION. LJ-X8000A Communication Library Reference Manual, 2021
- [4] KEYENCE CORPORATION. Profilomètre laser 2D/3D, 2011
- [5] <https://github.com/robotsorcerer/keyence> Dernière consultation le 22/02/2022
- [6] <http://sdz.tdct.org/sdz/les-sockets.html> Dernière consultation le 14/02/2022
- [7] <https://www.br-automation.com/fr-be/> Dernière consultation le 17/02/2022
- [8] <https://github.com/hilch/demo-AsTcp-AsUdp> Dernière consultation le 22/02/2022