

RAPPORT DE CONCEPTION DE LA PLANTEUSE D'ARBRE

COPR 01 : Construction de plans d'outils d'agroforesterie existants

En partenariat avec



TABLE DES MATIERES

.....	1
Rapport de conception de la planteuse d'arbre	1
Table des matières	2
Introduction	3
I. Choix de conception de la planteuse d'arbre.....	4
I.1. Position des sièges :.....	4
I.2 Nervure arrière :.....	5
I.3 Gain de rangement :.....	6
I.4 Rabattre la terre.....	6
I.5 Attache au tracteur :.....	6
I.6 Ensemble D – dent :.....	7
I.7 Ensemble roues.....	10
II. Choix liés à l'optimisation de la planteuse et des outils de cao.....	13
II.1 Tutoriel de prise en main de Solidworks sur la serre mobile monokit (cf. Annexe).....	13
II.2 Module avertisseur de plantation.....	13
II.3 Module empreinte carbone et analyse du cycle de vie (cf. annexe).....	14
II.4 optimisation de l'assise de l'agriculteur.....	15
II.4.1 Etude et réflexion sur les risques TMS.....	15
II.4.2 Cahier des charges.....	16
II.4.3 Solution proposée.....	16
III. Choix liés à la mise en plan de la planteuse d'arbre.....	20
III.1 Mise en plan : critères.....	20
III.2 Mise en plan : Résultats.....	20
IV. Choix de conception du module d'automatisation.....	22
IV.1 Pince.....	22
IV.2 Lames de guidage.....	23
IV.3 Roue centrale.....	24
IV.4 Liaisons roue centrale/bâti.....	25
IV.5 Fixation pince/roue.....	26
CONCLUSION	29

Ce document est une annexe à la conception de la planteuse d'arbre et a pour seule vocation la compréhension du système et des choix faits par nos équipes pour les membres de l'Atelier Paysan. Il ne correspond en aucun cas à une notice d'utilisation, notice qui devra être réalisée pour les utilisateurs, avant l'utilisation de ladite machine.

INTRODUCTION

Suite au travail réalisé tout au long du 2^{ème} semestre de 4^{ème} année de Génie Mécanique, nous avons été amenés à travailler avec l'Atelier Paysan, pour lequel nous avons réalisé un travail de rétro-conception sur une planteuse d'arbre. Vous trouverez dans ce travail tous les choix qui ont motivé la conception de la machine ainsi qu'une aide à la compréhension de toutes les créations de nos équipes (modules transverses, mises en plan...). Ces choix, jamais arbitraires, ne s'appuient pas toujours sur des étapes de dimensionnement puisque nous n'avons pas eu l'occasion de les mettre à l'épreuve. Il semble nécessaire de passer par une étape d'essais de validation avant de fabriquer la machine. Néanmoins, à l'intérieur de ce document, vous trouverez toutes les réponses vis-à-vis des questionnements dont vous avez su nous faire part lors de la soutenance de projet, et vis-à-vis de ceux qui pourraient émerger suite à l'étude de notre machine.

Ce travail a été réalisé par les 4 équipes suivantes :

Equipe CAO :

Tanguy Reyrolle
Brieg Riou
Guiral Ribeyrolles
Nicolas Sac
Yanael Galliache

Equipe Mise en Plan :

Nour Samih
Yawovi Degbe
Vidal Ocampo Vega
Vincent Retrou
Aurore Porsan

Equipe Optimisation:

Juliette Fournier
Clémence Pissavin
Sabrine Offar

Equipe Automatisation:

Jean-Baptiste Roget
Victor Goujon
Ayoub Zakari
Oscar Zarate Garza
Yasmine Talibi
Charlotte Vernay
Elliot Trabac
Nathan Touboul
Guillaume Bras

I. CHOIX DE CONCEPTION DE LA PLANTEUSE D'ARBRE

I.1. POSITION DES SIÈGES :

La position du siège du planteur diffère de l'existant. Il a été placé dans la direction d'avance, en sens opposé à la marche, pour éviter que le paysan ne se torde. Le siège est rehaussé de par la présence de la dent au centre de la machine. Ceci oblige l'agriculteur à se plier davantage pour planter. Cette position présente donc aussi des inconvénients. Il s'agit d'un choix arbitraire mais réfléchi de notre part.

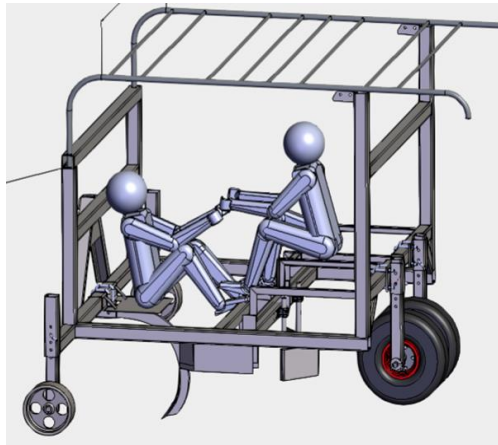


Figure 1 Nouvelle disposition des sièges

La plaque support du siège avant est réalisée grâce à une tôle d'épaisseur 4mm. La mise en position avec le bâti est réalisée grâce aux pliages de la tôle. Celle-ci est ensuite soudée pour être fixée au bâti. Nous avons évidé la tôle en son centre pour s'adapter à la pièce L3, qui supporte la dent. On précise que le support du siège n'est pas en contact avec la dent. Bien que l'épaisseur de 4mm garantis déjà une bonne rigidité, nous avons ajouté des nervures par mesure de précaution. Ce support pourra par la suite être adapté pour permettre par exemple la fixation d'une sangle utilisée comme ceinture de sécurité par l'agriculteur. Des supports de cagettes pourraient aussi être placés de chaque côté du siège si une seule personne travaillait sur la machine.

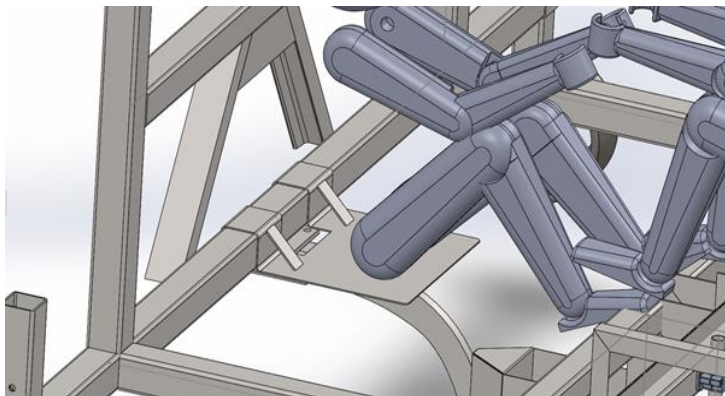


Figure 2 : Plaque support du siège avant

Le siège arrière a logiquement été placé en face du siège avant pour permettre la transmission des arbres. Il est supporté par une plaque percée ce qui permet le déplacement du siège en fonction de la taille de l'utilisateur. Cette plaque est elle-même supporté par deux cornières 40x40x4 soudées au bâti.

