

# Rapport de mi-parcours de SFE : Intégration d'une première cellule automatisée de soudage



Sujet réalisé par :

Julie OUDARD

Promotion ENSAM 2017-2020

[julie.oudard@ensam.eu](mailto:julie.oudard@ensam.eu)



Référent pédagogique :  
Arnaud KREMER

[arnaud.kremer@ensam.eu](mailto:arnaud.kremer@ensam.eu)



40 boulevard de l'industrie  
ZI Ecoflant  
4900 Angers  
0241272727

Tuteur industriel :  
Tony PEYRACHE  
Responsable de production  
[t.peyrache@bouzinac.fr](mailto:t.peyrache@bouzinac.fr)



Référent apprentissage :  
Jean-François COCHET

[jf.cochet49@orange.fr](mailto:jf.cochet49@orange.fr)

## Table des matières

Introduction.....	2
Présentation de l'entreprise.....	3
Rappel du contexte et de la problématique.....	4
Suivi des indicateurs du projet.....	6
Etat d'avancement du projet.....	9
Respect des délais .....	16
Travail à venir .....	16
Conclusion .....	18
Annexes .....	19

## Introduction

Ce rapport de mi-parcours s'inscrit dans le cadre de mon alternance entre l'entreprise Bouzinac Industrie, l'école d'ingénieur ENSAM et le CFA ITII Pays de la Loire. L'objectif de ce document est de présenter l'état d'avancement de ma séquence de fin d'études. Ce travail, qui se déroule entre Juin 2019 et Juillet 2020, me permet de réaliser un projet de niveau ingénieur. Pour se faire, je m'appuie sur les compétences acquises lors de ma formation sur des notions de savoir, savoir-être et savoir-faire ; et le soutien et les conseils de mon entreprise et de mes tuteurs.

## Présentation de l'entreprise

Bouzinac Industrie est une PME de 24 salariés implantée à Angers qui existe depuis 1925. Cette société fabrique des roues aciers pour des secteurs d'activité spécifiques tels que le Génie Civil, l'agricole, la manutention, le métro... L'entreprise répond à tous les secteurs d'activité excepté le véhicule léger (automobile). Ce marché de production représente 70% du chiffre d'affaires annuel. A cela s'ajoute une partie négoce de roues acier et aluminium pour le secteur poids lourds ; qui représente les 30% restants. Malgré sa petite taille, Bouzinac Industrie est le plus gros organisme français capable de répondre à une telle diversité de secteurs d'activité.

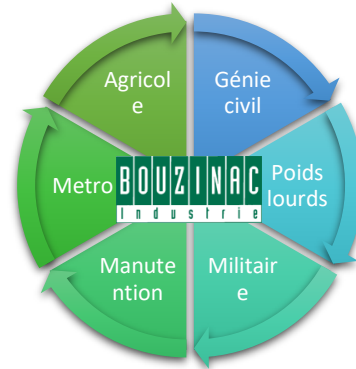


Figure 1 - Secteurs d'activité de l'entreprise

Les produits sont d'une grande diversité, avec des roues allant d'un diamètre de 8 à 57 pouces. A l'exception de quelques clients importants pour qui Bouzinac produit plusieurs centaines de pièces par an, la production s'oriente vers de la très petite série (moins de 10 pièces). Les axes stratégiques se caractérisent par une très grande diversité de commandes avec des quantités faibles, un délai de livraison optimum de cinq jours ouvrés, accompagné d'une réactivité, et une adaptabilité aux demandes variées des clients.



Figure 2—Quelques visuels des produits, de gauche à droite : Poids lourds, Génie civil, Agricole, Métro

Le chiffre d'affaires annuel s'élève à 4,53 millions d'euros. Bouzinac Industrie a une volonté stratégique d'investissement annuel dans l'amélioration des moyens de production. L'atelier se compose d'un pôle Emboutissage, d'un pôle Usinage, d'un pôle Soudure et d'un pôle Traitement de surface et Peinture. La répartition salariale est de sept employés des services support pour dix-sept salariés en atelier.

Mon travail au sein de l'entreprise se concentre dans les bureaux Méthodes et Production de la partie fabrication de roues spécifiques. Il se repartit en deux catégories :

- Tout d'abord à une échelle de court terme je seconde mon tuteur, responsable de production de la société, sur tous les travaux du quotidien (la réponse aux clients, la création et la proposition de produits sur mesure, le lancement en production, la gestion des aléas...)

- Je participe également à des projets plus long terme tel que des projets d'amélioration continue de l'atelier, d'intégration de nouvelles machines, d'introduction d'un nouveau logiciel...

Tout d'abord mon observation puis ma participation à des projets d'intégration de nouveaux outils me permettent aujourd'hui de devenir pilote du projet d'automatisation de la soudure sur une première cellule robotisée.

## Rappel du contexte et de la problématique

Plusieurs facteurs contextuels ont mené à une volonté stratégique d'investissement vers un outil de soudure automatisé. Tout d'abord, le dirigeant applique une politique d'investissement constant dans les outils de production. En effet, nous tâchons de nous moderniser au moyen d'au minimum un investissement conséquent par an. De cette manière, nous restons compétitifs en matière de production.

Le choix s'est porté cette année vers le secteur de la soudure pour plusieurs raisons. D'une part, les métiers de la soudure sont des métiers en tension dans l'industrie aujourd'hui. Il est de plus en plus difficile de recruter dans ce secteur, face à la pénurie de main d'œuvre qualifiée. Plus particulièrement chez Bouzinac industrie, nous avons fait face en fin d'année 2019 à la démission d'un soudeur ; et nous prévoyons le départ à la retraite du chef de secteur soudure d'ici deux ans. Nous sommes donc en risque de pénurie de personnel.

D'autre part, via une automatisation du processus, nous pourrions améliorer les conditions de travail en soudure. En effet, les risques sont multiples dans ce métier, avec des brûlures ou des coups d'arc (*brûlure de l'œil à la suite d'une exposition directe à une lumière de soudure*) par exemple. L'autre danger principal en soudure correspond aux fumées de soudage cancérigènes. Ces conditions de travail rudes expliquent en partie le manque de main d'œuvre.

Enfin, notre procédé actuel de soudure est satisfaisant en termes de qualité de soudure ; mais celle-ci est dépendante de l'observation et de la maîtrise de l'outil actuel par l'opérateur soudeur. En automatisant le processus, nous pourrions garantir un même niveau de qualité sur tous les produits et donc nous affranchir du risque de défaillance humaine. Nous pourrions y opposer le risque de défaillance machine... Mais au vu de l'instabilité de notre personnel sur ce secteur, le choix fait ici est de privilégier la machine.

C'est donc face à l'ensemble de ces facteurs que le choix d'une modernisation de l'outil de production de soudure s'est imposé à nous. De plus, la soudure est la porte d'entrée privilégiée pour une première robotisation dans l'industrie. En effet, nous sommes souvent face à des mouvements répétés, des informations standardisées et des conditions de travail pénibles. Auparavant la robotisation était synonyme de grandes séries standards. On observe désormais une reconversion vers des industries de plus petite taille, et pour des lots réduits. Nous sommes dans ce cas de figure.

