

RAPPORT DE PROJET S4

PROJET ROULEAU DESTRUCTEUR D'ENGRAIS VERTS



CHALUMEAUX Arnaud
C. DE MAGNY Aimery

GAURAND Loïc
FLEURY Jérémy

Professeurs tuteurs :
L. PEZET & L.CAZARD

Remerciements

Avant de nous lancer dans la présentation de notre projet, il nous paraît opportun de remercier l'ensemble des personnes qui ont pu contribuer, de près comme de loin à notre réalisation.

Ce projet est né en juillet dernier. Nous remercions Laurent PEZET pour nous l'avoir proposé.

Ainsi nous tenons à remercier nos professeurs tuteurs Laurent PEZET et Ludovic CAZARD qui nous ont accompagnés tout au long de l'année et ce de manière régulière lors de réunion. Ils nous ont permis à la fois de découvrir le domaine de l'agriculture, mais aussi d'acquérir et de renforcer des compétences primordiales pour notre futur métier telles que la réalisation d'un prototype (CAO, dimensionnement), la gestion d'un projet et son organisation, l'échange avec les clients, la gestion des devis, la fabrication (soudage, usinage (tournage-fraisage), perçage, découpe jet d'eau). Ils nous ont ainsi livrés de précieux conseils mais nous ont également apporté une aide conséquente lors de la fabrication du rouleau pour permettre l'avancement efficace de notre projet.

Ensuite nous voulons évidemment remercier les commanditaires de l'étude : l'ISARA de Lyon avec Joséphine PEIGNE, enseignante-chercheuse, et Laura VINCENT-CABOUD, Doctorante, ainsi que le CREAS avec Jean PAUGET, ingénieur agricole, qui sans eux le projet n'aurait pas pu exister et qui nous ont également accompagné tout au long du projet. Nous remercions également les agriculteurs impliqués dans ce projet Claude BARBET, Claude SERILLON, Roger CATIL, Jean-Yves BARGE pour leurs conseils techniques.

Nous remercions Benoit PRADEL et Jean-François ROQUINARC'H pour leurs conseils en soudage.

Jean Rémi LEROY nous a également apporté son aide comme lors de choix de solutions techniques, de certains usinages et également pour le montage, nous le remercions pour cela.

Pour la fabrication de notre rouleau, nous avons pu bénéficier régulièrement de conseils techniques pertinents de la part de Gérard LAGARDE dans tous les domaines de la fabrication. Nous lui en remercions pour cela.

Nous remercions Régis MAROTTE pour la réalisation du logo UCBL.

Et enfin nous remercions le magasinier Bernard CANOT, qui nous a découpé un nombre très important de pièces, nous a souvent aidé pour déplacer notre châssis ou rouleau à l'aide du manitou et à assurer la gestion de l'arrivée de nos commandes notamment du rouleau.

Le rouleau destructeur d'engrais verts est un outil agricole utilisé dans l'agriculture de conservation présent en agriculture biologique mais également en agriculture traditionnelle.

Notre projet a consisté à réaliser de la conception à la fabrication cet outil agricole pour l'ISARA et Arvalis désireux de développer cette technique d'agriculture.

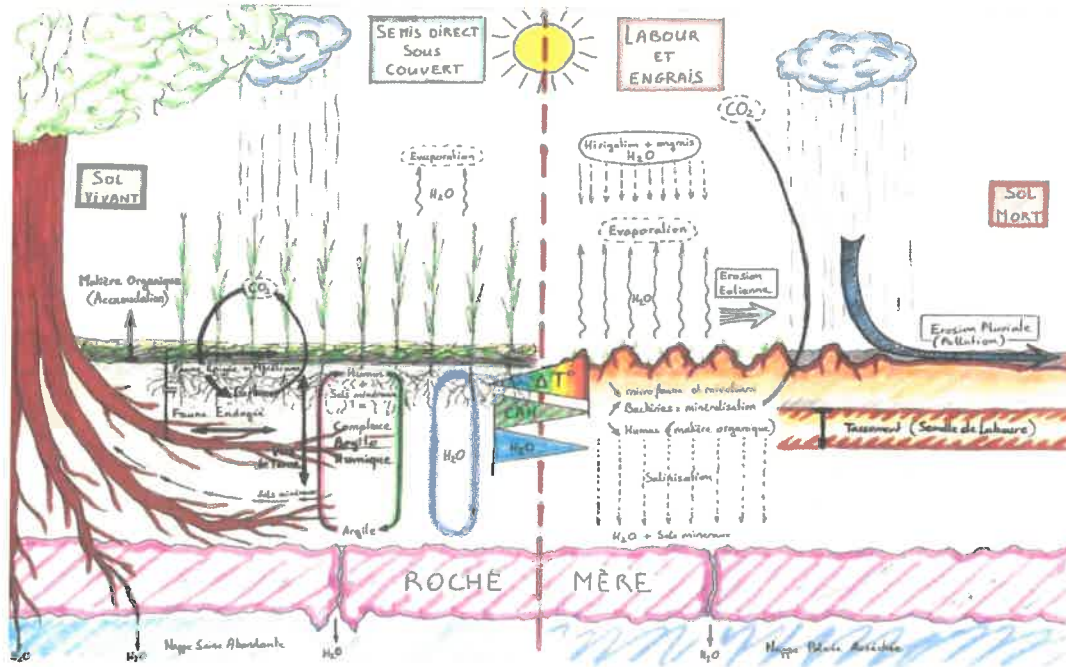
SOMMAIRE

I.	PRESENTATION DU PROJET	3
A.	DESCRIPTIF DU PROJET	3
a.	Contexte de notre projet : à quoi sert l'engrais vert ?	3
b.	Naissance du projet	4
c.	Pourquoi choisir un rouleau ?	4
B.	ORGANIGRAMME	6
C.	CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL	7
II.	LE TRAVAIL REALISE	8
A.	PLANNING PREVISIONNEL/PLANNING REEL	8
B.	RELATION AVEC LE CLIENT	9
C.	NOS SOLUTIONS TECHNIQUES	10
a.	DECOMPOSITION DU ROULEAU DESTRUCTEUR	10
b.	PARTIE ROULEAU	11
c.	ASSEMBLAGE ROULEAU/CHÂSSIS	13
d.	PARTIE CHASSIS	25
D.	PEINTURE	37
E.	LES COMMANDES	38
III.	BILAN	39
A.	BILAN TECHNIQUE	39
B.	PROBLEMES RENCONTRES	40
C.	AXES D'AMELIORATION	41
	CONCLUSION GENERALE	42

I. PRESENTATION DU PROJET

A. DESCRIPTIF DU PROJET

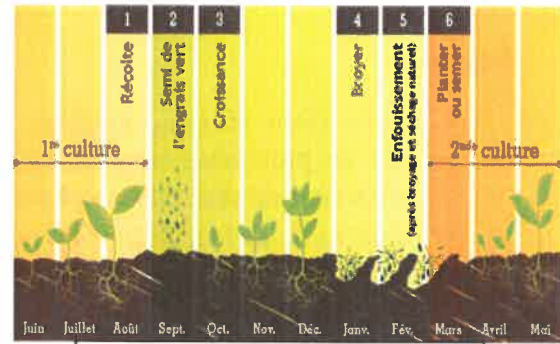
a. Contexte de notre projet : à quoi sert l'engrais vert ?



Aujourd'hui, les techniques en agriculture biologique en France sont en plein développement. L'une des techniques que l'agriculture biologique a mise en avant est l'agriculture de conservation. L'un des principes de cette agriculture est d'éviter le plus possible le travail du sol et d'apporter des ressources aux sols par le biais d'engrais verts. Ces engrais verts, par exemple de la moutarde, sont plantés entre deux cultures et sont détruits juste avant la plantation d'une nouvelle culture en semis direct, sans travail du sol. Les objectifs précis des engrais verts sont expliqués sur ce dessin. Ils ont pour but de rendre les sols plus fertiles, de meilleures qualités. En effet l'engrais vert étalé sur le sol après destruction de manière homogène (créant un tapis végétal) permet d'apporter un apport en matières organiques, en CO₂ et en azote aux sols et donc aux futures plantes que l'on souhaite cultiver sur ces terres qui puiseront ces ressources. De plus cela permet de diminuer de manière conséquente l'évaporation de l'eau contenue dans les sols en réduisant sa température évitant donc la nécessité d'irrigation, l'engrais créant une couche protectrice contre le soleil. Enfin cela permet également d'éviter l'érosion des sols dû au tassement de la terre suite aux traditionnels labours que cette technique n'affecte pas.



Engrais verts avant/après roulage



Chronologie des cultures avec engrais verts en inter-culture

Le rôle de notre rouleau est donc de détruire les engrais verts plantés entre deux cultures afin de créer un tapis végétal homogène permettant le semis direct après roulage.

b. Naissance du projet

L'idée du projet est née dans le cadre de notre avant-projet de fabrication du semestre 2 qui consistait à réaliser le prototype d'un rouleau destructeur d'engrais verts d'une largeur de travail de 2m encadré par M. PEZET et M. LEROY. M. PEZET à l'issu de ce projet nous a alors informé de la concrétisation de ce projet dans le cadre de la deuxième année du DUT GMP. En effet, l'ISARA par l'intermédiaire de la thésarde Laura VINCENT CABOUD ainsi que sa professeure tutrice Joséphine PEIGNE et le CREAS par l'intermédiaire de Jean PAUGET, nous ont sollicités afin de réaliser, de la conception à la fabrication, un outil de roulage. Le but étant de faire des essais expérimentaux dans le cadre de leurs recherches en agriculture biologique et de permettre aux agriculteurs de rouler leurs engrais verts. Nous avons donc couvert toute la démarche de la création d'un produit jusqu'à sa livraison. Nous avons pu bénéficier d'un budget de 5000€.

c. Pourquoi choisir un rouleau ?

Pour satisfaire les exigences d'un semis direct après destruction de l'engrais vert (sans les enfouir), il est nécessaire de positionner l'engrais dans le sens du semis afin que les plantes s'accrochent le moins possible au semoir. Il est également nécessaire d'avoir une décomposition lente des engrais, cela évite notamment le développement des adventices (mauvaises herbes).

Voici un comparatif des différentes solutions existantes pour détruire les engrais verts :

Fauchage

- Création d'andains donc de zones non recouvertes par l'engrais vert.
- Mise en position des plantes dans le sens du semis.
- La création du tapis végétal non homogène donc non conforme au CDCF, nécessité e passage d'un autre outil permettant d'étaler les andains, ce qui finalement ne met plus les plantes dans le sens du semis.



Broyage

- Destruction efficace, création d'un tapis homogène. Pas de problèmes pour semis direct derrière car les fines tiges de végétaux ne gênent pas.
- Mais hachage trop important donc décomposition trop rapide favorisant la repousse des adventices.



Roulage

- Destruction efficace de l'engrais, création d'un tapis homogène.
- Mise en position des plantes dans le sens du semis.
- Décomposition assez lente de l'engrais.



La volonté des clients étant d'obtenir une décomposition maîtrisée des végétaux, la technique du roulage se présentait comme étant la plus optimale pour répondre à cette fonction.