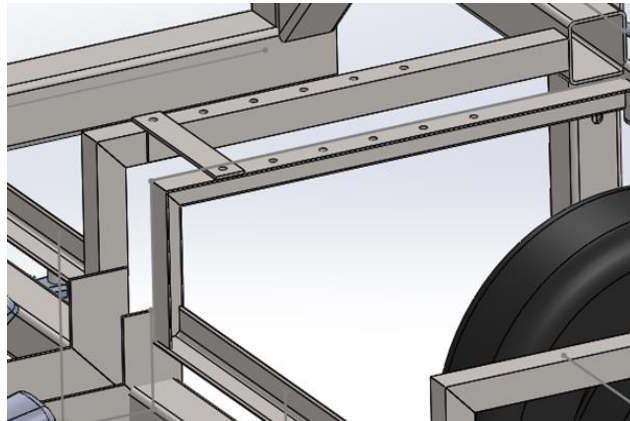


Figure 3 : Support du siège arrière

I.2 NERVURE ARRIERE :

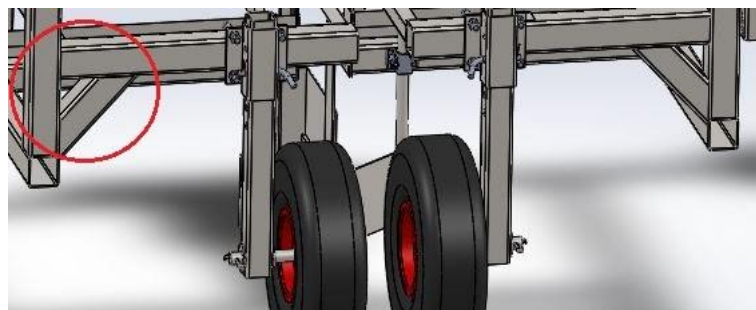


Figure 4 : Nervure

La modification de l'arrière du châssis a entraîné une augmentation du poids subit par les poutres. Il soutient désormais le poids d'un utilisateur ainsi que les rangements supplémentaires. Nous avons donc décidé d'ajouter des nervures pour soutenir l'arrière de la structure.

I.3 GAIN DE RANGEMENT :

L'arrière du bâti a été modifié dans un souci de gain de place et pour limiter l'encombrement de l'outil. Ceci se traduit par l'ajout d'une symétrie des cadres qui accueillent les cagettes de rangement. On double les rangements arrière tout en limitant l'encombrement.

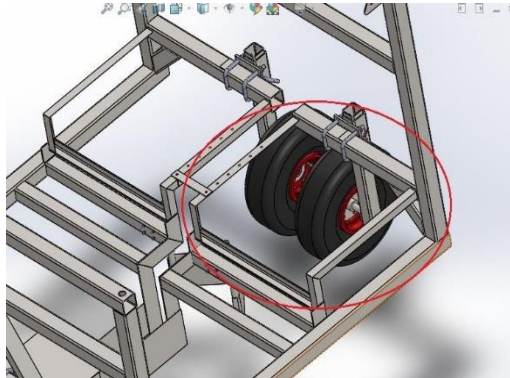


Figure 5 : Arrière du bâti

I.4 RABATTRE LA TERRE

Suite à l'ouverture du sillon, le fonctionnement de l'outil impose de recouvrir le sillon après la plantation de l'arbre et le passage de l'outil. Cette fonction est réalisée par la pièce R : la rabatteuse. Cette pièce a été conçue dans l'optique de résister aux efforts dû à la résistance de la terre. Elle est donc fixée au bâti le plus proche possible du centre afin de limiter les efforts. Dans la même logique, un pliage en L et un cordon de soudure ont été réalisés pour augmenter la résistance aux efforts de la pièce. La fixation de la pièce au bâti est faite par serrage ce qui permet de choisir l'angle de fonctionnement, un point important pour Jack Delozzo le constructeur du modèle existant.

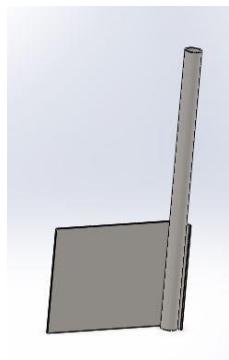


Figure 7 : Pièce R

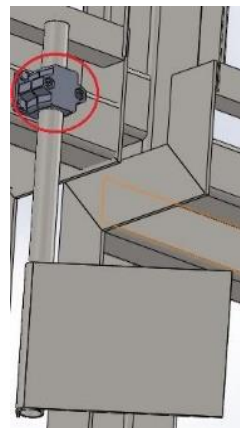


Figure 6 : Fixation au bâti

I.5 ATTACHE AU TRACTEUR :

Pour fixer l'outil au tracteur nous avons prévu deux systèmes différents. Le premier que nous privilégions sur recommandations de l'Atelier Paysan est le triangle d'attelage. En effet il est plus sûr et plus pratique à utiliser. Nous avons donc rajouté une poutre transversale pour adapter le bâti à la partie femelle de

ce système. Il est ainsi aisé de venir y souder le triangle d'attelage. Cependant le système classique d'attache à trois points est encore largement répandu dans le monde agricole. Aussi, pour éviter des complications futures nous avons tenu à réaliser une seconde configuration de l'outil dans laquelle le système trois points peut être utilisé à la place du triangle d'attelage. Nous avons donc dimensionné un système d'accroche à 3 points qui partagent les mêmes dimensions que le triangle pour éviter une modification du bâti entre les deux configurations. Les deux systèmes peuvent être soudés aux mêmes endroits sans complications superflues.

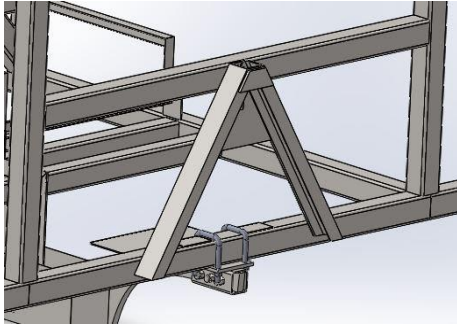


Figure 9 : Le triangle d'attelage

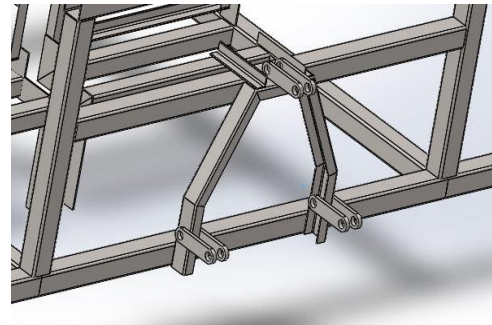


Figure 8 : Le système 3 points

I.6 ENSEMBLE D – DENT :

La dent a pour fonction de creuser le sillon, de l'élargir suffisamment pour qu'il puisse accueillir les pousses d'arbre et de bien délimiter et protéger la zone dans laquelle l'utilisateur de l'appareil doit planter les pousses d'arbre.



Figure 10 : Ensemble dent existant

Pour des raisons de simplicité, pour faciliter la construction de l'appareil et pour la rendre le plus abordable possible les choix de conception suivent les trois objectifs suivants :

- Être le plus fidèle possible à l'appareil modèle
- Utiliser des pièces standards de la base de données de l'atelier paysan
- Garder une conception relativement simple afin de faciliter la construction

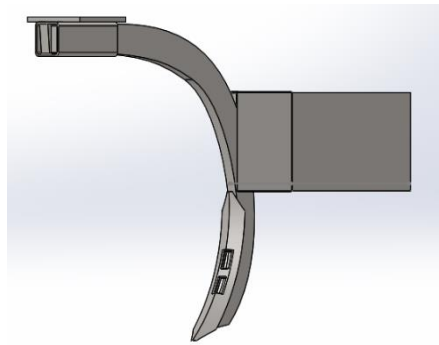


Figure 11 : Ensemble dent retro conçu

Parmi les pièces qui composent l'ensemble, deux sont des pièces standards de référence :

- La dent courbe. Référence : <https://www.kramp.com/shop-fr/fr/1015720/2873513/1500107/34060835+Dent+FG750>
- Le soc : Référence : <https://www.kramp.com/shop-fr/fr/1015874/2812750/455649/CP251GP+Soc+70x13x340+entraxe+45+75mm>

Il a tout de même fallu modéliser ces pièces à partir des dimensions disponibles sur le site constructeur. La modélisation du soc est purement représentative, à l'inverse la modélisation de la dent courbe nécessite une précision absolument fondamentale puisque les dimensions des autres pièces dépendent de celles de la dent courbe. C'est pourquoi des ajustements seront nécessaires lorsqu'il sera possible de mesurer avec exactitude les dimensions de cette pièce standard.