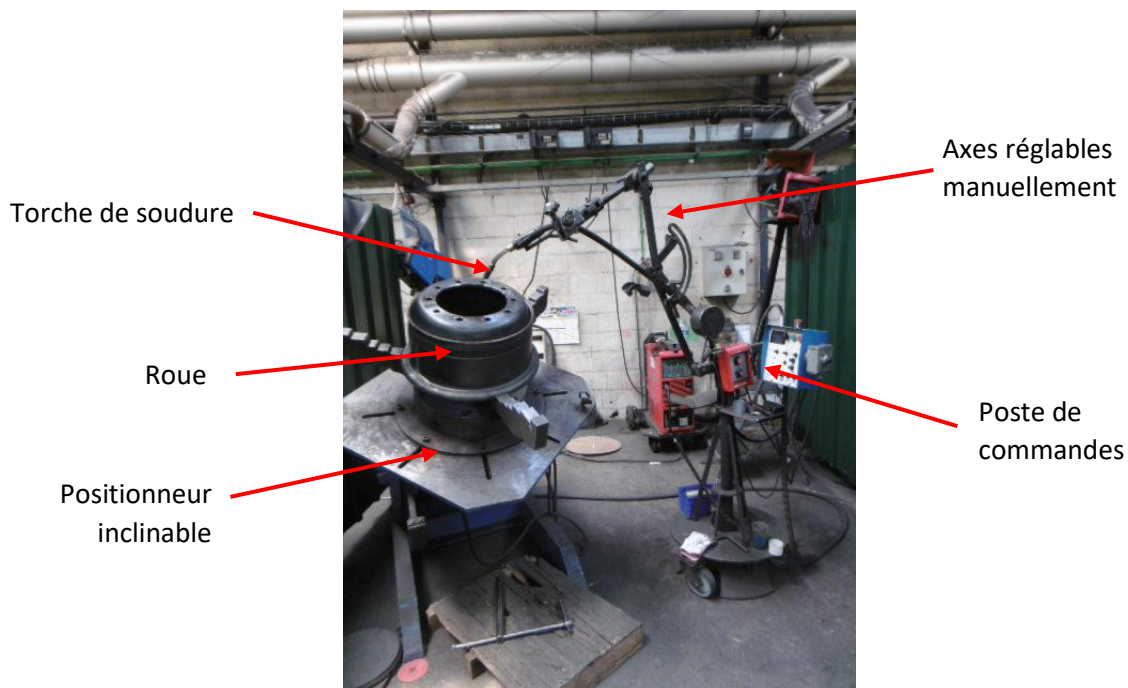
La problématique à laquelle je réponds à travers mon SFE est donc la suivante : **Qualifier, choisir et implanter une première cellule de soudure automatisée adaptée à une production flexible avec une contrainte de petite série.**

Comme nous allons le voir par la suite, ce sujet est aussi l'occasion d'accroître notre capacité de production. Ce dernier point n'est pas un enjeu majeur à ce jour puisque la soudure n'est pas un poste goulot de l'atelier ; toutefois cela reste un point important à souligner.

Les enjeux pour Bouzinac Industrie à travers ce projet sont donc les suivants :

- Garantir la pérennité du poste de soudage face à la tension de ce métier sur le marché de l'emploi
- Maintenir voire accroître notre compétitivité à travers un outil de production plus performant
- Assurer un niveau de qualité et de productivité pour le secteur soudure
- Améliorer la sécurité et les conditions de travail au postes de soudure

Voici un aperçu des postes de travail de soudure semi-automatisés utilisés actuellement :



*Figure 3–Etat actuel des postes de travail en soudure*

On les nomme « semi-automatique » car l'opérateur doit positionner la roue, l'incliner, positionner la torche de soudure et paramétrer la machine. Ensuite, il amorce la soudure et la mise en rotation de la roue. Il ne lui reste plus qu'à effectuer un contrôle visuel de la trajectoire et la rectifier en direct si besoin, à l'aide de molettes situées sur les axes réglables.

Nous allons voir par la suite les indicateurs mis en place afin de quantifier les progrès apportés par l'intégration d'une cellule de soudures automatisés.

## Suivi des indicateurs du projet

J'ai choisi de suivre régulièrement trois indicateurs. Ces indicateurs sont liés aux enjeux soulevés précédemment dans l'étude contextuelle :

- Taux d'absentéisme
- Taux de non-conformités du secteur soudure
- Niveau de production

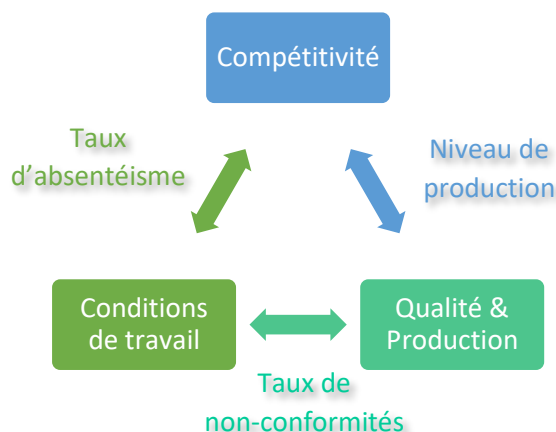


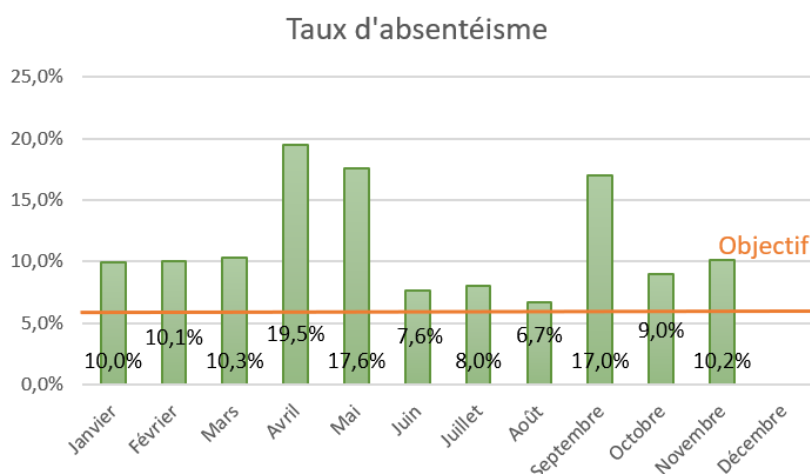
Figure 4 – Dualité contexte & indicateurs

### 1. Taux d'absentéisme

Tout d'abord, le taux d'absentéisme est un indicateur couramment suivi chez Bouzinac Industrie par la responsable RH. J'apporte une modification à son calcul. Je ne considère que le taux d'absentéisme de l'atelier. Je ne prends pas en compte l'absentéisme global de l'entreprise pour me rapprocher au plus près des métiers qui concernent mon sujet.

Nous avons pour objectif un taux d'absentéisme inférieur à 6%. Les causes des absentéismes sont multiples. Nous avons d'une part des accidents de travail bénins, qui engendrent quelques jours d'arrêts ; des arrêts plus long également dû à des accidents de travail. Pour l'année 2019, le secteur soudure comptabilise deux arrêts de travail d'une semaine pour cause de coup d'arc, un arrêt de travail de 20 jours pour cause de blessure par choc, et un accident de trajet. Sur ses deux premiers points, mon projet de SFE peut agir dans le sens d'une diminution du taux d'absentéisme. Ensuite, nous avons aussi des causes d'absentéisme personnelles (maladie, absence ponctuelle injustifiée...). Sur ce second type d'absentéisme, nous pourrions présumer que mon projet n'aura pas d'impact ; toutefois, nous pouvons espérer une motivation nouvelle à venir travailler sur des outils plus performants, nécessitant des compétences nouvelles etc... Le taux d'absentéisme me semble donc être un indicateur pertinent sur tous ses aspects.