Nos clients nous ont donc tout naturellement orientés vers la conception et réalisation d'un rouleau destructeur. Le produit final devait être rendu au début du printemps 2017, période à laquelle les engrais verts sont généralement détruits.

B. ORGANIGRAMME

Voici l'organigramme représentant le comité de pilotage de ce projet.



C. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

Suite à nos premières informations de début de projet, nous avons pu élaborer un cahier des charges mais certains points soulevaient des interrogations. Ces interrogations ont été éclaircies lors d'une rencontre avec nos clients le 10 Octobre 2016 au CREAS. Nous leurs avons présenté une recherche de l'existant détaillée pouvant répondre à leurs attentes et également affiner certains besoins afin de finaliser notre cahier des charges.

Voici le cahier des charges que nous avons pu en tirer :

N°	Fonctions de service	Critères d'appréciation	Niveau d'exigence	Flexibilité
FP1	Détruire (couper et hacher) l'engrais vert et créer un tapis végétal homogène.	Ecraser des plantes d'une hauteur assez importante pour éviter qu'elles repoussent	Taille des plantes : sup à 20 cm de hauteur et pouvant mesurer plus d'un mètre.	0
		Aplatir les plantes afin de créer un tapis végétal homogène orienté dans le sens du semis.	Masse en utilisation ~1500kg Vitesse du tracteur : 10-12 km/h Longueur de travail : 3m	1
FC1	Résister à l'environnement	Résister aux conditions climatiques variables (humidité, température), s'adapter aux terrains. Ne pas rouiller, résister aux chocs, s'adapter aux dénivelés, bosses. Utiliser des matériaux qui répondent à ce besoin.	Imperméable, inoxydable.	0
				1
FC2	Ne pas altérer le sol	Respecter le terrain en lui laissant ces propriétés bienfaitantes (Ne pas retourner la terre). Taille/inclinaison des lames, forme et poids du rouleau.	Lames ~ 10 cm de hauteur Inclinaison des lames : de manière à éviter le soulèvement de la terre Masse d'utilisation ~1500kg	0
FC3	S'adapter au matériel	Attelage avant et arrière avec barre d'attelage.	Catégorie 2	0
FC4	Accueillir des lames différentes	Le rouleau doit permettre d'accueillir différentes lames pour varier les inclinaisons.	Système de mise en position et de maintien en position réversibles des lames.	1
FC5	Encombrement	Transportabilité/Montage-démontage : dimensions et poids du système	Rouleau monobloc : longueur 3m – masse à vide ~1000kg	1
FC6	Fabrication majoritairement faite à l'IUT	Les moyens présents à l'IUT doivent permettre de fabriquer le rouleau destructeur en grande partie.	Utilisation du matériel présent au maximum.	0
FC7	Etre d'un prix abordable	Le moins onéreux possible.	~ 6000 euros	1
FC8	Respecter toutes les lois et réglementations	Assurer la sécurité des utilisateurs et prendre en compte les normes de conception (attelage, etc....)	Règlementation européenne et française (CE et CCF)	0

II. LE TRAVAIL REALISE

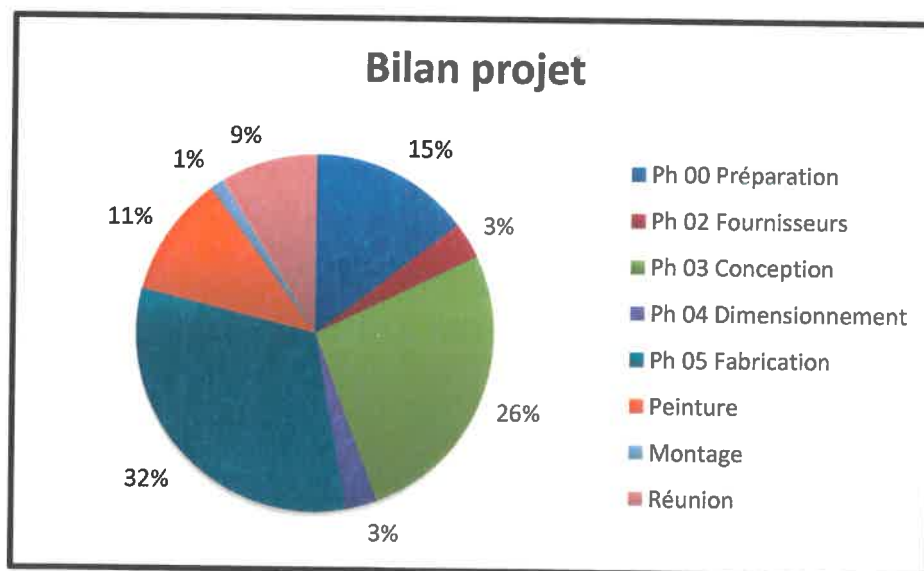
A. PLANNING PREVISIONNEL/PLANNING REEL

Pour nous organiser et mener au mieux ce projet, nous avons, dès le début, réalisé un planning prévisionnel sous Excel en mettant en avant les étapes du projet. Nous avons précisé la durée de celles-ci avec les personnes affectées et des jalons permettant de positionner des dates clefs à respecter pour que le projet se déroule dans les temps. Chaque jalon était détaillé de la manière suivante : titre/intitulé (décisions à prendre) /personnes concernées/lieux. Ce premier planning avait pour objectif d'organiser le travail à faire de septembre à fin décembre prenant en compte l'élaboration du CDC, la conception 3D du rouleau destructeur, la formation au soudage, et l'élaboration des premiers devis.

Nous avons par la suite décidé de réaliser un second planning afin d'organiser les étapes de la fabrication et de les coordonner avec l'arrivée des pièces. En annexe, vous pourrez voir ces deux documents.

Nous avons cependant rencontrés quelques difficultés tout au long de notre projet. Ces difficultés ont engendré des modifications de notre planning, les planning réels sont également présent en annexes à la suite des prévisionnels.

Ci-dessous, un diagramme représentant la proportion des différentes tâches relatives au nombre d'heure d'investissement dans chacune d'elles.



Dans l'ensemble ce projet a nécessité approximativement 927 heures de travail sur l'ensemble des 4 étudiants. Ce qui représente une moyenne de 230 heures par étudiant. Vous trouverez la répartition des tâches entièrement détaillée en annexes.

B. RELATION AVEC LE CLIENT

Tout au long de notre projet, nous avons essayé de garder un contact régulier avec les clients dans l'optique de faire des mises à jour régulières de leurs volontés et donc d'obtenir un résultat cohérent avec leurs attentes.

Pour ce faire, nous avons dès la réunion au CREAS, voulu instaurer une certaine dynamique, par l'intermédiaire d'un planning qui informe des dates clefs les sollicitant¹. Par ailleurs, ce planning nous a permis de nous « engager » sur ces dates prévues et donc de garder un certain rythme. Ainsi, après la réunion au CREAS où nous avons pu recevoir des réponses à nos interrogations, nous avons pu réaliser un prototype avec 8 configurations différentes (2 châssis et 4 configurations de lames différents). A la date échéante, nous avons envoyé cette CAO (CAO 2.0) à nos clients afin qu'ils puissent nous livrer des critiques et des préférences quant aux différentes solutions que nous apportons. Durant cette période-là, nous avons pu échanger avec eux par mail et téléphone ; de nouveaux enjeux sont apparus : distance entre lames environ de 15 cm, pression surfacique au sol (30kg au cm²), inclinaison des lames, volonté d'avoir 2 positions de lames possibles (incliné et verticale). De plus, ils nous ont livré leur préférence quant au châssis (châssis qui vient autour du rouleau) et à la disposition des lames ; cela nous a permis d'avoir une direction bien précise à suivre pour faire évoluer notre prototype.

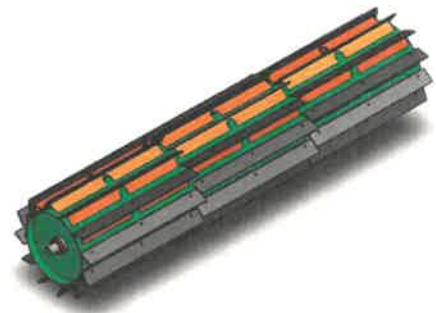
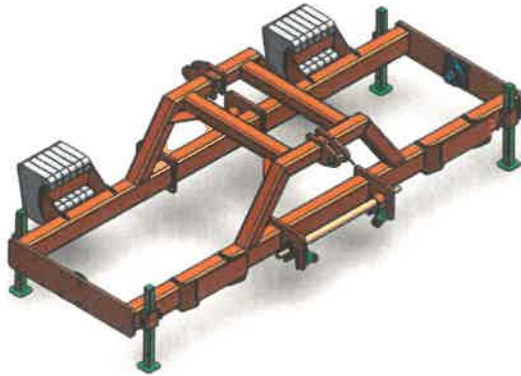
Une fois l'allure générale du prototype validée, nous avons lancé la fabrication avec l'élaboration des commandes. Ainsi tout au long de la fabrication, nous les avons contactés afin d'établir les commandes et en les informant régulièrement sur l'avancement de la fabrication.

¹ Cf Annexe « planning client »

C. NOS SOLUTIONS TECHNIQUES

a. DECOMPOSITION DU ROULEAU DESTRUCTEUR

Le rouleau destructeur est donc séparé en 2 parties majeures, la partie châssis et la partie rouleau : les plans sont joints en annexe.



Châssis :

- Attelage 3 points
- Ossature châssis
- Porte-masses
- Béquilles

Paliers applique
auto-aligneur
+ Entretoises

Rouleau :

- Rouleau
- Flasques (+douilles)
- Arbre
- Lames
- Cornières



b. PARTIE ROULEAU

Rouleau :

2 types de rouleau existent : les rouleaux pleins et les rouleaux creux. L'intitulé du cahier des charges était de réaliser une machine permettant de créer un tapis homogène de plantes sans trop altérer le sol ayant une largeur de travail de 3m.



Rouleau creux



Rouleau plein

Critères qui ont validé le choix du rouleau plein :

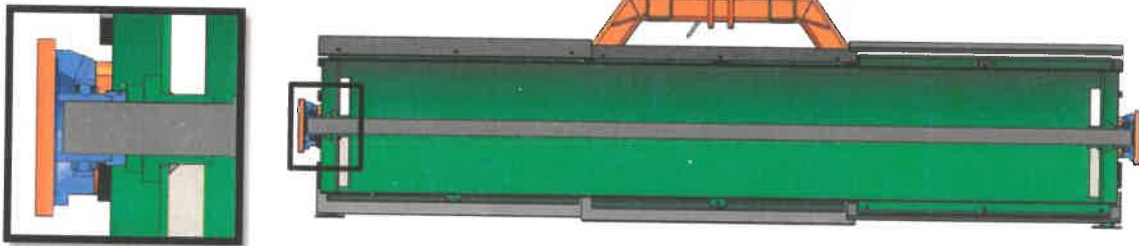
- Sa forme est plus efficace pour aplatir les plantes, en créer un tapis homogène.
- Le poids de notre machine est ainsi repris par le tube après l'enfoncement des lames, ce n'est pas le cas sur un rouleau creux et il y a donc un risque d'altérer le sol trop important, surtout si les terrains sont humides, gras.
- Au vu du poids que doit faire la machine, le rouleau plein se retrouve comme la solution la plus adapté pour écraser les plantes efficacement.