Les autres profilés utilisés sont donnés dans le tableau suivant :

Profilés	Dimensions	Fonction	Justification
Fer plat	30 x 10 mm	Apporter de la rigidité à la partie arrière de l'ensemble dent.	Identification visuelle à partir des photos du modèle existant
Tôle	Epaisseur 2 mm	Empêcher que la terre ne s'engouffre dans la zone où les pousses d'arbres sont destinées à être plantées	Identification visuelle à partir des photos du modèle existant

Tableau 1 : Autres profilés utilisés dans l'ensemble D - dent

La profondeur du sillon est ajustable à en modulant la hauteur des roues, ce qui sera développé dans les parties suivantes. Cependant l'échange avec l'agriculteur responsable de la construction de l'appareil modèle et du corps enseignant au cours de la soutenance de projet nous permet de tirer deux perspectives d'amélioration :

- Abaisser la hauteur de soudure des fers plats et tôles pour limiter la profondeur du sillon qui ne peut poser problème avec une terre humide

- Compléter l'ensemble avec de nouvelles tôles installées en biais liant le soc aux tôles délimitant la zone de plantation afin de faciliter l'élargissement du sillon

Comme pour le modèle existant le choix a été fait d'assurer la liaison avec le bâti avec un système de brides. Etant donné l'importance des efforts une simple soudure n'est pas envisageable.

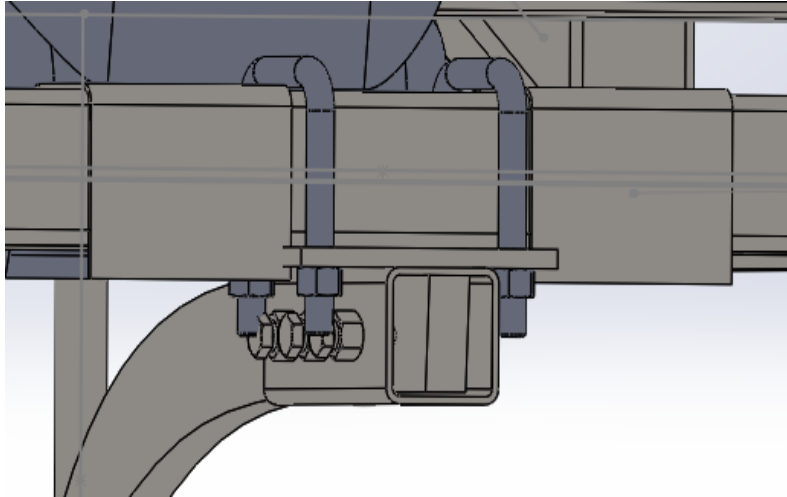


Figure 12 : Fixation de la dent par la pièce L3

L'accroche des brides passe par l'intermédiaire de la pièce L3 dont les composants sont donnés dans le tableau suivant :

Profilés	Dimensions	Fonction	Justification
Tube carré	70 x 70 x 4	Accueillir l'avant de la dent courbe et la cale	1. Ce profilé est disponible dans la base de données de l'atelier paysan. 2. Les dimensions permettent de limiter le jeu vertical et de faciliter le maintien en position horizontal.
Plaque	Epaisseur 1 cm	Accueillir les brides qui font la liaison avec le bâti	L'épaisseur du profilé apporte la solidité nécessaire
Vis de pression	Hexagonale M14	Assurer le maintien en position horizontal de la dent courbe dans le tube carré	Dimensions standards de vis de pression.
Ecrou	M14	Apporter le taraudage qui accueille les vis	Souder des écrous autour des alésages est une méthode bien connue et fréquemment utilisée dans le monde agricole où on ne craint pas trop d'alourdir les mécanismes.
Cale	180 x 54 x 19	Centrer la dent courbe au sein du tube	Etant donné que les plis intérieurs du tube sont arrondis et que les arêtes de la dent courbe ne le sont pas, il n'est pas possible de plaquer la dent sur un des côtés du tube.

Tableau 2 : Composants de la pièce L3

I.7 ENSEMBLE ROUES



Figure 13 : Ensemble roues existant

Dans cette planteuse, les roues ont deux fonctions. La première est le déplacement de la structure. La deuxième est de tasser la terre après le passage de la dent. Comme nous pouvons le voir sur la photo ci-dessus, les roues étaient fixées à deux tubes rectangulaires qui étaient maintenus au bâti à l'aide de tendeurs à lanterne. Ce système était assez lourd et peu ergonomique. De plus, nous avons vu sur la vidéo de démonstration du fonctionnement de la planteuse que les mains des agriculteurs se rapprochaient dangereusement des roues lorsqu'il plantait les arbres. Ainsi nous avons effectué des changements majeurs.

Dans un premier temps, nous avons décidé de simplifier la structure en fixant les roues directement au bâti. Pour cela nous avons rehaussé l'arrière de la planteuse. Ceci permet d'accueillir les roues plus facilement. Nous avons ensuite reculé les roues pour la sécurité des utilisateurs.

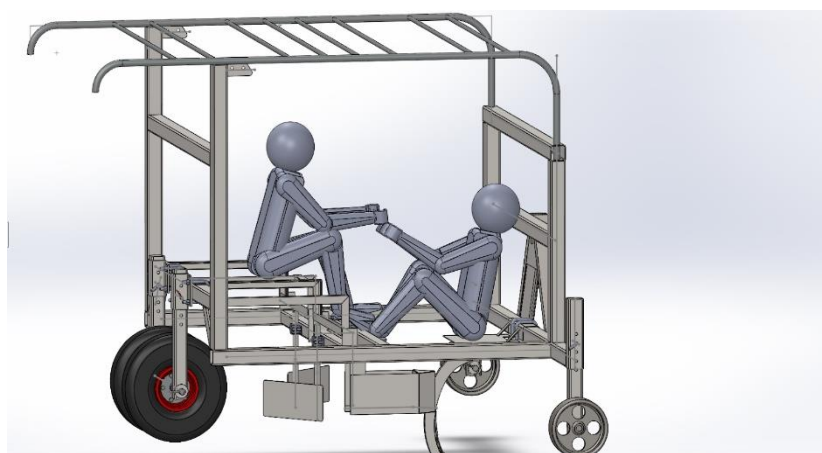


Figure 14 : Disposition finale des roues

Dans la modélisation des roues arrière, Ilan nous a donné la CAO d'un outil qu'il avait déjà fait (un distributeur d'engrais). De cette CAO nous avons pris les roues 9 pouces et la pièce K décrite ci-dessous.


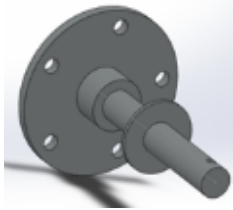
Roue 9 pouces	Pièce K
	
Source : https://www.kramp.com/do/action/ProductDisplay?langId=-2&partNumber=FR5600994140&storeId=70	Cette pièce K est composée de : <ul style="list-style-type: none"> • Une tôle cylindrique de diamètre 160mm et d'épaisseur 10mm • Un cylindre de diamètre 30 mm et de longueur 225mm • Une rondelle de Dint= 30mm et Dext = 70mm (maintenant la roue fixée)

Tableau 3 : Composants des roues arrière.