Voici les données recueillies pour l'année 2019 :





## 2. Taux de non-conformités du secteur soudure

Afin de suivre cet indicateur, je m'appuie sur le travail du responsable qualité qui publie annuellement le coût des non-conformités associé à chacun des secteurs. Son travail consiste à recenser le coût de chaque non-conformité et à l'attribuer au secteur (de production ou administratif) d'où provient l'erreur. De cette manière, je peux extraire le coût total annuel et le coût imputé à la soudure. Le rapport entre ces deux valeurs me donne mon indicateur de taux de non-conformité du secteur soudure.

Voici les valeurs obtenues pour les cinq dernières années :

Année	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Coût total des NC</b>	128044,25	62420,92	50950,78	96713,51	31580,72
<b>Coût des NC du secteur soudure</b>	9869,64	663,76	5148,99	6599,02	409,88
<b>Taux de NC du secteur soudure</b>	<b>7,7%</b>	<b>1,0%</b>	<b>10,1%</b>	<b>6,8%</b>	<b>1,3%</b>

A première vue, nous ne pouvons pas conclure sur ces données car on observe pour cinq années successives des données fortement variables. Nous savons que pour le secteur soudure le matériel et les processus sont invariants sur ces cinq ans. J'aurais donc tendance à parler de « bonnes » ou de « mauvaises » années en termes de non-conformités pour le secteur soudure. De plus, nous pouvons ajouter qu'en général, la grande variabilité d'une mesure est souvent un signe de non-maitrise du processus (concept Lean). Même si sur certaines années le taux de non-conformité du secteur soudure est faible, la présence d'un taux élevé sur d'autres années est signe d'un contrôle partiel de la qualité de soudure.

Toutefois, cet indicateur est limité car il ne prend en compte que les non-conformités externes, c'est-à-dire celles détectées par le client final. A ce jour nous ne sommes pas en mesure de chiffrer le coût des non-conformités internes ; c'est-à-dire le temps supplémentaire pris par un opérateur pour rattraper une soudure mauvaise, ou la matière supplémentaire sortie du stock pour rattraper une pièce fautive. La valeur basse de l'indicateur sur certaines années peut donc s'expliquer par un meilleur contrôle interne des pièces en sortie de soudure, avant expédition. Mais cela ne supprime en rien le coût de ces non-qualités.

Mon équipe et moi-même avons choisi de conserver tout de même cet indicateur car il nous paraît important de contrôler la qualité. En revanche à partir de 2020, le responsable qualité souhaite mieux suivre les déclarations de non-conformités internes pour pouvoir les intégrer au rapport global. Le nouvel ERP en place depuis maintenant quelques mois va lui permettre d'accomplir cette tâche.

D'autre part, cet indicateur ne contient pas d'objectif chiffré, l'idée est plutôt d'observer sur le long terme la présence ou non d'une diminution.

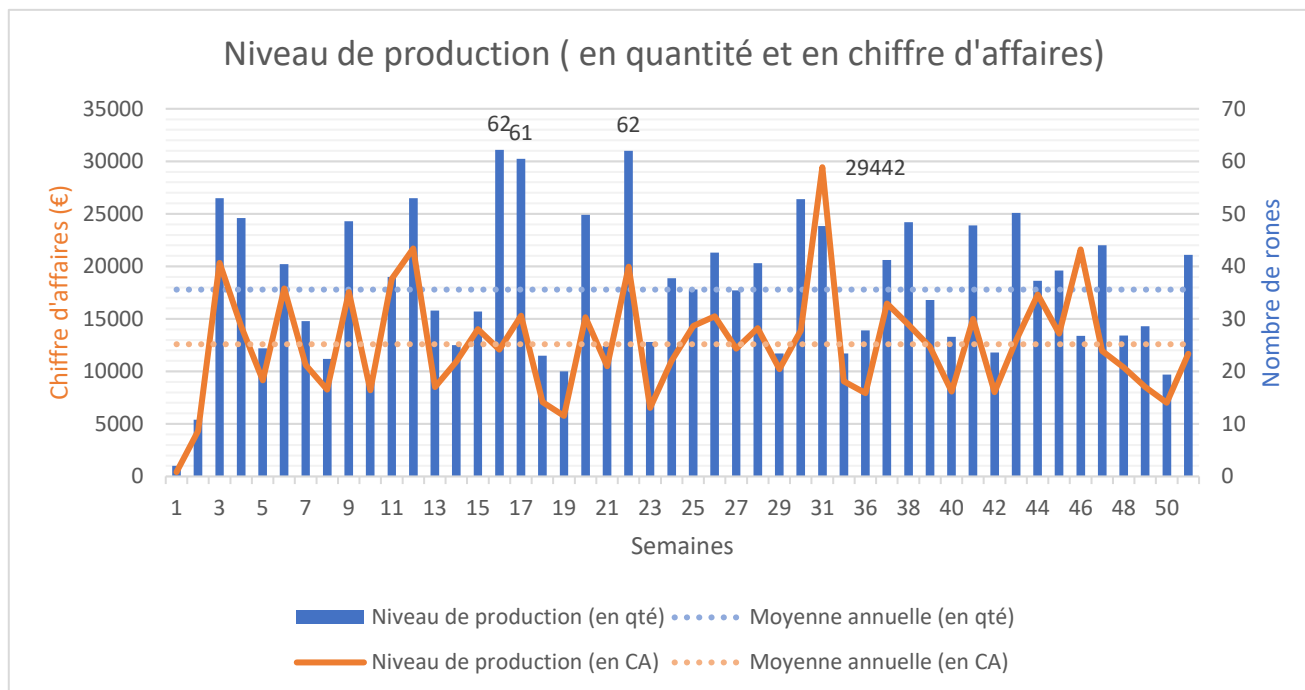
## 3. Niveau de production

Pour finir, le troisième indicateur est un indicateur courant en industrie : le niveau de production. J'ai choisi de le suivre en quantité et en chiffre d'affaires. Du fait de la variabilité des dimensions et de la valeur des pièces produites, les deux données sont pertinentes. Une pièce de plus grande dimension nécessitera un temps de fabrication plus long ; deux pièces de même dimension à destination du



secteur d'activité Agricole ou du Génie Civil peut voir son prix varier du simple au double. J'obtiens ces informations via des calculs mis en place et extraits régulièrement par mon directeur. De cette manière, je suis assurée de la véracité et de la pérennité des données. Je vais pouvoir continuer à les exploiter sur le long terme.

Voici les données recueillies pour l'année 2019 :



Pour rappel, notre objectif à travers ce projet n'est pas un accroissement de notre niveau de production. Toutefois il peut être intéressant de visualiser si, sur des pics d'activité du secteur soudure, cette nouvelle machine nous permettrait de fluidifier le flux. Je vais donc plutôt m'attarder sur les études de maximums, des tendances à la hausse etc... Plutôt que sur une croissance des valeurs en moyenne pour l'étude de cet indicateur. C'est pourquoi ici aussi je ne dispose pas d'un objectif chiffré. Cet indicateur va plutôt me permettre de regarder à l'avenir en connaissance de cause des capacités de production passées.