De plus nous devons penser à réaliser un rouleau où les lames peuvent être changées en cas de casses ou usures. Or aucun système ne présentait la double fonctionnalité « rouleau creux + lames interchangeable » et un système de ce genre nous paraissait difficilement réalisable. Nous avons donc décidé de nous orienter vers un rouleau de type plein.



Flasques et douilles :

Afin de lier l'arbre permettant la liaison pivot châssis/rouleau avec le tube de 508mm de diamètre nous avons décidé de placer 3 flasques d'épaisseurs 20mm (en accord avec les autres épaisseurs de flasques de l'ensemble). Cependant après réflexions, le positionnement des flasques de 20mm de large n'était pas de bonne qualité, en effet cela risquait de créer un rotulage des flasques sur notre arbre. C'est pour cela que nous avons choisi de rajouter une douille (en violet ci-dessous) entre l'arbre et les flasques afin d'obtenir un bon positionnement grâce à un centrage long et un épaulement. Les flasques sont donc en centrage court et en appui plan avec la douille. Nous avons réfléchi à l'endroit où nous pourrions souder ces deux éléments pour ne pas gêner l'assemblage. Après réflexion et conseil de M. Leroy et M. Lagarde nous avons réduit le nombre de flasques à deux au vu de la rigidité des flasques latérales et de l'arbre.



Les flasques ont été découpées à la machine jet d'eau en épaisseur 10mm (brut tole 1mx1mx10mm) et les douilles usinées au tour.



Flasque sortie de jet d'eau



Douille usinée à gauche, son perçage à droite

Nous avons par la suite soudé ces deux pièces au vireur, c'est un outil tournant permettant de tirer des cordons de manière circulaire. Les résultats n'étaient pas parfaits sur deux des quatre soudures effectuées, nous les avons donc meulées et ressoudées pour avoir un résultat convenable.



Soudure sur Douille + flasque



Le vireur

Sur conseil de M. Leroy nous avons rajouté des renforts sur les flasques pour augmenter leurs résistances par rapport aux possibles efforts latéraux.



Renforts soudés



Soudage renfort



Pointage renfort

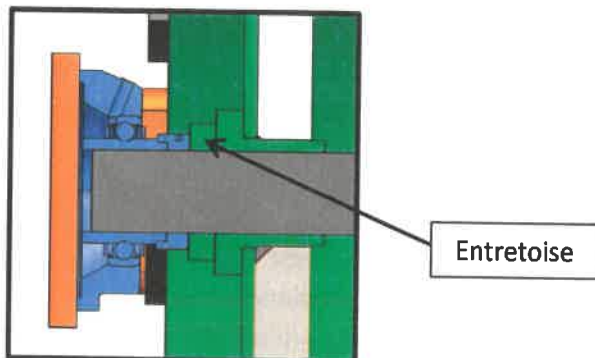
c. ASSEMBLAGE ROULEAU/CHÂSSIS

Cette liaison est réalisée sur tous les systèmes grâce à des paliers auto-aligneur de deux types : appliques et à semelle. Nous avons préféré mettre en place 2 paliers appliques car au vu du choix de notre châssis, et des profilés, ils sont mieux adaptés et plus facile à mettre en place que les paliers à semelle.



Palier applique

Enfin lors de l'assemblage final. Etant donné qu'il reste un jeu entre les paliers et nos douilles, nous avons décidé d'y placer des entretoises pour le combler et ainsi créer un arrêt en translation de notre rouleau.



Ces entretoises ont été réalisées après avoir pris les côtes lors du montage à blanc, ainsi nous avons pu déterminer de manière précise la longueur de ces entretoises afin de positionner au mieux notre rouleau.

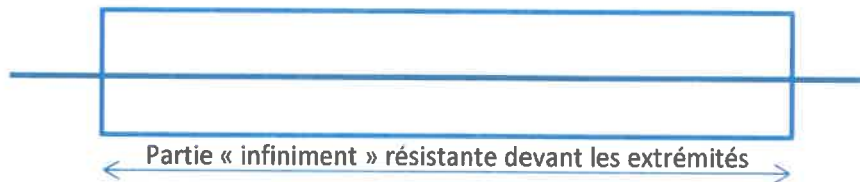


Montage à blanc

Arbre :

Pour l'arbre permettant la liaison pivot entre le châssis et le rouleau (en gris ci-dessus), nous avons remarqué que le profilé utilisé généralement variait autour des 50mm de diamètre jusqu'à 70mm pour le rouleau destructeur de chez Quivogne, en effet le Quivogne possède un arbre de 70mm mais il est prévu de travailler avec une masse maximum de 2500kg. Nous avons donc réalisé une étude statique pour dimensionner l'arbre sous RDM6.

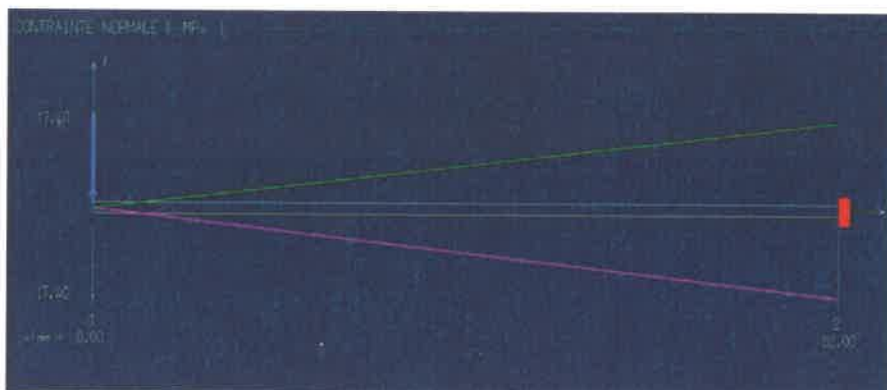
Hypothèses : au vu de l'ensemble mécano-soudé que forme l'ensemble {flasque, tube, arbre}. On peut considérer que la partie où se situe le tube a un moment quadratique beaucoup plus grand que les extrémités de l'ensemble, c'est donc les extrémités qui seront les plus sollicitées par le cisaillement et la flexion lors de l'utilisation du rouleau (levage, tractage...).



D'où le modèle suivant :



Modélisation RDM6 :



Ce résultat est à prendre avec précaution (le modèle poutre n'étant pas totalement vérifié). En effet le but de ce calcul n'était que de valider le diamètre de l'arbre par rapport à la contrainte de cisaillement. Nous n'avons pas pu obtenir un modèle convaincant concernant les contraintes en flexion.

Force = 4500N car poids du rouleau = 900kg lors du levage (cas le plus contraignant en statique).

Exploitation des résultats :

Diamètre arbre	50	60	70
Contrainte normale	30	17.4	10.95
Coefficient de sécurité	7.8	13.5	21.5

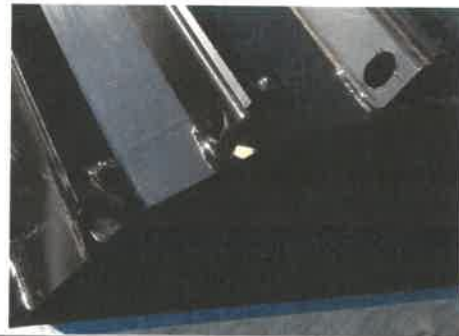
Nous voulions garder un coefficient de sécurité de plus de 10 sur cet élément, l'arbre de 60mm a donc été choisi.

Après avoir débité l'arbre chez le magasinier nous avons dû poncer l'arbre et les douilles car ces pièces s'assemblaient difficilement. Nous les avons ensuite soudées ensemble du côté intérieur pour pouvoir ensuite avoir une surface de contact propre entre les douilles et les entretoises. Cet ensemble a été ensuite soudé au rouleau.



Cornières porte lame :

Notre rouleau étant destiné à faire des essais expérimentaux, l'interchangeabilité des lames se présente comme une nécessité afin de pouvoir utiliser plusieurs jeux de lames aux caractéristiques différentes (cf. partie lame). De plus en cas de casse ou usure d'une lame il est possible de la remplacer. Nous ne pouvions donc pas souder comme il se fait généralement nos lames au rouleau. On a donc réfléchi à un moyen de fixation permettant le changement des lames. Nous avons pu tirer de la recherche de l'existant la solution constituant à souder des cornières porte lames (de 2 formes différentes) sur notre rouleau auxquelles nous pourrions boulonner nos lames présentant différentes inclinaisons (cf. partie lame).



Cornière porte-lames pour lames verticales à gauche, à 45° à droite.

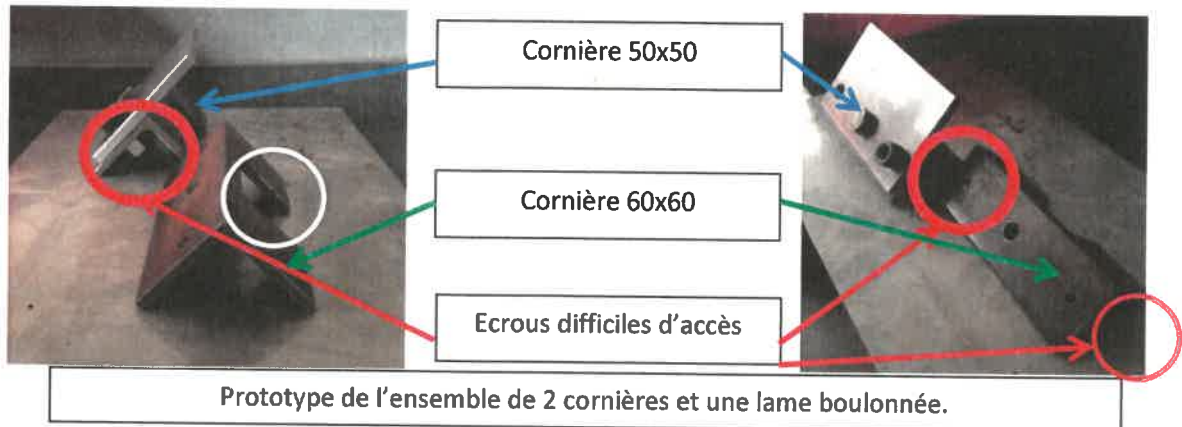
Ces 2 types de cornières se sont donc greffés dans la CAO 1.0 : une pour les lames verticales (abandonné par la suite, cf. partie lame) et une autre à ailes égales positionnant nos lames à 45° de dimension 50x50x5. Les lames étant maintenues avec 3 boulons.



Nous avons donc suite à l'avis du client gardé la solution des cornières.

Cette solution a cependant soulevé 2 problèmes :

- Les dimensions de nos cornières étaient trop faibles, la mise en place de nos écrous à l'intérieur des cornières à l'aide d'une clef était alors impossible. Les photos ci-dessous d'un prototype réalisé par nos soins permettent d'illustrer ce problème. Les trois écrous étaient donc impossibles d'accès.