Pour permettre la rotation, on utilise deux paliers à collerette. Ils vont faire la liaison entre la pièce K et la pièce H. Cette pièce H est maintenue en translation avec la pièce K par d'un côté la rondelle soudée de la pièce K et de l'autre une goupille fendue de 10mm.

La pièce H1 est un tube carré percé de 70 x 70 x 4 de longueur de 650mm. Cette pièce permet de faire la jonction entre les roues et la fixation sur le bâti. On choisit une longueur de 650 mm par proportion avec le reste de l'outil (surtout avec la dent). Ses nombreux perçages permettent d'ajuster la profondeur du sillon. La pièce L1 est composée d'un tube carré de 80 x 80 x 4. Il permet d'accueillir la pièce H1. Plus précisément, ses dimensions permettent de limiter le jeu entre la pièce H1 et la pièce L1. Il permet aussi d'accueillir une plaque de 1 cm d'épaisseur qui elle va être fixée au bâti à l'aide de brides. Ces deux pièces H1 et L1 sont bloquées en translation par une broche pliée en acier de 14 mm de diamètre. On a choisi un diamètre de 14mm car si cette pièce est en acier S235 (acier très utilisé dans la construction), alors elle aura une limite en cisaillement de 117.5 MPa. Au vu de son diamètre de 14mm, elle pourra donc résister à une force de $117\,500\,000 \cdot \pi R^2$ soit 18 kN. Cette pièce supporte donc un poids de 1800 kg. Comme le poids de la structure est réparti sur 4 de ces pièces (2 roues arrière et 2 roues avant), le poids de la planteuse peut atteindre un poids maximal de 7200 kg. Dans notre cas, notre structure pèse près de 400 kg. Elle peut donc accueillir 2 ou plus agriculteurs sans problème. Une étude en fatigue serait idéale pour confirmer cette étude, mais au vu du grand coefficient de sécurité il ne devrait pas avoir de quelconques problèmes

Pour les roues avant, nous avons cette fois utilisé une roue en tôle de diamètre fixe : <https://www.granit-parts.fr/e/search?q=22015615>.

Un système de roulements est déjà présent dans cette roue. Un guidage en rotation n'est donc pas nécessaire comme pour les roues arrière. Ces roues vont aller se fixer à une pièce H2 similaire à la pièce H1 soit par un système de rondelles soudées et de goupille soit directement soudées à H2. Cette pièce H2 va alors se glisser dans tube carré de 80 x 80 x 4 du bâti en étant bloqué comme précédemment par un assemblage broche pliée / goupille. La deuxième fonction des roues est de tasser la terre. Nous pensions que le poids de la structure serait suffisant. Cependant grâce à l'échange avec Jack Delozzo, l'agriculteur qui a conçu ce système, nous nous sommes rendu compte que ce n'était pas forcément le cas. Une des solutions qui pourraient être apportées serait de rajouter des masses au-dessus des roues.

II. CHOIX LIÉS À L'OPTIMISATION DE LA PLANTEUSE ET DES OUTILS DE CAO

Dans cette partie nous vous présentons différentes optimisations pour la planteuse mais aussi des éléments pour une meilleure prise en main de SolidWorks, pour les futurs collaborateurs de l'Atelier Paysan. Les annexes citées dans cette partie sont les documents correspondant présents dans le Grabcad

II.1 TUTORIEL DE PRISE EN MAIN DE SOLIDWORKS SUR LA SERRE MOBILE MONOKIT (CF. ANNEXE)

→ Ajout de l'intégration des bases de données de l'atelier paysan dans Solidworks. C'est un point sur lequel nous avons passé beaucoup de temps pour utiliser les fonctionnalités utilisées par l'Atelier Paysan, cela nous a donc semblé important d'ajouter les différentes étapes au tutoriel.

→ Clarifications et détails des explications pour la réalisation du Monokit. Certaines étapes de réalisation du Monokit ne nous semblaient pas très claires, donc nous avons réalisé des instructions plus explicites.

II.2 MODULE AVERTISSEUR DE PLANTATION

Contexte : L'agriculteur aujourd'hui est guidé par un trait de peinture rouge sur une roue pour savoir quand il doit planter l'arbre. Ainsi, il doit régulièrement porter son regard sur cette route et ne peut pas se focaliser sur ses mouvements pour planter l'arbre.

Problématique : Trouver un autre système permettant d'avertir l'agriculteur quand il doit planter son plant.

Objectifs :

- Avertir l'agriculteur au moment où il doit planter sans le gêner dans ses mouvements
- Changer la fréquence de plantation en fonction du type de semis

Solutions proposées :

- Avertisseur sonore (également lumineux mais pas nécessaire car pas dans l'objectif) trouvable dans le commerce (jusqu'à 8 signaux différents). Prévoir un son plus important que le bruit que fait le tracteur. Exemple: <https://fr.rs-online.com/web/p/composants-pour-colonnes-lumineuses-modulaires/8183894> (presque 75 euros mais simple).
- Montage électronique simple. Matériel nécessaire : carte arduino uno, breadbord, bouton poussoir, résistance 1 ohm, haut-parleur et fils de connexion, câbles. Le code arduino est très simple. Il faut ajouter à ce matériel une bielle-manivelle, mise en place sur une roue du tracteur et qui viendrait actionner le bouton poussoir pour émettre le son. Cependant, il faut faire attention à l'électronique et prévoir un carter de protection du montage.

```

signal_planter_arbre

int bouton = 6;
int HP = 7;

void setup() {
  pinMode(bouton, INPUT);
}

void loop() {
  int boutonEtat = digitalRead(bouton);

  if (boutonEtat == HIGH) {
    tone (HP, 440, 2000);
  }
}

```

Figure 15 : Code Arduino pour prévenir la plantation de l'arbre

- Il existe également d'autres solutions électroniques telles que des générateurs de basses fréquences.
Exemple : SAB0600, NE555
https://www.sonelec-musique.com/electronique_realisations_gene_gong_001.html
https://www.sonelec-musique.com/electronique_realisations_gene_audio_001.html
<http://schema-montage-electronique.blogspot.com/2011/05/ne555-schema-et-application.html>
- Une solution mécanique existe également grâce à la présence d'une petite tige à l'arrière de la machine qui détecte l'arbre qui vient d'être planté et envoie un signal à l'émetteur de son.

Sur la vidéo suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=b1dMOx4PdGJ>, on peut voir deux des solutions proposées, la tige à l'arrière du tracteur détectant l'arbre qui vient d'être planté et un avertisseur sonore permettant d'émettre le son pour avertir l'agriculteur.

Les critères de choix de solutions en fonction de l'agriculteur sont les suivants : la simplicité, le coût, le fonctionnement, la durée de vie.

Solution choisie : un avertisseur sonore avec une tige détectant le plan. En effet, l'électronique n'est pas une solution convenable dans ce contexte.

II.3 MODULE EMPREINTE CARBONE ET ANALYSE DU CYCLE DE VIE (CF. ANNEXE)

L'analyse de l'empreinte carbone et de l'énergie utilisée a été faite avec le module Sustainability Xpress de Solidworks. Nous avons fait cette analyse en considérant l'assemblage réalisé par l'équipe CAO, mais en ne prenant pas en compte les roues arrière.