#### 4. Regard critique sur les indicateurs

Il existe une limite importante aux indicateurs choisis. En effet, ces trois indicateurs seront véritablement exploitables une fois la machine mise en place et fonctionnelle depuis quelques mois, pour pouvoir faire un comparatif Avant/Après la mise en service. Je peux donc continuer à les observer d'ici à la fin de mon SFE, mais je crains que la machine ne soit en service que depuis trop peu de temps pour en tirer des conclusions factuelles.

## Etat d'avancement du projet

Nous passons désormais à la partie explications de l'avancement du projet, des étapes qui ont été réalisées, des choix qui ont été pris ; et de ce qu'il reste à mettre en place pour mener à bien ce projet dans son intégralité.

### 1. Rappel de la méthodologie de travail

Pour rappel, j'avais développé le déroulé que je souhaitais mettre en place en juin dernier, dans le livrable de présentation du sujet :

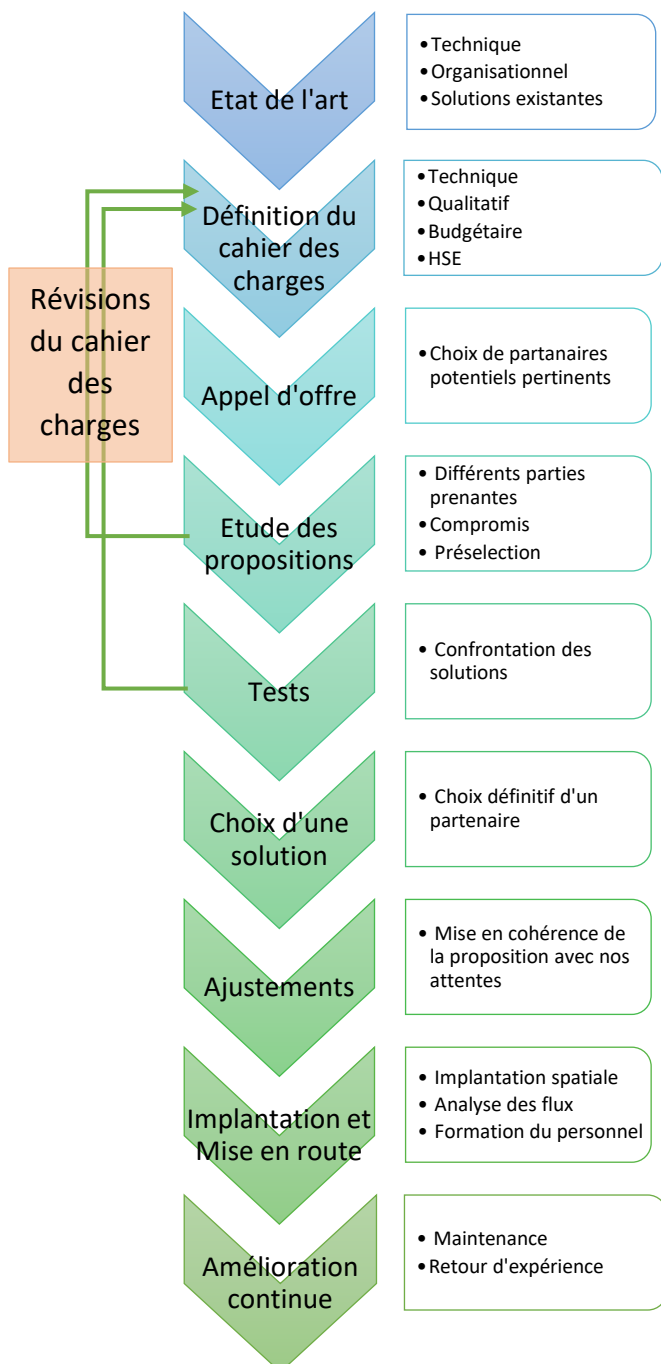


Figure 5 – Méthodologie proposée en Juin 2019

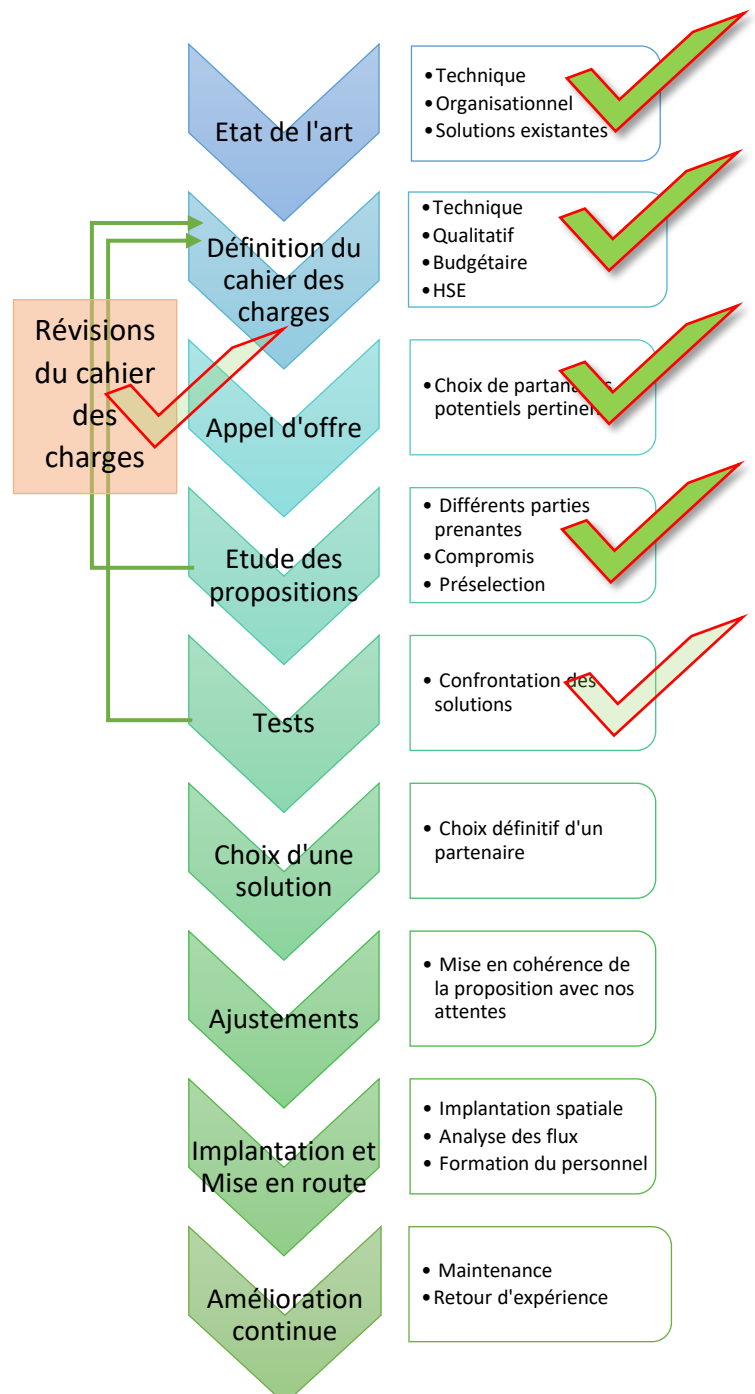


Figure 6 – Etat d'avancement en Janvier 2020

Les quatre premières étapes de la méthodologie ont donc été respectées et sont finalisées. Nous sommes actuellement en phase de tests et de révision du cahier des charges avec un partenaire que nous privilégions. Toutefois rien n'est encore définitif. Nous allons voir par la suite quel a été mon travail dans les différentes étapes soldées.