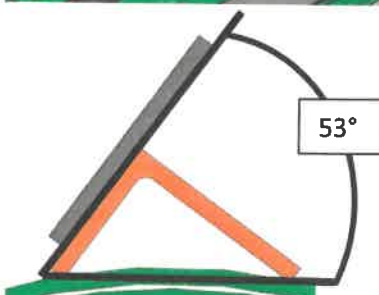
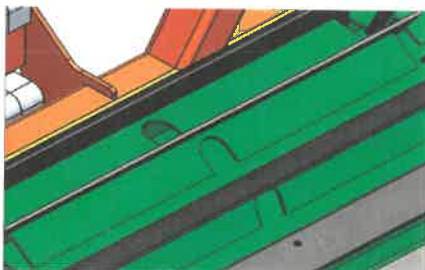
L'accès restait impossible à l'aide d'une clé plate ou avec une clé à œil pour les écrous latéraux (entourés en rouge) même avec une cornière de diamètre 60x60. Pour l'écrou central la solution technique choisie a été de réaliser une lumière (entouré en blanc) afin de permettre son accès.

- En parallèle, comme expliqué dans la partie lame, l'angle d'attaque de 45° semblait trop faible pour nos clients, pensant que la plante n'allait pas être suffisamment blessé.

Après réflexions, un passage en cornière de 60x80x7 permettait de redresser cet angle à 53° répondant aux besoins de nos clients.

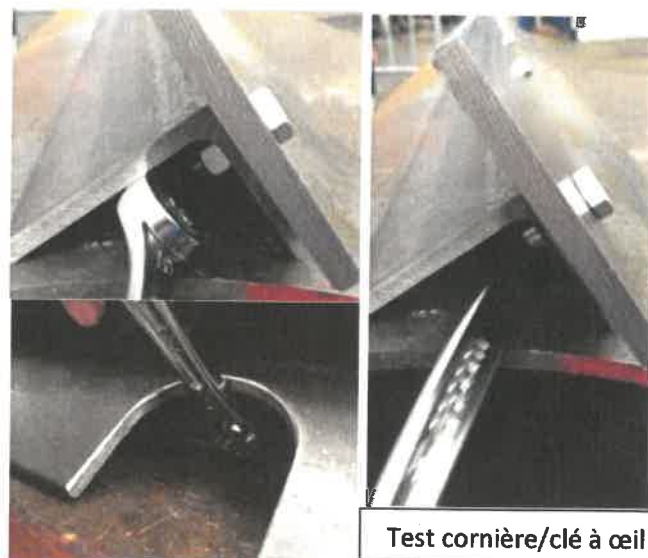
Il ne restait plus qu'à solutionner le problème d'accessibilité, avec ces nouvelles dimensions, les écrous latéraux n'étaient toujours pas tous accessibles. En effet les écrous situés là où les cornières se chevauchent (dû à la résolution du problème de pianotage) (entouré en rouge gras) ne pouvaient toujours pas être positionnés aisément.

La solution finale a donc été de raccourcir nos cornières, en effet la nouvelle longueur permettait de maintenir nos écrous à l'aide d'une clé à œil avec aisance.



CHALUMEAUX Arnaud
C. DE MAGNY Aimery

GAURAND Loïc
FLEURY Jérémy



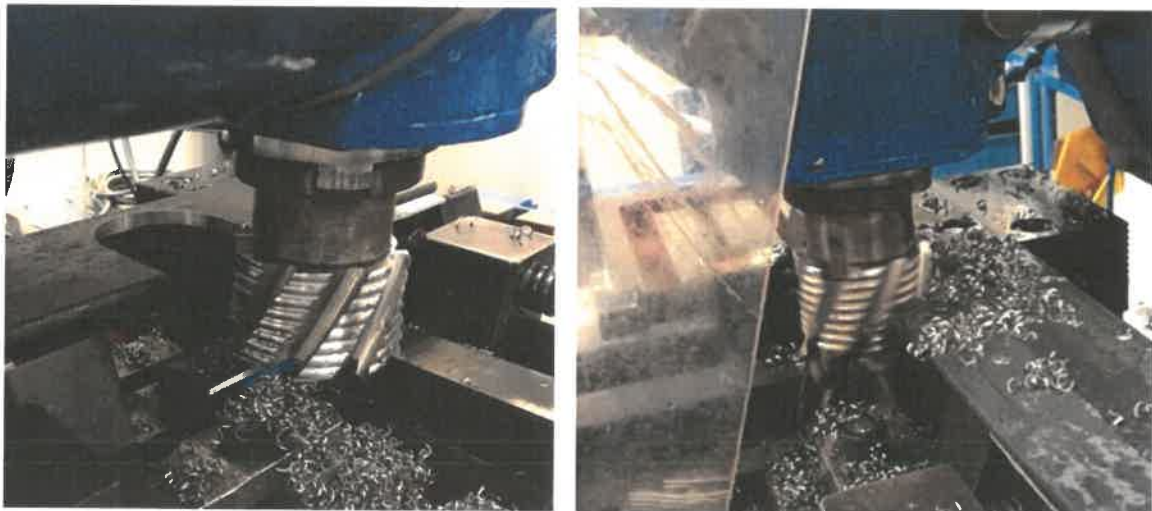
~ 18 ~

Professeurs tuteurs :
L. PEZET & L. CAZARD

Lors du montage d'essais de nos lames sur nos cornières, nous avons pu voir la complexité de ce montage pour une seule personne. En effet le fait de devoir à la fois maintenir notre lame en place, positionner la vis et également l'écrou en même temps est très compliqué pour une seule personne. Laisser cela comme ça aurait impliqué de devoir changer les lames à deux lorsque cela est nécessaire. Pour pallier à cette complexité, nous avons décidé de souder nos écrous sur nos cornières.

Usinage des cornières :

Pour réaliser nos cornières, nous avons commandé des profilés de 6m de long que nous avons ensuite débité à la longueur voulue. La réalisation des lumières a été faite à l'aide d'une fraiseuse et d'une fraise grignoteuse que nous avons dû acheter sur conseils de M. PEZET. En effet les outils présents à l'IUT ne permettaient pas de les réaliser de façon efficiente, nous mettions environ 3 fois plus de temps sur une cornière avec les outils disponibles (3 passes nécessaires) qu'avec une fraise grignoteuse (1 seule passe). Ayant la nécessité d'usiner 37 lumières, il était préférable de se procurer cette fraise grignoteuse.



Usinage d'une lumière à l'aide de notre fraiseuse grignoteuse

Cet usinage explique la forme finale arrondie de nos cornières, ce qui n'est pas gênant pour accéder à l'écrou central.

Nous avons ensuite soudé nos 36 cornières sur notre tube de diamètre 508mm, pour ce faire nous avons commencé par souder les trois premières avec le décalage souhaité entre deux cornières. Pour souder les 11 restantes par ranger, (12 cornières par rangée au total, voir partie lame) il a fallu que l'on s'appuie sur un outil que nous avons réalisé pour pouvoir obtenir le bon écart angulaire entre chaque lame, cet outil a été réalisé à l'aide de deux pièces usinées à la machine jet d'eau, 2 tiges filetées et 8 écrous. Nous avons ainsi pu souder l'intégralité de nos cornières avec l'aide de cet outil pour le positionnement.

Nous n'avons bien entendu pas soudé nos cornières sur toutes leurs longueurs. Après analyse des existants, des conseils de M. PRADEL, M. LAGARDE et ceux de nos profs tuteurs nous nous sommes orienté vers plusieurs petites longueurs de soudage sur les cotés des cornières. Nous en avons réalisé 3 d'un coté (2 aux extrémitées et une au centre) et de l'autre 4 (2 aux extrémitées et 2 aux bords de la lumière). Ces 7 cordons garantissant le bon maintien de nos cornières.



Positionnement d'une cornière à l'aide de notre outil



Soudage d'une cornière



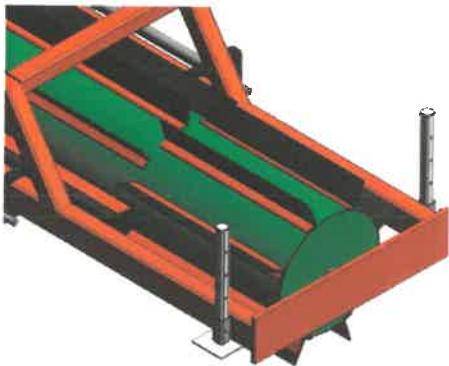
Résultat final et final peint avec 2 lames

Lames :

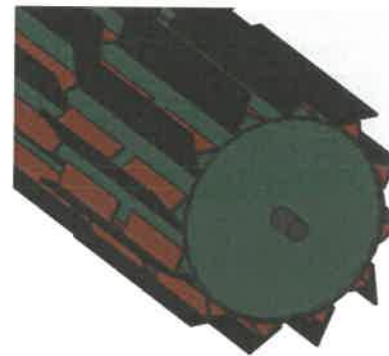
Espacement entre les lames :

Dans le but de blesser de façon efficiente les plantes lors du roulage, il fallait que nos lames soient suffisamment grandes. Les tailles dans le domaine du roulage oscillent entre 5 et 15cm. Cependant il ne fallait pas que nos lames soient trop grandes car notre rouleau se devait de ne pas altérer le sol. Une discussion avec nos clients prenant en compte ces éléments a abouti à une longueur de lame de 10cm.

De plus les plantes doivent être blessées, sectionnées de manière régulière, ce qui se traduit sur notre rouleau par l'espacement entre les lames. Nous étions tout d'abord partie sur une distance de 30cm mais après retour de nos clients, cette longueur paraissait beaucoup trop grande par rapport aux attentes. En effet les petites plantes de moins de 30 cm seraient mal sectionnées, voire pas du tout, ne garantissant donc pas leur future décomposition. De plus il fallait garder une distance respectable afin d'éviter que des cailloux ne viennent se coincer entre les lames et une distance trop courtes n'a aucun intérêt, les plantes devant être sectionnées une ou deux fois minimum. De plus avec nos cornières-porte-lames décrites plus haut prenant une certaine place, nous ne pouvions pas réduire l'espacement en dessous d'une certaine valeur. Il fallait donc trouver une distance en harmonie avec toutes ces contraintes. Nous avons tranché sur un nombre de lames de 12 sur la circonférence du rouleau, ce qui nous fait une distance de 18.5cm entre chaque lame, distance satisfaisante pour le rouleau.