Ces résultats sont donnés à titre indicatif et sont calculés uniquement avec la quantité de matière utilisée et le type de matière utilisée. On considère également que toutes les pièces sont du même matériau. Dans la réalité l'empreinte carbone ne serait pas exactement celle-là comme c'est une analyse assez grossière et que les roues ne sont pas prises en compte. De plus la provenance de matériau recyclé n'est prise en compte que selon le pourcentage du matériau neuf, et donc ne prend pas en compte les matériaux de récupération que peut utiliser l'Atelier Paysan.

II.4 OPTIMISATION DE L'ASSISE DE L'AGRICULTEUR

Ce document constitue une réflexion afin d'améliorer l'assise de l'agriculteur afin qu'il puisse travailler de manière plus agréable et réduire les risques de troubles musculosquelettiques possibles.

II.4.1 ETUDE ET REFLEXION SUR LES RISQUES TMS

L'étude suivante est à partager à tous les agriculteurs, travaillant sur des machines agricoles en position assise. Il est important de les sensibiliser aux risques liés à leur position au travail. Même si certains, ne souhaitent pas investir dans un système permettant de réduire les risques liés à la posture du dos, ils pourront, avec ce document mieux se positionner lors de leur travail.

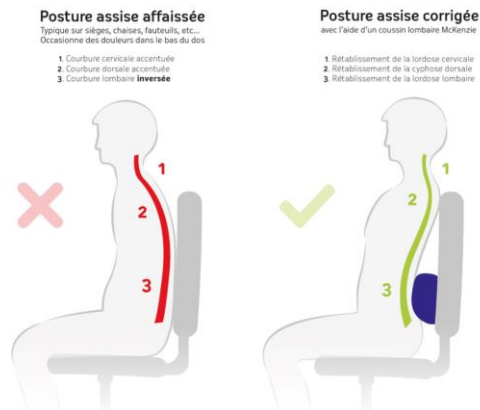


Figure 16 : Image représentant la bonne et la mauvaise posture du dos en position assise.

Dans un premier temps, les agriculteurs, travaillant en position assise, sans dossier, ou avec dossier, mais sans plaquer leur dos contre ce dernier, adoptent la posture assise en courbures inversées. Celle-ci, entraîne une désorganisation biomécanique du rachis : Cervicales, céphalée, névralgies, douleurs d'épaules, des membres, lombalgies telles que les sciatiques. En plus, on observe une forte augmentation du risque de dysfonction du diaphragme : Troubles circulatoires, digestifs, ...

Le simple fait de mieux positionner son dos, et d'ajouter un coussin lombaire au siège, comme observé sur l'image de droite permet de réduire ces risques.

Dans un second temps, nous allons étudier les risques liés à la position au travail, de notre planteuse d'arbre afin d'en déterminer les risques.



Figure 17 : photos représentant l'assise actuelle du siège et la position de l'agriculteur au travail

Sur l'image de droite, la position de l'agriculteur pendant tout son travail : Il se baisse pour planter l'arbre. En rouge, la position schématisée de sa colonne vertébrale. On observe également un léger pivotement du buste puisqu'il n'utilise qu'un seul bras pour planter l'arbre.

Lorsque l'agriculteur travaille, son dos s'enroule et contraint les disques intervertébraux. L'écrasement des disques est inégal et entraîne un durcissement du collagène autour des tendons : il y a une forte possibilité de développer une hernie des disques lombaires. Cette position est un facteur de risque de troubles musculosquelettiques (TMS) et associé à divers symptômes telles les douleurs lombaires et la fatigue généralisée.

Le problème ci-dessus est accentué par le fait que le mouvement est répété des centaines de fois sur toute la plantation et que c'est un travail souvent réalisé pendant toute la vie de l'agriculteur. Cela renforce alors les possibles douleurs aux cervicales, céphalées, névralgies, douleurs d'épaules, et lombalgies.

Dès lors, il s'agit de concevoir un siège permettant à l'agriculteur d'avoir le dos droit pendant tout son travail, tel qu'on l'observe en vert sur l'image de droite.

II.4.2 CAHIER DES CHARGES

A partir des photos fournies, nous élaborons un cahier des charges qui nous permet de clarifier les enjeux et contraintes de ce travail.

Fonctions	Critères	Niveau	Flexibilité	Observations
FP1 : Supporter le poids du conducteur	Résistance	F_{max}	F0	Charge maximale supportable à optimiser
FP1 : Réduire les risques TMS	Bloquer les mouvements du dos	-	F0	Accompagner l'agriculteur pendant tout le mouvement
FC1 : Correspondre aux dimensions imposées	Longueur Horizontalité	$L > 40$ mm (dimensions actuelles relevées sur les mep du bâti)	F0	Géométrie du support
FC2 : permettre à l'agriculteur d'être assis confortablement	Matériau Géométrie	-	F0	Optimiser les choix de matériau et
FC3 : Ne pas empêcher le travail de l'agriculteur	Géométrie	Correspondre aux dimensions observables sur la machine	F0	L'agriculteur doit pouvoir pivoter autour du siège
FC4 : Être montable facilement sur la machine	Géométrie	Correspondre aux dimensions observables sur la machine et fixable sur le bâti	F0	cf modèle 3D Catia

Tableau 4: Résumé du cahier de charge.

II.4.3 SOLUTION PROPOSEE

Après étude du cahier des charges, on propose un siège permettant d'accompagner le dos de l'agriculteur lorsqu'il se baisse. Il s'agit d'un siège fixé à un support pivotant.

Présentation générale du support

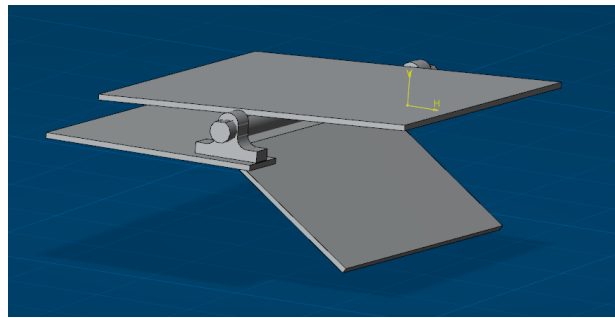


Figure 18 : CAO du support réalisé

La plaque supérieure est en liaison pivot avec la plaque inférieure. Un axe est soudé au centre de la plaque supérieure afin que le basculement du siège puisse correspondre aux dimensions actuelles du bâti, la répartition des efforts sur l'axe est optimisée également. La liaison pivot est assurée par deux roulements à billes (à dimensionner avec une étude des efforts).

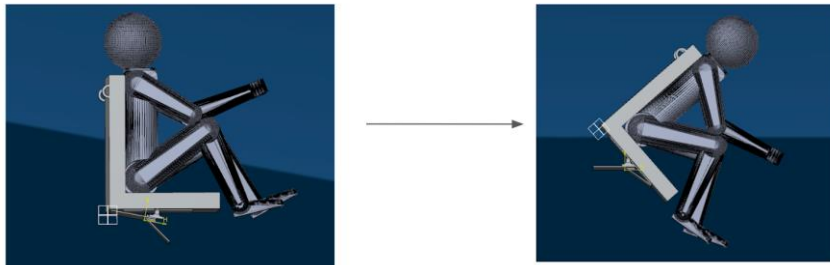


Figure 19 : CAO du siège et du support en position initiale et incliné

Le siège est fixé sur la plaque supérieure dont les dimensions ont été choisies pour accueillir les rails du siège. La plaque inférieure sert de cale pour arrêter en rotation le basculement du siège, l'angle choisi est de 45° (à réévaluer avec les agriculteurs).