## 2. Etat de l'art

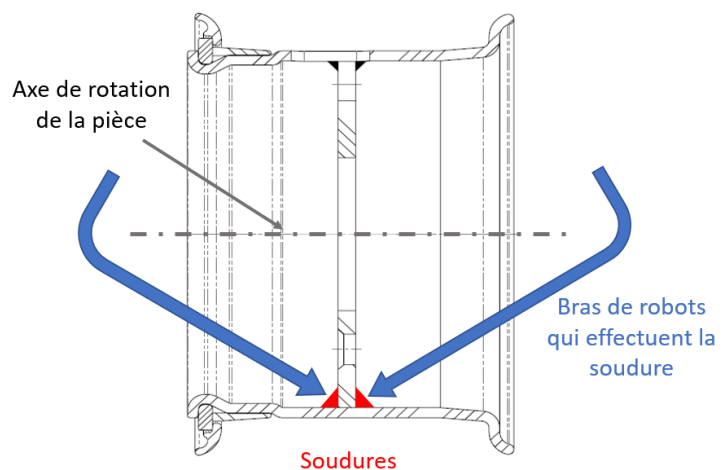
L'état de l'art avait pour objectif de s'assurer de la faisabilité du projet pour une entreprise comme la nôtre en termes de produits, de type de production (petite série), de coût de l'investissement ; et de commencer à reconnaître les acteurs locaux de l'automatisation de procédés de soudure.

Pour ce faire, je me suis renseignée sur plusieurs types de médias, en discutant avec nos partenaires actuels de soudures, nos fournisseurs etc...

Voici quelques exemples importants de mon état de l'art :

- Plusieurs articles du magazine l'Usine nouvelle, que nous recevons à l'entreprise, m'ont orientée vers des partenaires susceptibles de m'aider. Voici un exemple : « PME, n'ayez plus peur de la robotisation ! », Frédéric Parisot, L'Usine nouvelle (voir annexe n°1)
- Nous pouvons prendre l'exemple de l'entreprise angevine Secmo, PME d'une quinzaine de salariés qui a investi récemment dans deux robots Yaskawa, un robot préhenseur et un robot de soudure (voir annexe n°2). Cette entreprise se situe sur le même type de production que nous, c'est-à-dire des petites séries, avec des procédés de soudure très variables. De notre côté nous avons l'avantage d'avoir des procédés de soudures qui seront beaucoup plus répétitifs (soudure circulaire uniquement). Cette entreprise m'a été présentée par le responsable commercial de Yaskawa, qui avait procédé à l'intégration des deux robots.
- Nous avons également eu l'occasion de visiter l'usine Titan France, producteur de jantes et roues acier pour le secteur agricole. Ils sont nos fournisseurs pour certains modèles de jantes agricoles. Cette entreprise, plus conséquente que la nôtre (une centaine de salariés pour un chiffre d'affaires de 15M€), dispose de divers moyens de soudure allant de postes semi automatiques comme chez Bouzinac Industrie, jusqu'à la ligne de production totalement robotisée comprenant les étapes de soudure.

Je n'ai pas été autorisée à prendre de photo dans l'usine, mais ce que j'ai retenue de la visite est une méthode de soudure rapide puisque les deux soudures d'une roue sont réalisées en simultanée. Cependant cela se fait au détriment de la qualité car les caractéristiques de soudure ne sont pas optimisées (la position verticale de la roue induite par la double soudure gêne la qualité du bain de soudure).



- Pour finir, j'ai étayé mon état de l'art avec des informations recueillies à la suite de plusieurs échanges avec l'entreprise Proxinnov. Cette structure accompagne les professionnels de la région dans leurs projets de robotisation, à travers des audits de production, des études d'opportunités ; ou encore un accompagnement à la rédaction du cahier des charges et à l'intégration. Nous n'avons pas fait appel à leurs services sur ces sujets là car cela correspond à ma mission. En revanche ils m'ont orientée vers des intégrateurs locaux et spécialistes de la soudure ; et également vers des aides financières auquel nous pouvons prétendre.

A ce stade, nous avons donc acquis, en connaissance de cause, la conviction que notre production et notre industrie peut se prêter à une intégration de robot ; et que ce projet peut nous rendre plus compétitif.

### 3. Définition du cahier des charges

L'étape suivante a été de caractériser notre besoin afin d'avoir un support clair à transmettre à des partenaires potentiels. J'ai donc pris en charge la rédaction du cahier des charges.

Celui-ci se compose de plusieurs parties :

- Une présentation générale de l'entreprise et de nos produits
- Une mise en contexte du projet
- Un tableau des caractéristiques techniques souhaitées pour la machine. Chaque caractéristique est précisée comme flexible ou non. Vous pouvez retrouver la dernière version de ce tableau en annexe n°3.
- Une conclusion qui précise bien que nous sommes ouverts à de multiples propositions et évolutions, avec pour seuls critères inflexibles un contrôle de la qualité et une amélioration des conditions de travail.

Je n'ai précisé aucun budget dans mon cahier des charges. Toutefois, au vue des données recueillies lors de mon état de l'art, le budget estimé pour une cellule complètement intégrée et fonctionnelle est estimé entre 150 000 et 200 000 €.

Pour mettre en place ce cahier des charges, je me suis appuyée sur deux équipes projet en interne.

- Une équipe technique, composée du chef d'atelier, du responsable du pôle soudure et des soudeurs pour la caractérisation technique de la machine (type de soudure, type de fil, spécifications de travail : ampérage, voltage, vitesse d'avance, épaisseurs... Optimales au vue de nos produits)
- Une équipe stratégique, composée du directeur, du responsable d'exploitation et du responsable qualité pour les enjeux organisationnels et financiers liés au projet

### 4. Appel d'offres

Dès lors que le cahier des charges était rédigé et corrigé par les différentes parties prenantes, je l'ai transmis à des intégrateurs de robots pour leur présenter notre entreprise et notre projet.

J'ai connu ces entreprises soit par les contacts de Proxinnov, soit par des premiers contacts pris lors du salon de l'industrie Sepem qui se déroule annuellement à Angers. Nos critères de choix ont été des entreprises locales (régionales, ou au maximum provenant du Nord-Ouest de la France) car il existe

beaucoup d'intégrateurs de robots au France, donc autant privilégier des entreprises plus proches de nous pour limiter les frais annexes (déplacement etc) ; et spécialistes de la robotisation de soudure. En effet, la difficulté de notre projet réside bien dans le contrôle de la qualité de soudure, plutôt que dans les mouvements du robot qui seront relativement simples pour une telle machine. Nous ne réalisons que des pièces de révolution ; et les soudures sont exclusivement contenues dans un plan.

Pour mieux comprendre la suite du rapport, une précision linguistique s'impose. Dans le monde de la robotisation, il faut distinguer les fabricants et les intégrateurs. Les fabricants sont les concepteurs des bras de robots. Ces bras n'ont pas de fonctionnalité précise, ce ne sont que des automates qui réalisent des trajectoires, et sur lesquels nous pouvons ajouter des modules à l'extrémité du bras. Nous pouvons citer quelques géants tels que ABB ou Yaskawa. Les intégrateurs sont des entreprises souvent beaucoup plus petites, spécialistes d'un domaine d'activité tel que la manutention, la peinture ou la soudure... et agréés par un fabricant pour installer leurs bras de robots couplés à des modules complémentaires pour réaliser une tâche.