7 lames verticales



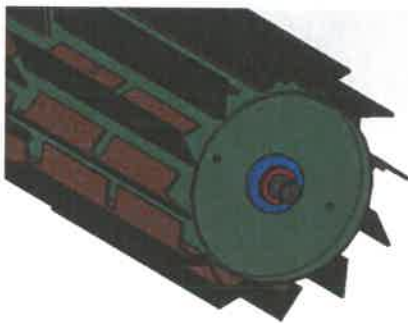
12 lames à 45°

Inclinaison des lames :

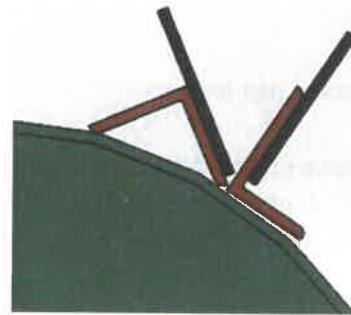
Il est intéressant de voir que plusieurs angles d'attaques sont utilisés afin de blesser les plantes, parfois les lames sont perpendiculaires au rouleau, mais sur certains systèmes les lames peuvent être inclinées jusqu'à 45°. Nos clients souhaitaient pouvoir tester plusieurs inclinaisons de lames, de préférence une position à 90° et une autre entre 45° et 90°. Les modèles proposés lors de la CAO 1.0 proposaient donc de disposer 2 supports de lames différents : une cornière en L permettant d'attaquer le couvert avec un angle de 90° et un autre support : une cornière à ailes égales permettant les 45°. Chacun de ces supports pouvant accueillir le même type de lame (fer plat). Mais par la suite, nous nous sommes aperçus qu'avec deux supports de lames différents, il devenait impossible d'obtenir un

espacement entre chaque lame de moins de 20cm car pour ce diamètre de rouleau, les supports de lames s'entrechoquaient. Il aurait alors fallu augmenter considérablement la taille de notre machine, tube et donc châssis, le poids à vide d'une tonne aurait alors été impossible à garantir. De plus 2 supports de lames engendraient l'usinage de 36 cornières supplémentaires, peu envisageable au vu de la quantité de travail rajouté. En parallèle, nous avons reçu via Laura VINCENT-CABOUD des informations sur ces inclinaisons : plusieurs agriculteurs ont constaté lors de roulage que des lames à 90° blessent trop le couvert végétal, sa décomposition est donc trop rapide, ce qui n'est pas souhaitable. Nous avons donc oublié l'idée des deux supports de lames.

La solution finale a été de proposer une cornière porte lame garantissant un angle de 53°, l'angle de 45° paraissant trop faible pour blesser les plantes. De plus ces cornières permettent la fixation de plusieurs jeux de lames, il suffit pour cela d'avoir des lames pliées suivant différents angles, on peut alors même retrouver un angle de 90°. Nous avons donc proposé cette solution à nos clients qui a été validé, on leur fournissait ainsi un jeu de lames plates garantissant l'angle de 53° et ils pouvaient, s'ils le souhaitaient faire sous-traiter un jeu de lame avec une inclinaison différente.



Cornière garantissant l'angle de 53°



Cornière pour lames verticales et à 45°

Le pianotage :

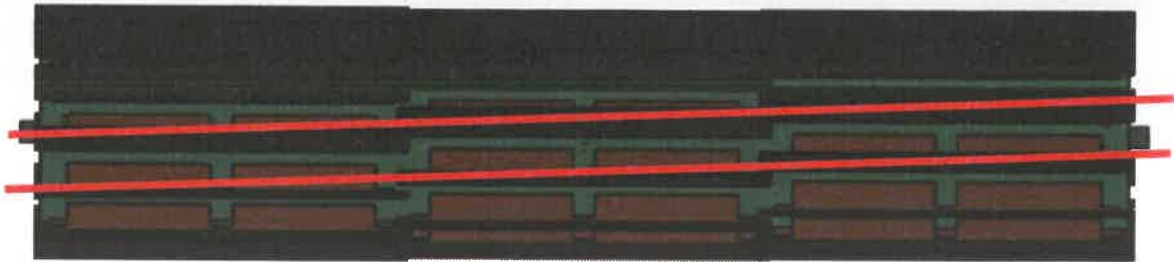
Nous avons rencontré un autre problème lors du positionnement des lames, lorsque le rouleau roule, les lames engendrant une surface extérieure non circulaire, un phénomène de pianotage est alors créé. En effet le rouleau vibre de bas en haut, on peut se l'imaginer par une roue dentée roulant sur une table. Les solutions résolvant ce problème dans le secteur sont de créer des lames hélicoïdales, une partie de la lame est alors en permanence en contact avec le sol ce qui évite le pianotage. Malheureusement cette solution n'était pas envisageable car l'usinage de telles pièces auraient été impossible au sein de l'IUT. Nous avons donc opté pour la deuxième solution qui règle ce problème : scinder nos lames en plusieurs parties, tout en les décalant les unes par rapport aux autres sur la longueur du tube. Cela se rapprochait le plus des lames hélicoïdales tout en conservant une fabrication faisable. Nous avons hésité entre 4 lames décalées ou 3, mais nous aurions eu trop d'usinage en prenant les 4 lames (12 lames et 12 cornières en plus), de plus les 3 lames devraient suffire pour régler le problème du pianotage avec 3x12 lames de 1m en décalage. Ci-après nous voyons bien la ligne rouge hélicoïdale que cela crée.



Lames hélicoïdale chevron



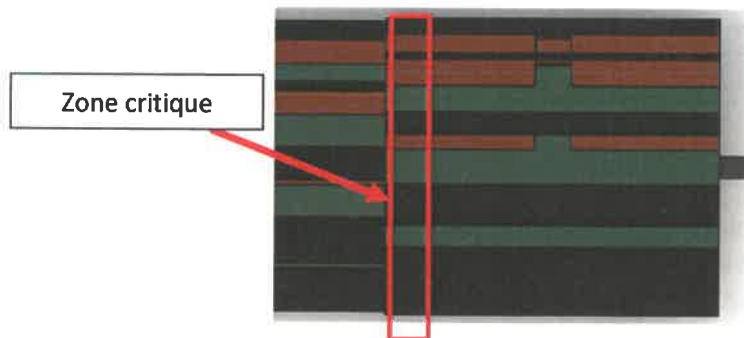
Lames décalées sur la longueur



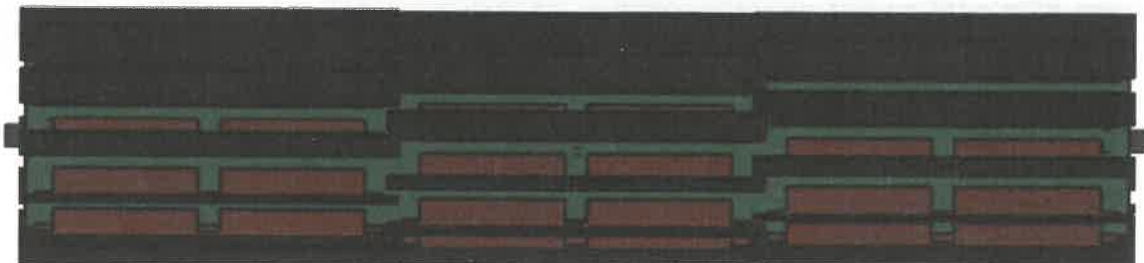
Effet hélicoïdale créé

Longueur des lames :

Nous étions donc partis sur des lames de longueur d'un mètre mais une remarque de M. LEROY a engendré une augmentation légère de la longueur de nos lames. En effet nous avons peur qu'avec la longueur d'un mètre, certaines plantes ne soient pas sectionnées suivant les zones critiques entourées ci-dessous en rouge.

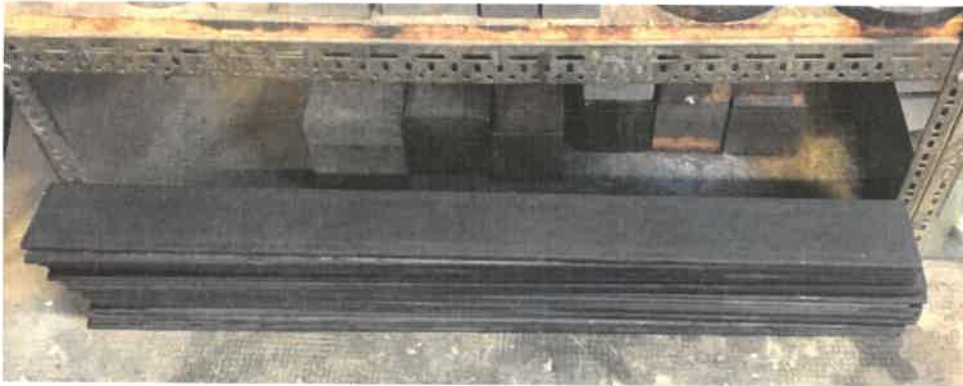


Cette augmentation de longueur a donc permis d'obtenir ce résultat final ou il y a peu de chance qu'une plante ne soit pas sectionnée sur sa longueur.



Usinage des lames :

L'usinage de nos lames a été relativement simple, nous avons commandé des profilés plats d'une longueur de 6m, épaisseur 8mm et largeur 100mm que nous avons débité à la longueur voulue. Nous avons ensuite percé ces lames à l'aide d'une perceuse à colonne, pour gagner du temps nous percions 2 lames à la fois avec une lame percée comme guide, cela évitait de retracer les positions des perçages sur chaque lame. Nous avons terminé leur usinage en chanfreinant les trous réalisés.



Lames débitées



Perçage de 2 lames



Montage d'usinage pour les perçages

d. PARTIE CHASSIS

Ossature châssis :

Afin d'élaborer l'ossature du châssis, nous sommes partis de la seule donnée de départ : le rouleau sera attelé à un tracteur de catégorie 2 avec par conséquent l'obligation d'avoir un châssis présentant un attelage 3 points. Nos clients souhaitant un double attelage, nous avons pour déterminer l'ossature du châssis, plus qu'à relier les 3 points avec les 2 extrémités du rouleau.

Lors de la recherche de l'existant, nous avons remarqué que 2 types d'ossatures sont présents sur ce type de machine agricole : un châssis supportant le rouleau ou alors un châssis l'englobant. Les photos suivantes montrent ces 2 types de structures.

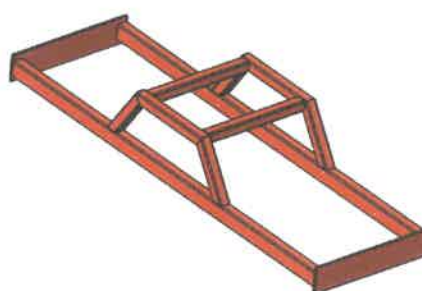
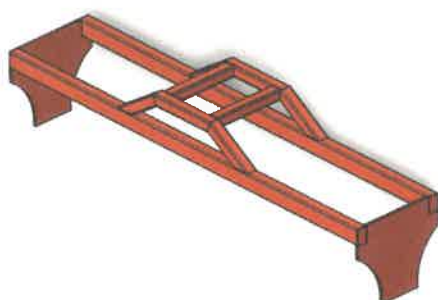


Châssis portant



Châssis englobant

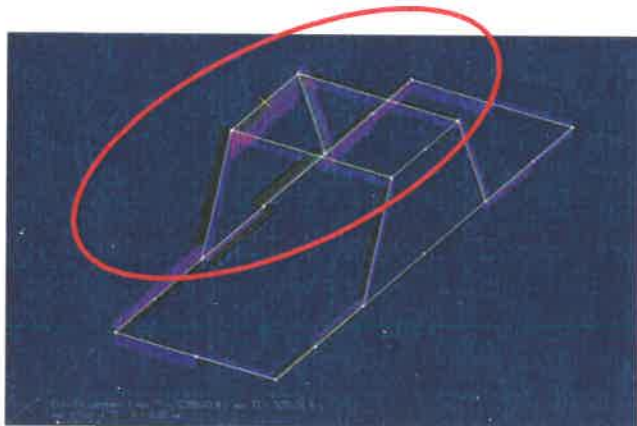
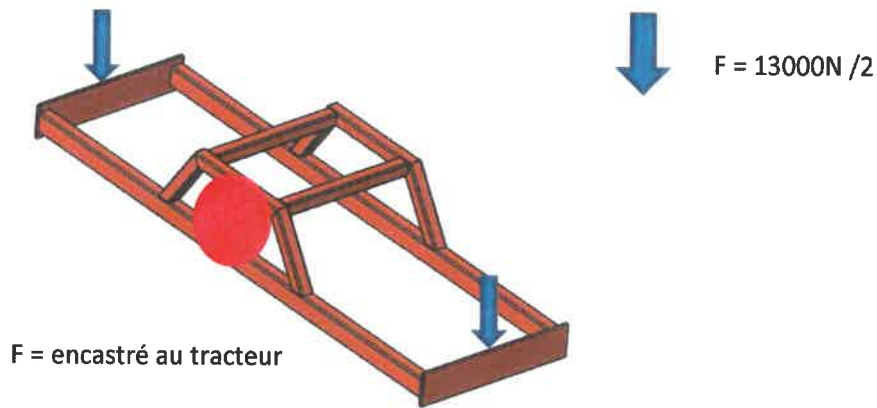
Nous avons donc décidé de réaliser 2 châssis suivant ces deux modèles pouvant supporter un rouleau de largeur de travail de 3m que nous avons proposés au client lors de la CAO 2.0 (voir ci-dessous), leur réponse nous a orienté vers le châssis englobant la structure.