Sur le siège, on fixe des sangles afin de maintenir le dos de l'agriculteur plaqué contre le dossier pendant le mouvement.

Dimensionnement

Le dimensionnement réalisé est à optimiser avec une étude plus précise des efforts, de la position de l'agriculteur pendant le travail (en allant au contact de ces derniers). Les dimensions actuelles sont adaptées aux dimensions du bâti et à celles du siège choisi observable à la fin de document.

Pour la plaque supérieure on opte pour une épaisseur de 5 mm. La largeur de la plaque est de 300 sachant que la largeur de celle du siège est de 480 mm. Cette largeur permet surtout la fixation des rails du siège. Sur cette plaque est fixé un axe de diamètre 20 (à redimensionner en fonction du type de roulement choisi).

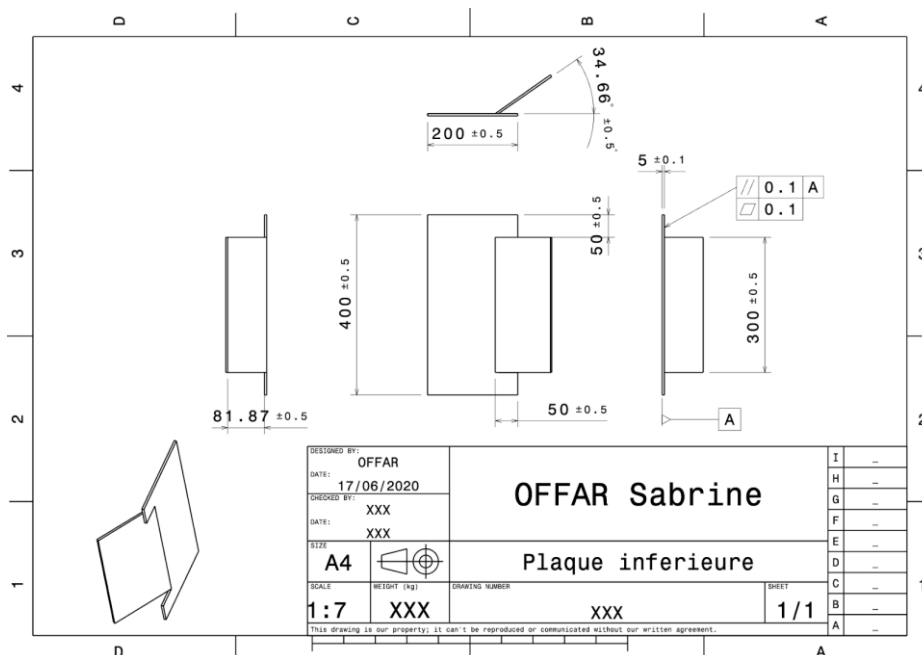


Figure 20 : MEP de la plaque inférieure

La plaque inférieure est également d'épaisseur 5mm. Elle possède une partie inclinée permettant l'arrêt en rotation de la plaque supérieure, l'angle est à optimiser.

Les supports sont soudés à la plaque inférieure. Le diamètre de l'alésage doit permettre le montage des roulements puis de l'axe c'est pourquoi il s'agira de le redimensionner.

Travail à réaliser si la solution est envisagée par un agriculteur

- Le dimensionnement de l'axe ainsi que les choix des roulements sont à optimiser.
- L'angle choisi pour l'inclinaison de la plaque est à optimiser en allant au contact de l'agriculteur.
- Le choix des sangles et du mode de fixation doit permettre une évacuation rapide de l'agriculteur.

**La CAO ainsi que les MEP seront jointes à ce document*

II.4.4 CHOIX DU SIEGE

Après de nombreuses recherches, et études des modes de fixation, notre choix s'oriente vers le siège de tracteur VidaXI.



Figure 21: Photo et MEP du siège retenu

Le siège présenté possède un cadre en acier et est tapissé de matériau de PVC durable et imperméable à l'eau. Son siège et dossier sont rembourrés et permettent donc à l'agriculteur de s'asseoir de manière confortable. Ce siège est également équipé de rails coulissants qui permettent un déplacement facile et confortable de 150 mm vers l'avant ou vers l'arrière et un réglage du dossier de 60 ° à 150 °, toujours dans ce but d'atteindre un confort optimal.

- Matériau : cadre en bois + tapisserie en PVC
- Dimensions : 48 x 48 x 50 cm
- Prix : 97 €

Il s'agit ici de fixer à l'aide de vis les deux rails positionnés de manière à ce que le siège puisse être fixé et coulisser.

Source et disponibilité :

https://www.vidaxl.fr/e/8718475582779/vidaxl-siege-de-tracteur-et-de-chariot-eleveur-dossier-reglable-noir?gclid=CjwKCAjwL2BRA_EiwAacX32YX34y5R71txNm6NL-9HoaNbnQi8YOZN7UkXENogaDT2xKnYwRkA6_RoCx5kQAvD_BwE

III. CHOIX LIES A LA MISE EN PLAN DE LA PLANTEUSE D'ARBRE

Pour la réalisation de nos mises en plan, nous avons pris en compte les conseils donnés dans le tutoriel de Prise en Main SolidWorks proposé par l'Atelier Paysan. S'étant inspiré des mises en plan réalisées par le client à travers le tutoriel, nous avons gardé les grandes lignes en termes de réalisation de mise en plan afin de fournir un rendu exploitable et compréhensible pour le client et pour tout concepteur de la Planteuse.

III.1 MISE EN PLAN : CRITERES

Notre but étant de montrer le plus clairement possible l'assemblage et le rôle des pièces créées par l'équipe CAO, nous avons également veillé à ce que les mises en plan effectuées respectent les exigences du client en termes d'habitude de réalisation de mise en plan de l'Atelier Paysan. Certaines pièces étant un sous assemblage de pièces, nous avons dû faire des mises en plan des pièces seules puis des différents assemblages afin que le constructeur comprenne mieux les éléments de mise en position et de maintien en position. Dans le tutoriel prise en main, plusieurs modèles prédéfinis sont utilisés pour le fond de plan, cartouche et nomenclature. Grâce à la base de données nous avons accès à ces modèles donc nos choix se sont plus concentrés sur les vues et les cotations. Nous pouvons faire ressortir certains critères, comme :

- Ordre de Mise en plan : Préambule, Assemblage, vue en Détails, Vue en coupe, Contributions
- Fond de plan, Nomenclature et cartouche adapté à l'Atelier Paysan (Base de Données)
- Non prise en compte des tolérances.

III.2 MISE EN PLAN : RESULTATS

Sur certaines pièces il était important de faire ressortir l'encombrement, les liaisons et parfois des vues en détails ou en coupe. Les différentes vues, l'utilisation des bulles automatiques, ainsi que la nomenclature appropriée à l'Atelier Paysan nous ont permis de faire ressortir, le nécessaire pour la compréhension et l'exploitation de nos différentes mises en plan. Un exemple sur la pièce C, permet d'illustrer un format de mise en plan que nous avons appliqué aux autres pièces de la Planteuse. La pièce C, qui représente le bâti inférieur, est un cas spécial. Étant un sous assemblage de pièces très imposant, il fallait décortiquer en plusieurs parties pour avoir une meilleure clarté. Nous nous sommes mis à la place de la personne qui va construire cet outil. On a choisi de présenter les étapes de montage de cette pièce. On construit d'abord le bas du châssis puis l'arrière. Ensuite l'avant où on retrouve le triangle mécanosoudé et le siège avant, et enfin le milieu avec le siège arrière.