J'ai envoyé le cahier des charges aux entreprises suivantes :

- FTS Welding : Intégrateur de robots situé à Tours, spécialiste de la soudure.
- Yaskawa: Fabricant et intégrateur de robots préhenseurs et de soudure, acteur majeur de la région, situé à Nantes.
- Sana : Fabricant de machines spéciales de soudure à qui Bouzinac Industrie avait déjà fait appel il y a quelques années sur un sujet de modernisation de poste de soudure, situé en région Hauts de France.
- Bonnefon Soudure : Notre vendeur et maintenancier actuel de postes à souder, situé à Angers, ils disposent depuis peu d'un service d'intégrateurs de robots soudeurs.
- Satec Robotic (filiale de WalkWelding) : Intégrateur de robots situé à Saint Nazaire, spécialiste de la soudure.
- Fronius : Fabricant de matériel et de robots de soudure, situé en région parisienne.
- Orexad : Notre maintenancier actuel pour certains matériels de soudure qui dispose également d'un service intégration, situé à Angers.

La suite de l'échange s'est fait pour quasiment chacun de ses interlocuteurs par une réunion à Bouzinac Industrie. De cette manière, les intégrateurs pouvaient mieux se rendre compte du produit et nous pouvions répondre à leurs interrogations avant qu'ils nous envoient une proposition de solutions.

## 5. Etude des propositions

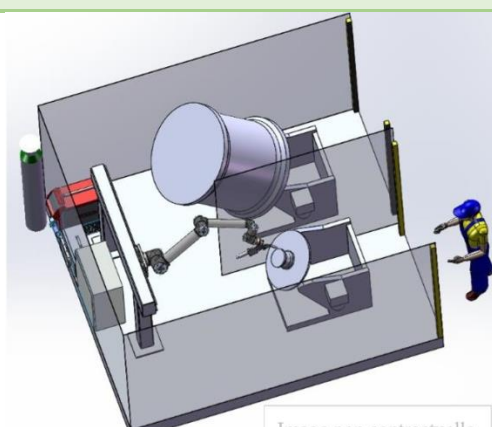
Dès lors que nous avons reçu les différentes propositions, nous sommes passés à l'étape de l'étude de ces propositions :

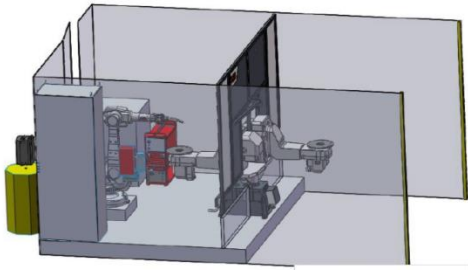
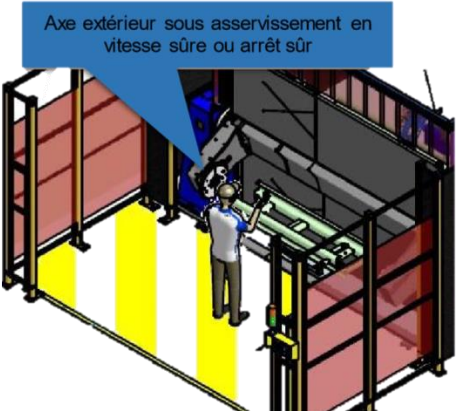


Entreprise	Interlocuteur	Rencontre	Proposition	Commentaire
<b>FTS Welding</b>	Philippe Baron	12/09/2019	1 : Cobot 2 : Robot ABB	FTS a fait deux propositions de cellules automatisées avec deux solutions différentes.
<b>Yaskawa</b>	Vincent Huchet	24/07/2019	Cellule automatisée équipée d'un robot Yaskawa	
<b>Sana</b>	Jean-Luc Taillade	//	Cellule semi automatisée	Sana a fait une proposition de solution quasiment identique à notre fonctionnement actuel. Ils

				n'ont pas pris en compte le nouveau cahier des charges par rapport à la demande d'il y a quelques années.
<b>Bonnefon Soudure</b>	Nicolas Gaudet	18/09/2019	1 : Cellule de soudure standard 2 : Tentative de cellule automatisée	
<b>Satec Robotic</b>	Olivier Moyon	//	1 : Début de proposition de cobot	
<b>Fronius</b>	Frédéric Bunel	10/09/2019	//	Fronius ne dispose pas de secteur intégration, ce n'était pas un partenaire pertinent.
<b>Orexad</b>	Christian Musard	06/09/2019	//	Orexad ne s'est pas engagé sur le projet, selon eux notre moyen de production actuel est adéquate. Il serait préférable de travailler sur le flux de production.

À la suite de ces premiers retours, nous pouvons déjà évincer Orexad et Fronius qui ne souhaitent pas ou ne peuvent pas nous faire une proposition. Les conseils de Orexad sont pertinents, nous sommes d'ailleurs actuellement en plein projet d'amélioration du flux. Toutefois ils n'avaient pas forcément en tête les problématiques de recrutement qui sont également à l'origine de cet investissement.

Nous n'avons également pas donné suite aux échanges avec la société Satec Robotic qui m'a seulement appelé pour nous conseiller d'utiliser un cobot au vue de mon cahier des charges. Ils n'ont pas proposé de se déplacer pour mieux comprendre notre produit, et n'ont pas proposé de solution. A ce stade, il nous restait donc quatre intégrateurs potentiels :

Proposition	Aperçu	Caractéristiques principales	Budget
<b>Cobot - FTS Welding</b>	 <p>Image non contractuelle</p>	Robot collaboratif, Facilité de programmation, Amélioration de la sécurité	153 000 €

<p><b>Robot ABB - FTS Welding</b></p>	 <p style="text-align: right; font-size: small;">Image non contractuelle</p>	<p>Amélioration de la qualité (options de relocalisation laser et de suivi de joint), Amélioration de la sécurité</p>	<p>158 700 €</p>
<p><b>Robot Yaskawa - Yaskawa</b></p>		<p>Amélioration de la qualité (options de relocalisation laser et de suivi de joint), Amélioration de la sécurité, Garantie de maintenance en 24h <b>Surdimensionné</b></p>	<p>199 000 €</p>
<p><b>Cellule semi-automatisée - Sana</b></p>		<p>Faible coût <b>Pas d'amélioration en qualité et sécurité</b></p>	<p>67 000 €</p>
<p><b>Cellule standard - Bonnefon Soudure</b></p>		<p>Faible coût <b>Baisse en qualité et nécessite beaucoup d'outillage pour s'adapter à leur standard</b></p>	<p>90 000 €</p>

Nous avons choisi de ne pas poursuivre avec Sana, qui ne fait que de la machine spéciale et non pas des robots. Nous souhaitons initialement avoir quand même une proposition de leur part à titre de comparaison, en espérant qu'ils aient des idées innovantes. Leurs idées n'ont malheureusement pas su convaincre l'équipe stratégique.

Concernant Bonnefon Soudure, nous avons été déçus de leur proposition de cellule standard, qui paraissait très prometteuse et peu cher... Finalement leur solution implique beaucoup d'adaptation de notre processus de soudure actuel, et cela au détriment de la qualité de soudure puisque nous dégraderions le bain de soudure. Nous avons donc répondu négativement à leur première proposition.



Ils ont alors demandé de présenter ultérieurement une solution spécialisée à notre utilisation. Nous attendons encore leur solution ; nous avons eu plusieurs échanges depuis, ils ont du mal à s'associer avec un nouveau fabricant de robots pour nous faire cette proposition.