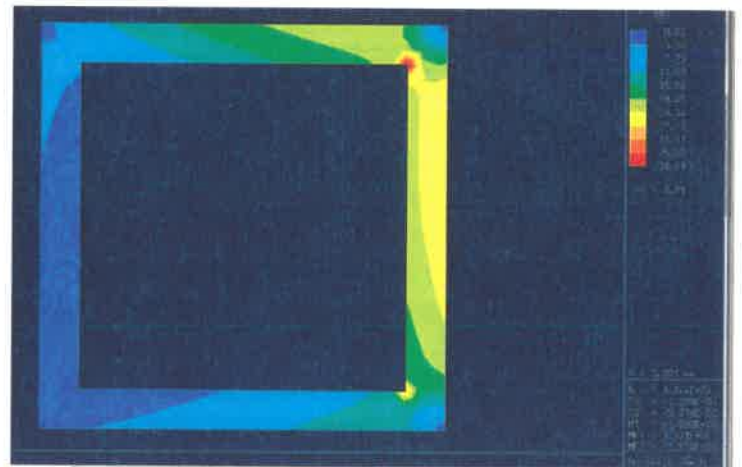
Nos réflexions ont ensuite amené le châssis à évoluer légèrement notamment sur les dimensions des profilés et le rajout de goussets. Les dimensions des profilés ont ainsi été choisies en s'appuyant sur ceux utilisés pour des machines de ce type.

Nous avons pu valider la structure globale de notre châssis en s'appuyant sur un calcul de dimensionnement de la structure globale du châssis. Les résultats que l'on obtient sont à prendre avec précaution puisqu'il est difficile d'émettre des hypothèses qui nous rapprochent au maximum de la réalité.

Nous avons considéré que le cas le plus critique pour le châssis se trouve lorsqu'on soulève le rouleau. Voici la structure étudiée :

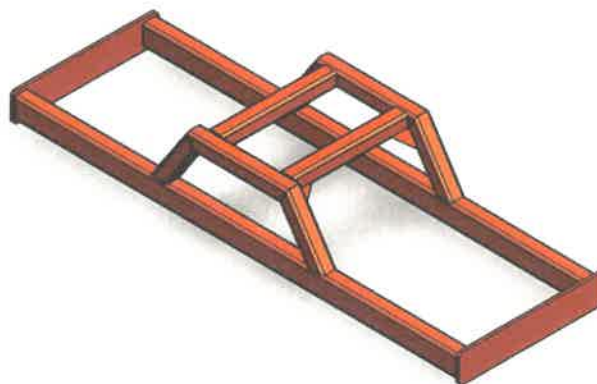


Effort tranchant sur la structure



On arrive à une contrainte maximale de 38 Mpa

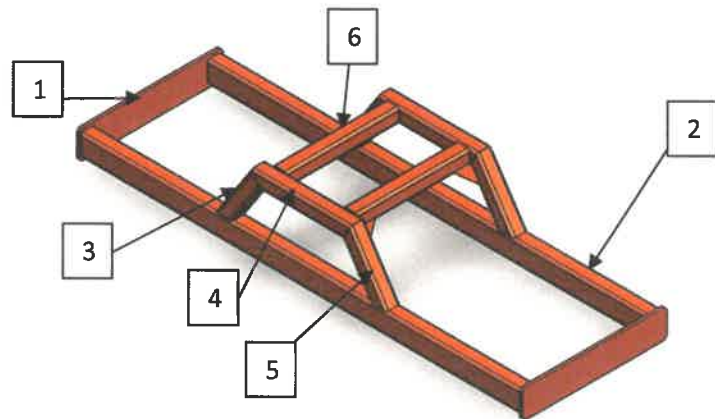
Cela nous a donc amené au châssis final suivant :



La fabrication du châssis s'est déroulée en plusieurs étapes. Tout d'abord nous avons avec l'aide du magasinier découpé tous les profilés nécessaires ainsi que les deux plats. Pour cela nous avons utilisé une machine de découpe qui nous a permis de les débiter rapidement. Ensuite nous avons percé les plats avec une perceuse à colonne pour leur permettre d'accueillir les paliers à applique.



Découpe d'un profilé



Une fois que toutes les pièces étaient prêtes, nous avons dû réfléchir à la manière de souder notre châssis pour que ce dernier ne se déforme pas trop lors du refroidissement des soudures. Nous avons donc demandé des conseils à M. Pradel et avons donc pris la décision de décomposer le châssis en deux parties : la partie inférieure composée des deux profilés rectangulaires (2) avec en plus les deux plats (1) et la partie supérieure avec les profilés carrés (3) (4) (5) et (6). L'ensemble châssis a été entièrement soudé à l'électrode enrobée avec des baguettes G48N de diamètre 4mm comme toute les autres soudures, cornières, flasques etc... Tout d'abord nous avons soudé les profilés 3, 4 et 5 ensemble fois 2. Pour cela nous avons pointé les profilés 3 et 4 sur une tôle afin d'avoir un ensemble qui ne se déforme pas et qui puisse être posé à plat sur les longs profilés rectangulaires.



Montage des 3, 4 et 5 sur une tôle



Pointage du 3 sur une tôle



Les 2 ensembles soudés

Nous nous sommes ensuite occupés de la partie inférieure du châssis. Pour cela, nous avons mis en place à l'aide de cales les deux profilés rectangulaires et les deux plats en positions puis nous les avons pointés. Cet ensemble étant difficilement déplaçable à la main, nous avons réalisé seulement les soudures sur un seul plan car notre maîtrise du soudage ne nous permettait pas de souder en montante ou descendante. Ensuite, nous avons positionné la partie inférieure du châssis et l'ensemble 3, 4 et 5 de manière à pouvoir les pointer. Enfin, nous avons pointé les deux profilés reliant les deux ensembles 3, 4 et 5.

Une fois le châssis complètement pointé, nous avons soudés les pièces entre elles à l'extérieur du pôle soudage. Toutes les soudures ont été réalisées en position dite à plat ou en angle grâce notamment à l'aide de Monsieur Canot qui nous mettait le châssis en position sur élevée grâce au manitou. Cependant certaines soudures nécessitaient une préparation spécifique. En effet entre les profilés 3 et 2, les congés ne permettaient pas de souder directement. Nous avons donc mis une petite baguette d'acier dans le congé avant de faire la soudure pour pallier au manque d'acier, ces soudures ont nécessité 2 passes.

Sur conseil d'un membre du personnel de la maintenance, Jean Paul, nous avons pris soin de tirer nos cordons de soudures tous dans le même sens afin d'éviter que nos profilés vrillent.



Partie inférieure du châssis



Pointage en cours



Baguette placée dans le congé du profilé



Châssis pointé entièrement



Mise en position du châssis pour le souder à plat

Attelage 3 points :

N'ayant que la catégorie du tracteur sur lequel doit s'atteler le rouleau comme indication en début de projet, nous avons envisagé 2 solutions d'attelage, un attelage 3 points classiques et un de type triangle.



Attelage trois points traditionnelle



Triangle male

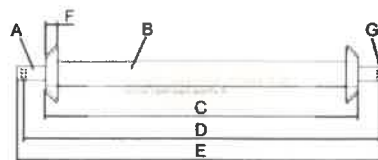


Attelage triangle male + femelle



Triangle femelle

Mais lors de la réunion de 10 octobre, nos clients nous ont demandé d'intégrer au système une barre d'attelage simplifiant l'attelage de la machine. Cette barre d'attelage est normalisée, donc elle convient à tous les tracteurs de catégorie 2. Afin de déterminer la barre d'attelage et en savoir davantage d'avantage sur les formes de logements de barre d'attelage, nous nous sommes rendus le 11 janvier au CREAS afin de prendre les mesures de celles utilisées (diamètre, longueur entre les oreilles notamment). Ces mesures nous ont permis de déterminer la barre d'attelage pour notre rouleau destructeur. Voici les dimensions :



A = 28 MM
B = 50 MM
C = 810 MM
D = 965 MM
E = 990 MM
F = 20 MM
G = 11.50 MM

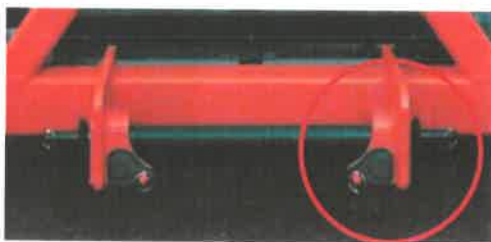
Notre CAO s'est donc dirigée vers cette solution, nous avons réalisé cela grâce à une recherche d'attache trois points ainsi que de système avec barre d'attelage. Nous en avons tiré comme information la forme des flasques d'attache en trouvant intéressant d'un point de vue sécuritaire le fait que les flasques englobent le profilé. Voici quelques photos l'illustrant :



Barre attelage



Ainsi à partir de la longueur séparant les 2 oreilles, nous avons pu confirmer la longueur séparant les 2 flasques englobantes.



La pièce où vient se loger la barre d'attelage doit aussi prévoir le système de maintien de celle-ci. Ainsi, ce système est décomposé en 3 parties principales :

- La flasque englobante
- Le logement de l'arbre d'attelage
- La goupille de sécurité

La flasque englobante :

Nous avons ainsi dessiné cette pièce de découpe en essayant de garder une certaine ressemblance à celle que nous avons pu voir sur certaines machines (CREAS, foire au Beaucroissant). De la même manière, nous avons choisis une épaisseur de 20mm.