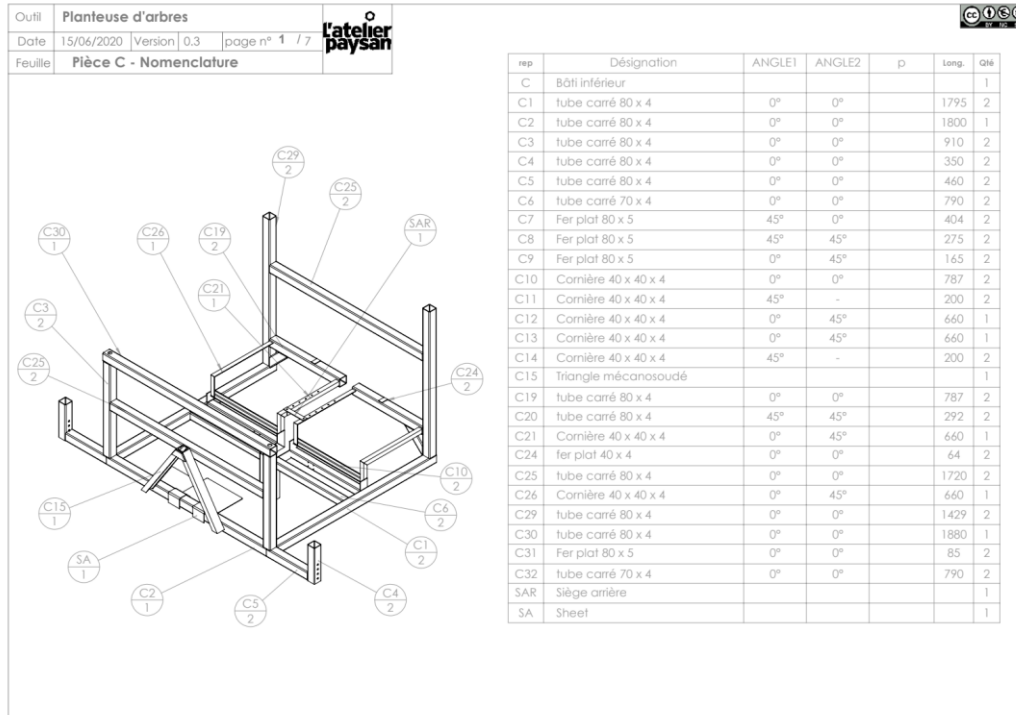


Figure 22 : Nomenclature et Vue globale de la pièce C

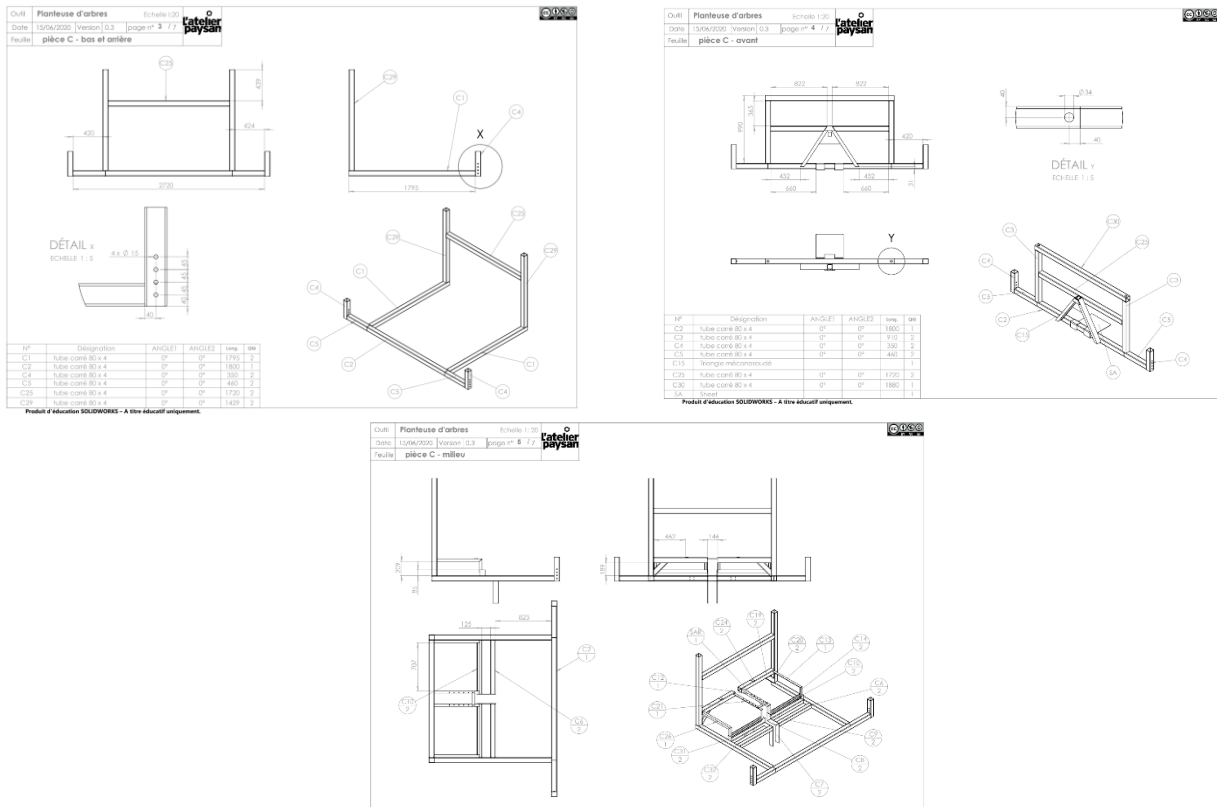


Figure 23 : Mise en plan de la pièce C

IV. CHOIX DE CONCEPTION DU MODULE D'AUTOMATISATION

A la demande de l'atelier paysan, une réflexion a été mise en place afin de concevoir un système automatisé de plantation, simple et facilement fabricable. Nous avons basé notre étude sur les planteuses déjà existantes, en essayant de simplifier au maximum le concept. La CAO pour la partie automatisation est un support, une représentation du concept d'automatisation que nous avons imaginé. Les dimensions que nous avons choisies pour cette conception ont alors été choisies arbitrairement, elles doivent être adaptées par la suite à l'utilisation du producteur. Dans la suite de cette partie, nous décrirons donc notre système par sous-partie : la pince, les lames de guidage, les fixations pince/roue et la fixation roue/bâti. Pour chaque sous-partie nous décrirons son fonctionnement, et les éléments utilisés pour la créer. Les dimensions des éléments seront données à titre indicatif afin de donner un ordre de grandeur et une référence.

IV.1 PINCE



Figure 24 : Allure finale de la pince

La pince est constituée de deux mâchoires l'une pour maintenir les racines de l'arbuste et l'autre qui permet l'ouverture et la fermeture de la pince. La 2^{ème} mâchoire est composée d'un ressort de torsion qui permettra de la fermer et de l'ouvrir lors du passage entre les lames de guidage. Alors que les pinces tournent elle va rencontrer les lames de guidage et va se refermer lors du contact. Lorsque celui-ci s'arrêtera la mâchoire s'ouvrira. Les deux mâchoires sont reliées et lorsque la 2^{ème} mâchoire se referme grâce à ce mécanisme, la mâchoire des racines se ferme également. Un déphasage est présent entre les deux mâchoires qui permet de resserrer plus ou moins la pince sur les racines. Le ressort est intégré à la pince grâce à un perçage dans les plaques de la mâchoire. Les tiges du ressort sont insérées dans ces perçages puis pliées aux extrémités pour le maintien en position.