A ce stade, il reste deux propositions du même ordre de grandeur pour FTS. Parmi les deux, nous avons fait le choix de poursuivre avec la solution de robot. La solution cobot avait l'avantage d'une programmation facile, cependant nous n'avions pas accès aux options de relocalisation laser et de suivi de joint qui augmentent la qualité. Ces deux options permettent en amont puis en temps réel de corréliser le programme avec les incertitudes dimensionnelles des pièces. Ces options sont primordiales dans notre métier. En effet, sur certaines dimensions de jantes achetées nous observons des incertitudes de l'ordre de plusieurs millimètres.

Enfin, entre les deux solutions robotisées de FTS et Yaskawa, à compétences identiques notre choix se porte sur la solution la moins chère.

A ce jour, nous travaillons donc de manière plus approfondie avec la société FTS Welding. Nous avons mis à jour à deux reprises notre cahier des charges à la suite d'échanges avec eux. Ainsi, nous avons légèrement revus à la baisse nos critères de dimensions maximum et de masse maximum. De cette manière nous pouvons utiliser du matériel légèrement plus petit et donc moins conséquent à l'achat. Nous avons diminué de 17 000 € le prix de l'investissement, en ne faisant que de légères concessions sur l'amplitude des variabilités des pièces acceptables.

FTS Welding nous a également proposé de visiter l'entreprise Devillé, équipée des mêmes robots de soudure que ceux exposés dans leur proposition commerciale. Nous avons réalisé cette visite le 17 Décembre 2019, accompagnés de l'équipe technique (responsable du pôle soudure, soudeurs). C'est à cette période que nous avons décidé d'ajouter à l'équipe technique un ouvrier du pôle usinage. Nous avons choisi de proposer à un jeune opérateur en usinage à commandes numériques, et qui souhaite évoluer dans l'entreprise. Ce choix a été fait car toute la partie programmation du robot se rapproche plus du métier d'usineur à commandes numériques que de celui de soudeur. De cette manière, nous induisons également de la polyvalence entre ces deux secteurs d'activité.

Cette visite ainsi que la visite précédente de M. Baron, représentant de la société FTS Welding, a permis de faire tomber les peurs et les à priori, notamment du responsable du pôle soudure, quant à la qualité des soudures que peut produire un robot. En effet, M. Baron, spécialiste de la soudure a su répondre à toutes les questions des soudeurs. Ceux-ci ont été convaincus par sa prestation et sont désormais plus en confiance pour la suite du projet.

Concernant l'équipe stratégique, nous avons également lié une relation de confiance avec M. Baron. Jusqu'à présent il a toujours été très réactif, compréhensif de nos besoins et moteur quant à des propositions de solutions moins chères ou de meilleure qualité à niveau de prix égal. La qualité de l'interlocuteur et de sa communication peut jouer dans le choix d'une solution.

Voici l'état du travail mené jusqu'ici. Je vais faire un aparté sur la tenue des délais initiaux avant de développer ce qu'il reste à réaliser.

## Respect des délais

Pour rappel, j’ai mis en place un Gantt en juin 2019 dernier afin de planifier l’avancement du projet. Voici l’état d’avancement de ce Gantt à ce jour, en janvier 2020 :

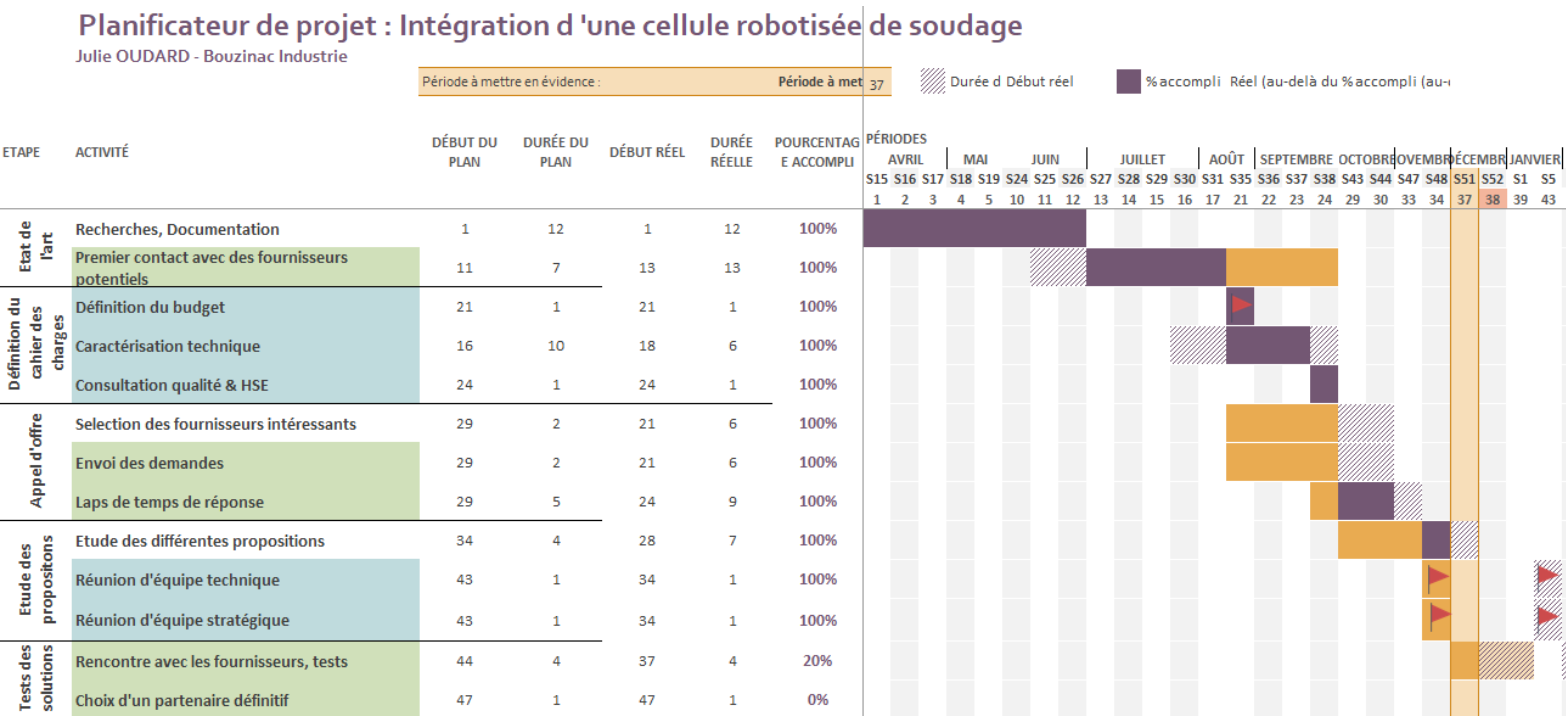


Figure 7 - Diagramme de Gantt de mon projet de SFE

Afin de décrypter rapidement ce Gantt, les cases en violet correspondent aux missions effectuées dans les temps ; et les cases en orange correspondent aux mission effectuées en dehors des délais que je m’étais fixée.

Je suis globalement en avance de quelques semaines par rapport aux délais planifiés. Cela s’explique principalement par le fait que les réponses aux appels d’offres sont revenues plus vite que ce que j’avais prévu, nous avons donc pu poursuivre le travail rapidement.