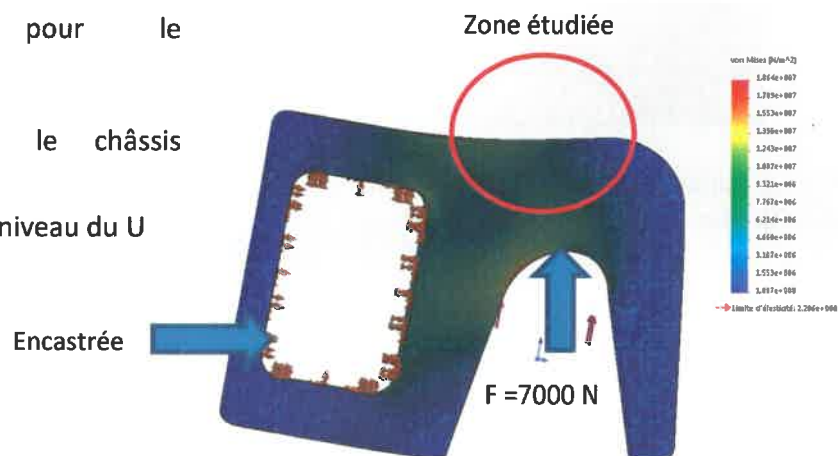


Epaisseur flasque

Afin de valider la forme de ces pièces ainsi que l'épaisseur choisit, nous avons fait un calcul de dimensionnement sur Solidworks dont voici les résultats :

Les hypothèses pour le dimensionnement :

- Encastrée avec le châssis (soudé)
- Effort vertical au niveau du U



Effort vertical $F = P/2 +$ l'effort engendré par les masses sur les portes masses estimées à 7000 N.²

On retrouve au niveau de cette zone une contrainte maximale de 9 MPa. Ce qui valide à la fois la forme et l'épaisseur choisie.

Nous avons donc dû sous-traiter ses pièces à une société de découpe laser, en effet la découpe jet d'eau n'est pas assez précise avec une épaisseur de tôle de 20mm.

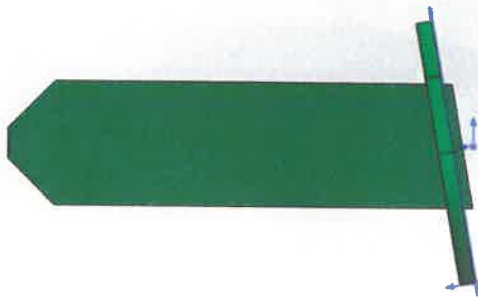
² P = poids total du rouleau

Logement de la barre d'attelage :

Cette pièce a alors été conçue en trois parties, la partie arrondie a été fabriquée en coupant en deux une pièce effectuée en tournage. Les deux autres parties ont été effectuées à la découpe jet d'eau en épaisseur de 10mm. Ainsi nous avons pu souder toutes ces parties ensemble pour pouvoir répondre à la problématique d'attelage au tracteur.

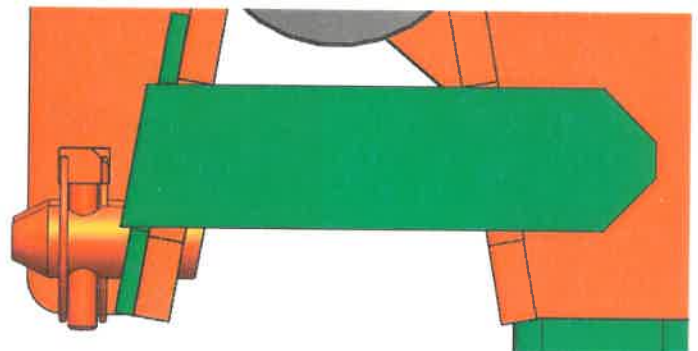
Goupille de sécurité :

Cette pièce est l'association par soudage d'une pièce de découpe jet d'eau et d'une brute rectangulaire.

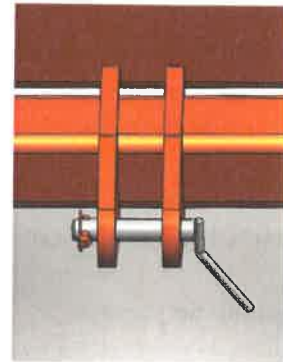


La difficulté dans la fabrication de cette pièce était de pouvoir obtenir un appui plan entre la partie plane de la goupille et celle de l'accueil en U de l'arbre. D'où la nécessité d'avoir cette pièce de découpe inclinée angulairement par rapport à l'axe de la goupille qui doit rester horizontale par rapport au sol. Ainsi pour faciliter la fabrication, nous avons donc veillé à laisser un jeu assez conséquent entre les dimensions de la goupille et son emplacement dans le plat. Ensuite, cette goupille sera elle-même bloquée au moyen d'une axe soudé sur la pièce de découpe et d'une goupille Beta.

On aboutit donc au système suivant :



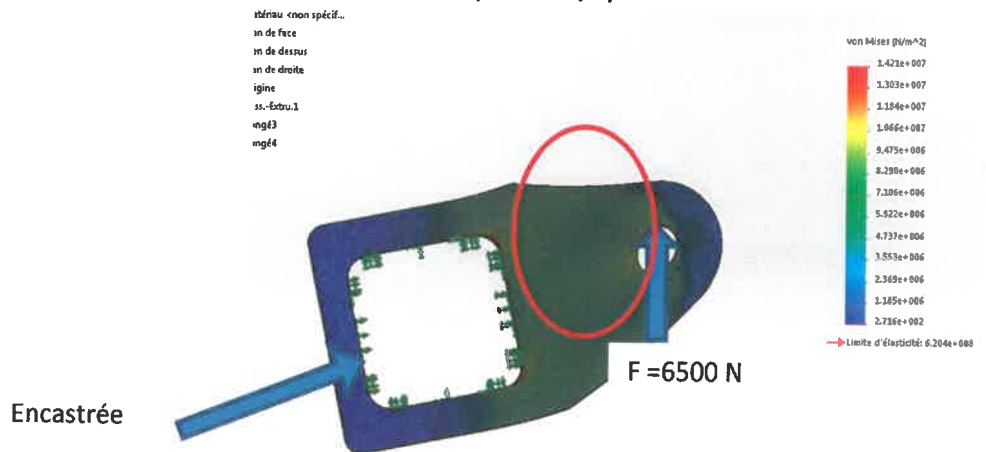
Le point d'attache haut est composé de deux pièces de découpe d'épaisseur 20 mm et d'une broche pour relier ces 2 pièces. Comme pour les pièces des attaches du bas, nous les avons sous traitées chez AVLT Technologie.



Afin de valider la forme et l'épaisseur de ces pièces, nous avons fait une étude de dimensionnement que voici :

Les hypothèses pour le dimensionnement :

- Encastrée avec le châssis (soudé)
- Effort vertical au niveau de l'emplacement du haut (13000N/2)



On retrouve au niveau de cette zone une contrainte maximale de 10 MPa. Ce qui valide à la fois la forme et l'épaisseur choisie.

On arrive donc au système d'attelage suivant :



Portes masses :

Un point du CDCF nous demandait de réaliser un rouleau d'un poids raisonnable pour le transport sur lequel on peut apporter du poids amovible afin de garantir son efficacité lors du travail. Nos recherches nous ont orienté vers 3 solutions :

- Remplir le rouleau d'eau.
- Bac pouvant accueillir des poids et des pierres positionnées sur le dessus du châssis.
- Accueillir des masses amovibles de type jerricane comme ci-dessous, sur des supports.



Bac masse amovible



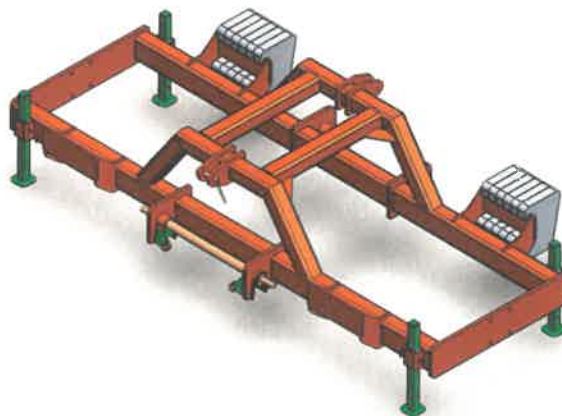
Support masse jerricane



Masse jerricane

Remplir le rouleau d'eau engendrait la contrainte d'étanchéité, de plus lors de l'utilisation de la machine au printemps, le risque du gel n'était pas exclu et l'utilisation d'antigel n'était pas envisageable au sein de l'agriculture biologique, nous ne pouvions pas réaliser cette solution. La solution du bac ne nous semblait pas assez réfléchi, l'utilisateur doit porter les masses plus haut que pour les portes masses jerricanes. Par ailleurs, nos clients possédaient des masses jerricanes, la solution retenue a été de rajouter des portes masses jerricanes sur notre châssis.

Ces portes masses sont au nombre de 4 sur notre châssis, nous pouvons donc en remplir 2 lors de l'utilisation du tracteur (les 2 opposés au côté de l'attelage choisi).



Châssis avec 2 portes masses remplies

La forme de ces portes masses a été conçue pour que le bas des masses jerricanes soit environ au niveau du bas de l'attache trois point, risquant le moins possible de toucher le sol. Nous avons commandé un plat laminé de 150mm de large et de 12mm d'épaisseur pour pouvoir ensuite le couper à la longueur souhaitée. La longueur a été choisie pour pouvoir accueillir un nombre de masse jerricane permettant l'ajout de 300 kg à la structure. Le poids d'une masse étant de 30kg et remplissant 2 portes masses lors de l'utilisation, il a fallu prévoir d'accueillir 5 masses par support. C'est ce qui a justifié leur longueur. Les flasques des portes masses ont été effectués à la découpe jet d'eau en 10mm. Elle englobe une bonne partie du châssis afin de garder une homogénéité avec les flasques de l'attelage mais pas totalement car le soudage du châssis avait déjà commencé lorsque ces pièces ont été réalisées. On ne pouvait donc pas attendre la fin de la réalisation de ces pièces pour commencer le soudage de notre châssis, le retard encaissé aurait été trop important.



Découpage jet d'eau



Châssis pointé avec 4 flasques pour portes masses



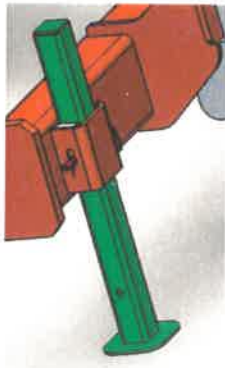
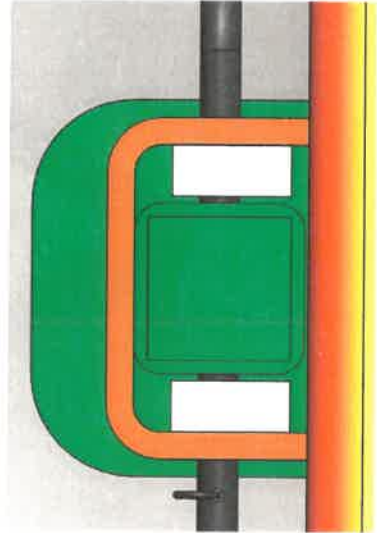
Un porte masse avec une masse jerricane



Résultat final

Béquilles :

Sachant que le rouleau destructeur est susceptible de voyager un certain nombre de fois, nous avons opté pour 4 béquilles aux quatre coins du châssis. Ces 4 béquilles seront là pour assurer la stabilité lors du transport, et bien entendu lors du stockage de l'outil. Suite à une remarque, nous avons décidé de placer la béquille glissante dans un profilé en U, cela évite l'arc-boutement possible entre deux profilés carrés. Pour obtenir une liaison glissière efficace entre la béquille et le châssis, nous avons fait découper un reste de profilé 150 par 100 (utilisé pour le châssis). Nous l'avons ensuite divisé en 2 afin d'avoir le profilé en U. Cependant la béquille étant un profilé de 50 par 50 et le demi profilé formait un emplacement de 84 mm, il y avait un jeu de 34mm. Pour limiter ce jeu, nous avons soudé des brutes rectangulaires à l'intérieur du U afin de limiter le jeu latéral à 4mm.



Ce dont nous nous sommes inspirés :

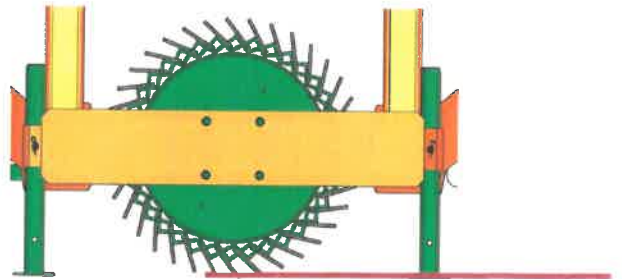


Nos béquilles sont dimensionnées de manière à pouvoir supporter l'ensemble du poids du rouleau destructeur.

La béquille possède 2 positions possibles :

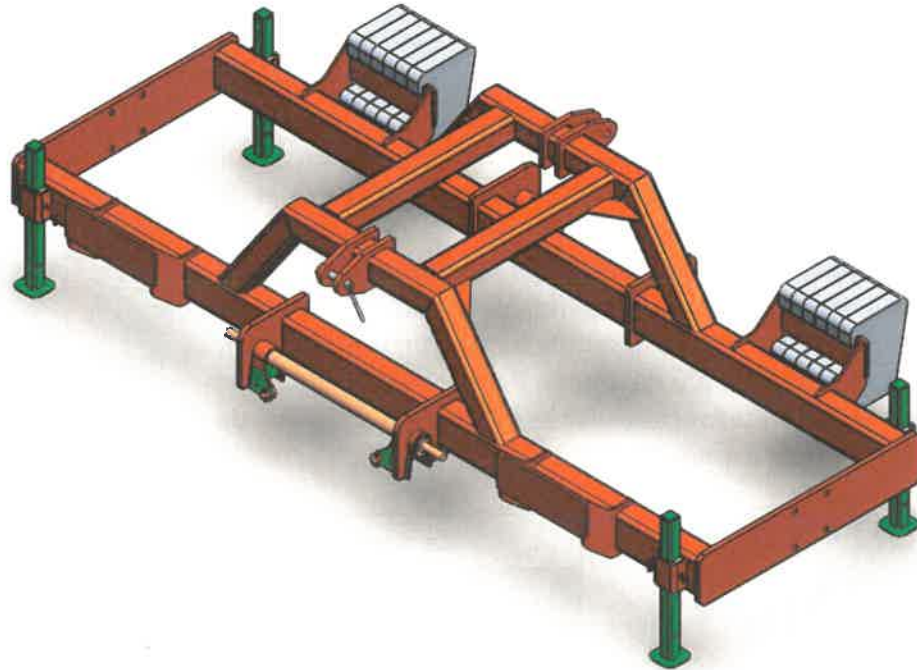
- La position haute : lorsque le rouleau est en fonctionnement.
- La position basse : lorsque le rouleau est en repos.

Pour réaliser cette position basse, nous avons percé 3 trous pour pouvoir régler la hauteur de la béquille en fonction du sol. La position médiane a été calculé de manière à ce que l'extrémité de la béquille coïncide avec l'extrémité de la lame la plus basse.



Ensemble :

Toutes ces solutions nous amènent donc au châssis suivant :



D. PEINTURE

Avant de réaliser la première couche de peinture nous avons dû enlever la rouille présente sur notre rouleau et notre châssis. Nous avons ensuite utilisé de l'acétone pour dégraisser les différentes pièces.

La première étape de la peinture a consisté à réaliser une sous couche nécessaire pour que la peinture puisse accrocher les pièces.

Puis nous avons réalisé sur chacune des pièces 2 couches de peinture.

Nous avons utilisé pour cela un pistolet basse pression.



Passage de la couche d'apprêt

Nous avons suite à la première couche d'apprêt pu passer nos deux couches de peintures, verte, orange ou noire.



Première couche peinture rouleau



Lames peintes



Première couche peinture châssis

E. LES COMMANDES

Dès notre seconde CAO, nous avons voulu incorporer des composants référencés. Des catalogues de pièces standards de Descours & Cabaud nous ont permis de connaître les dimensions précises des pièces qui existent. C'est à ce moment-là que nos recherches sur les fournisseurs ont débuté. Somefi et Descours & Cabaud, se sont retrouvés à être les plus à même à répondre à nos besoins concernant la partie profilés, tube, plats, arbre et cornières.

Nos premiers devis ont suivi rapidement. Cela nous a permis de se donner une idée plus concrète du coût total du rouleau destructeur³ et du coût massique de l'acier. Résultat, le prix global de l'acier s'élève à 1.1euros/kg pour les deux fournisseurs.

Nous avons dû ensuite sous-traiter des pièces de découpe laser chez AVL Technology car l'épaisseur était trop grande pour une découpe jet d'eau.

Nous avons dû également commandé chez un fournisseur spécialisé en matériel technique d'agriculture la barre d'attelage la broche pour le point d'attache supérieur et des goupilles clips.

Et enfin pour la touche finale, nous avons commandé de la peinture bi composant, du diluant (pour peinture et sous couche), et donc de l'époxidux (sous couche).

Vous pourrez ainsi retrouver en annexe le coût total de notre rouleau destructeur.

³ Cf annexes comparatif devis D&C et Somefi

III. BILAN

A. BILAN TECHNIQUE

- Ce qui a été prévu a été fait. En effet le rouleau destructeur a pu être fourni au client pour réaliser des essais.
- En revanche, nous avons pris plus de temps pour le réaliser comme vous pourrez le voir en annexe en comparant le planning prévisionnel avec le planning réel. En effet nous avons un mois de retard par rapport à ce qui a été prévu. Les causes en sont multiples : temps de mise en place du matériel de fabrication sous-estimée, temps d'attente de la rallonge afin de souder dehors, etc.
- Le projet a coûté moins cher que le budget du client. En effet d'après le tableau récapitulatif, le coût total du projet avoisine les 4500 euros tandis que le budget du client était de l'ordre de 5000 à 6000 euros.

Enjeux	Ce qui a été fait
Création d'un tapis homogène d'engrais	Le rouleau plein permet d'aplatir de manière uniforme l'engrais vert. Confirmation lors des essais
Destruction optimisée de la plante.	Les lames inclinées à 53 ° vont permettre de blesser la plante de manière optimale afin de contrôler sa décomposition. Confirmation lors des essais
Ne pas altérer le sol.	Confirmation lors des essais
Attelage avant et arrière.	Le système présente un attelage avant et arrière
Facilité de transport (poids, dimensions, stabilité).	Le système présente 4 béquilles de stockage afin de gagner en stabilité. Le déplacement de la machine s'est bien déroulé donc l'outil est facilement transportable.
Rangement autonome.	4 béquilles de stockage
Fabrication dans la mesure du possible à l'IUT.	Seulement 8 pièces sur environ 140 pièces ont été sous traitées.
Le moins onéreux possible.	Avec un budget au-delà de 5000euros, le coût total du projet est de 4406 euros
Pianotage le plus faible possible.	Les lames positionnées de manière hélicoïdale vont permettre d'équilibrer la force du rouleau sur le sol. En effet une lame sera en permanence en contact avec le sol. Confirmation lors des essais.
Lames interchangeables	Le rouleau présente des cornières sur lesquelles sont soudés des écrous pour permettre de mettre et maintenir en position les lames de manière réversible. Cela veut dire que l'utilisateur n'aura aucun souci à changer de lames s'il le faut.

B. PROBLEMES RENCONTRES

Nous avons rencontré quelques difficultés durant ce projet. Les problèmes ont été détaillés dans chacune des parties de notre travail réalisé. Cependant la plus grande a été que comme notre ensemble était très imposant, nous avons été contraints de souder dehors une fois notre châssis pointé, l'encombrement du pôle soudage étant trop important. Ce déplacement extérieur a nécessité la réalisation d'une rallonge triphasée en 400V. En effet le poste que nous avons utilisé ne présentait pas une longueur de câble assez importante pour pouvoir accéder à notre zone de soudage extérieur. De plus le petit poste possédant une grande rallonge en 230V ne fournissait pas assez de puissance pour permettre nos soudures.



Petit poste

Nous avons donc dû souder à l'extérieur du pôle soudage, l'endroit choisit a été vers l'entrée du gymnase à côté de l'abri à moto.



Installation extérieure

Nous avons rencontré un autre problème : lors de la finalisation de notre montage l'une des béquilles est restée coincée dans son logement. Les différentes couches de peintures doivent en être responsables étant donné que le problème n'étant pas présent avant. Il aurait fallu réaliser des logements avec plus de jeu.

A cause d'une mauvaise estimation du temps de fabrication, nous n'avons pas pu suivre le planning de fabrication.

C. AXES D'AMELIORATION

Notre solution présente un axe d'amélioration majeure, la possibilité de proposer d'autres jeux de lames afin de réaliser différents essais. On pourrait ainsi imaginer des lames proposant des inclinaisons et longueurs différentes (5 à 15cm de longueur et 53 à 90° d'inclinaison).

Pour faire le parallèle avec la partie des problèmes rencontrés, nous allons essayer de régler le problème de la béquille qui bloque avant la soutenance. Son utilisation étant très désagréable et donc améliorable.

L'outil étant destiné à faire des essais, l'outil est destiné à évoluer en fonction des résultats des essais (lames notamment).

L'idéal aurait été d'avoir une période d'essai plus large (entre la livraison de l'outil et la soutenance) afin d'avoir la possibilité d'apporter des solutions en cas de dysfonctionnement.

CONCLUSION GENERALE

Pour conclure sur ce projet, nous avons pu apprendre la démarche complète de la réalisation d'un produit : analyse du besoin, recherche de l'existant, gestion de projet, conception, dimensionnement, fabrication, relation client, devis, commandes...

Nous avons donc développé durant cette année des compétences et connaissances techniques grâce à ce projet. Nous avons développé par exemple des compétences en soudage, tournage, fraisage et perçage lors de la fabrication. Une grande partie de gestion du planning nous a également été nécessaire pour avancer au mieux et respecter la date de livraison de notre produit. Nous avons également obtenu les compétences théoriques nécessaires à la conception et au dimensionnement de notre rouleau. Par ailleurs, au travers de ce projet nous avons pu enrichir nos connaissances dans le domaine de la mécanique agricole et plus généralement dans les techniques de l'agriculture biologique.