D’autre part, ce Gantt ne contient pas de jalons intermédiaires à dates précises. En effet, je n’ai pas de contraintes temporelles précises requises par ma direction. Il m’est juste demandé de faire avancer le projet correctement et le plus possible. Les drapeaux rouges observables sur le Gantt ne sont donc pas des jalons imposés, mais plutôt des étapes que je juge primordiales pour la réussite du projet.

## Travail à venir

### 1. Un stand-by financier...

Avant de poursuivre le travail, je suis actuellement dans l’attente de la confirmation de mon directeur de la possibilité d’investir dans une telle machine. En effet, les résultats de l’entreprise en cette fin d’année sont moins bons que ceux escomptés au moment du lancement du projet. Mon directeur doit

donc négocier avec les banques afin de financer l'investissement. Sans cet investissement le projet sera mis en pause jusqu'à une période financièrement plus propice.

Je lui ai proposé un budget complet pour réaliser un emprunt qui couvre l'intégralité des frais. Voici l'estimatif global :

Produit	Montant (€)
Cellule robotisée	141 800
Option de suivi de joint	4 600
Option de relocalisation laser	3 300
Formation Cellule robotisée	1 500
Formation programmation Robot	5 000
Dalle Béton	0
Système d'aspiration (Estimatif)	2000
Nouvel outillage (Estimatif)	10 000
<b>Total</b>	<b>168 200</b>

Il faut compter la cellule avec deux options, de l'outillage, un système d'aspiration des fumées non fourni et des formations pour les opérateurs. Celles-ci pourront être partiellement couvertes par les crédits à la formation, mais ne couvriront pas l'intégralité des dépenses en formation.

Si ce projet ne peut pas aboutir, je me retournerais alors vers un autre projet en cours pour présenter un SFE en juin prochain. Dans tous les cas, mon directeur est particulièrement motivé pour poursuivre le projet, il va donc faire tout son possible. J'attends une réponse de sa part d'ici fin janvier/ début février.

De plus, la politique générale de l'entreprise consiste à investir régulièrement. Regardons ce comparatif chiffre d'affaires / investissements sur les trois dernières années :

Année	2017	2018	2019
Chiffre d'affaires (CA)	4 971 k€	5 188 k€	4 532 k€
Valeurs des entrées en immobilisation	34 k€	283 k€	51 k€
Pourcentage d'investissement en fonction du CA	0,7 %	5,5 %	1,1 %

En moyenne, on observe une part de 2,5% du chiffre d'affaires annuel qui est réinvesti par an. En espérant un chiffre d'affaires au moins égal à celui de cette année pour l'année 2020, la valeur de l'investissement dans la cellule robotisée de soudure correspondrais au maximum à 3,5 % du chiffre d'affaires. L'investissement souhaité rentre donc bien dans l'ordre de grandeur des investissements annuels de la société.

## 2. ...Source de divergence de points de vue

Par ailleurs, une partie du personnel ne trouve pas très pertinent d'investir, et donc de s'endetter de nouveau cette année au vue des résultats en baisse.

Nous sommes dans ce cas de figure face à deux comportements naturels et contradictoires :

- Un comportement optimiste en l’avenir et investisseur, celui de mon directeur, qui espère que ce ne soit qu’une mauvaise passe, et qui préfère poursuivre les investissements pour rester compétitif.

- Un comportement plus pessimiste et conservateur, des quelques-uns qui préféreraient maintenir le métier avec l’existant et attendre une période plus fructueuse pour réaliser de lourds investissements.

De mon point de vue, il me semble qu’il existe toujours une part de risque dans l’innovation, mais qui faut privilégier le « faire quelque chose » plutôt que le « ne rien faire ». Je serais plutôt de l’avis de mon directeur.

Lors de ce type de débats, je suis au courant des différents points de vue, mais je n’ai jamais été visée personnellement. Tout le monde fait bien la différence entre ma personne et les missions qui me sont confiées. Je ne fais que répondre aux objectifs qui me sont fixés par le directeur. Toutefois, si le projet voit effectivement le jour, il sera important d’entretenir la relation et de prouver l’intérêt de l’investissement aux quelques membres de l’équipe dubitatifs.

## Conclusion

*Qualifier, choisir et implanter une première cellule de soudure automatisée adaptée à une production flexible avec une contrainte de petite série.*

En conclusion, le projet d’automatisation du processus de soudure a correctement avancé jusqu’à présent, avec des propositions diverses. A ce stade, nous pouvons dire que les missions de *qualifier* et *choisir* développées dans la problématique sont quasiment abouties, avec un travail privilégié avec l’intégrateur FTS Welding.

Le projet était plutôt en avance par rapport aux objectifs temporels fixés. Cette avance prise va me permettre de ne pas prendre de retard avec les délais de négociation bancaires que je n’avais pas prévus. Si le projet abouti, nous pouvons toujours espérer assister à une implantation de la machine d’ici à Juin 2020.

## Annexes

### Annexe n°1 :

Article « PME, n'ayez plus peur de la robotisation ! », <https://www.usinenouvelle.com/article/pme-n-ayez-plus-peur-de-la-robotisation.N385235>, Frédéric Parisot, L'Usine nouvelle

### Annexe n°2 :

Site internet de l'entreprise Secmo : <http://www.secmo-france.com/#>

### Annexe n°3 : Extrait du cahier des charges – partie caractérisation technique

Domaine	Fonction contrainte	Critère	Niveau	Tolérance
Technique	Accepter des jantes de dimensions variables	Diamètre D & Hauteur H mini	200mm (8") x 150mm	Oui
		Diamètre D & Hauteur H maxi	1100mm (42") x 1000mm	Oui
		Angle d'approche de la torche variable	A définir pour s'adapter aux visuels précédents	Oui
		Poids maximum soulevé	250 kg	Oui
	Effectuer une soudure en continue (sur 360° ou moins)	Rotation effectuée permettant un recouvrement de la soudure ou à l'inverse une ouverture	Entre 320° et 400°	Oui
	Pénétrer en profondeur dans la matière	Epaisseur mini voile	8 mm	
		Epaisseur maxi voile	60 mm	
		Epaisseur mini jante	4 mm	
		Epaisseur maxi jante	15 mm	
	Utiliser un seul procédé de soudure	Soudure MIG ou Soudure sous flux	Fil de soudure actuellement utilisé : Oerlikon Carbofil 1 & SG6	Faire un choix
	Souder de l'acier	Nuances	S235, S275, S355	
	Maintien en position de la roue	Sur le trou central du voile (nommé Alésage)	Ø60min ; Ø500max	
	Facilité de programmation	Minimiser le nombre de paramètres		
	Temps de changement de série	Inférieur ou égal à 5 min		
Facilité de chargement/déchargement	Utilisation d'un palan		Oui	
Energies	Air comprimé	Pression max	7 bars	
		Débit max	30m <sup>3</sup> /h	

	Electricité			
	Gaz de soudure	Disponibilité actuelle :	Mison 8 (ArCO <sub>2</sub> ,NO), Propane et (O <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	Oui
<b>Ambiance</b>	Résister à un milieu industriel	Variations de température	-10°C à +50°C	Oui
		Variations d'humidité	IP64	
		Poussière	IP64	
<b>Humain</b>	Assurer la sécurité des personnes travaillant autour	Lumière de soudage	Aucun risque de coup d'arc	
		Fumées de soudage	Aucune inhalation	
		Poste de commandes ergonomique		
	Laisser un accès visuel au soudeur	Nécessité de contrôler visuellement l'opération de soudure		