Éléments constituant la pince : paumelle assemblée, fers plats, tubes ronds, ressort

Les valeurs ci-dessous sont adaptables. Elles permettent de créer une pince d'environ 260 mm de long.

Composants	Dimensions	Fonction	Assemblage	Justification
Paumelle assemblée	1 face : 70*40*3 mm	Maintenir les racines de l'arbuste	Soudée aux tubes ronds	Pièces présente dans la BDD de l'atelier paysan et adaptée aux dimensions souhaitées. Elle est remplaçable par une pince plus souple ou plus adaptée aux racines, ... etc.
Fers plats	74*40*3 mm	Facilite la fixation du ressort	Soudé aux tubes ronds	
Tubes ronds	5 mm de diamètre Environ 900 mm de tube total	Squelette de la pince	Pliés dans la forme de la pince	Facilité d'utilisation, coût peu élevé
Ressort		Permettre l'ouverture/ fermeture de la pince	Inséré dans les trous des fers plats puis plié aux extrémités	Raideur suffisante pour s'ouvrir rapidement et se fermer facilement afin de maintenir correctement les racines Tiges assez longues pour permettre le positionnement et diamètre pas trop important pour tenir au centre de la 2 ^{ème} mâchoire

Tableau 5 : Composants de la pince

IV.2 LAMES DE GUIDAGE

Pour maintenir la plante sur les pinces nous avons besoin d'un système qui force la fermeture des deux mâchoires de la pince au moment où l'agriculteur insère la plante dedans. Par conséquent, nous avons réalisé un état de l'art des systèmes semblables dans le marché et après une discussion entre nous à travers des croquis, nous avons abouti finalement à ajouter un système à deux lames sous forme d'un arc de cercle qui sont fixés au bâti par des vis et des écrous.

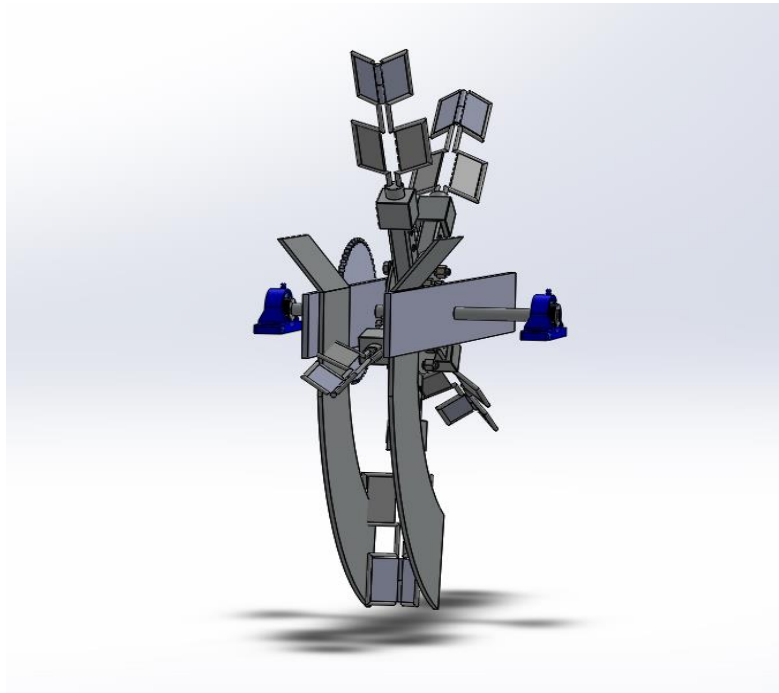


Figure 25 : Lames de guidage positionnées sur le système final

Profilés	Dimensions	Fonctions	Justifications
Tôle	Epaisseur 6 mm	Découpé sous forme d'arc de cercle pour agir sur les mâchoires de la pince	La forme des deux lames est justifiée par la trajectoire des pinces et le mode de fonctionnement fermé/ouvert.
Tôle	Epaisseur 8 mm	Fixation des deux lames sur le bâti lié aux les lames avec des vis à tête plate pour ne pas avoir de problème au niveau du contact avec les mâchoires	Pas de contraintes particulières, le choix des dimensions s'est fait à partir de l'observation du système déjà existant

Tableau 6 : Composants des lames de guidage

IV.3 ROUE CENTRALE



Figure 26 : Roue centrale

La roue est l'élément permettant la liaison avec le bâti et supportant les pinces. Elle est constituée de deux disques en tôle entre lesquels sont fixés par boulonnage des tubes. Ces tubes supporteront les pinces et sont au nombre de cinq. Le nombre de branche est adaptable à l'espacement nécessaire entre les plantations. La longueur des branches est également adaptable et dépend de la taille de l'arbuste que l'on souhaite planter. Les 2 disques sont soudés à un axe qui les traverse par le centre. Les tubes possèdent plusieurs perçages ce qui permet d'ajuster la hauteur de plantation.

Éléments constitutifs de la roue : disques, tubes carrés, boulonnage, axe.

Profilés	Dimensions	Fonctions	Justifications
Disques	Diamètre 200 mm Épaisseur 4 mm	Fixation des branches, fixation à l'axe	L'épaisseur est une demande de l'Atelier Paysan
Tubes carrés	40*27*2 mm 140 mm de long	Accueillir la pince	Les dimensions doivent être plus grandes que le tube intérieur (partie fixation pince/roue) L'épaisseur est une demande de l'Atelier Paysan
Axe	Diamètre 20 mm	Entraîner la roue en rotation	Diamètre suffisant pour obtenir une durée de vie importante Diamètre choisi en rapport avec les dimensions des autres éléments

Tableau 7 : Composants de la roue centrale

IV.4 LIAISONS ROUE CENTRALE/BATI

La roue est fixée au bâti par liaison pivot via un palier de roulement monté de part et d'autre de l'axe. Pour permettre à la roue de tourner nous avons mis en place une roue dentée qui soudée à l'axe et qui transmettra par chaîne la puissance des roues arrières de l'engin à l'axe. Cela nous permettra d'avoir une rotation synchronisée à l'avancée de la machine.

Eléments constituant de la liaison roue/bâti : Paliers de roulements, roue dentée.

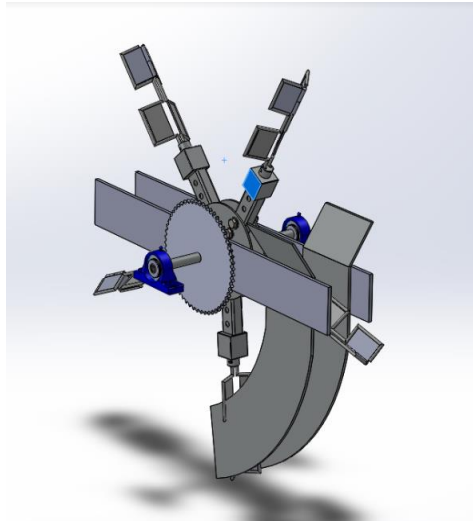


Figure 27 : Paliers et roue dentée positionnés sur le système final

Composants	Dimensions	Fonctions	Justifications
Paliers	Diamètre 20 mm	Supporter et guider la rotation de l'arbre de la roue centrale	Solution peu chère et peu encombrante, vitesse de rotation de l'axe faible Le diamètre choisi est adapté au diamètre de l'axe
Roue dentée	Diamètre 225 mm	Transmission de la rotation à la roue	Dimension à choisir afin de transmettre un couple suffisant à l'arbre

Tableau 8 : Composants de la liaison roue centrale avec le bâti

IV.5 FIXATION PINCE/ROUE

Pour la fixation des pinces sur les tubes de la roue centrale, nous avons conçu un ensemble de fixation qui se présente comme ceci :

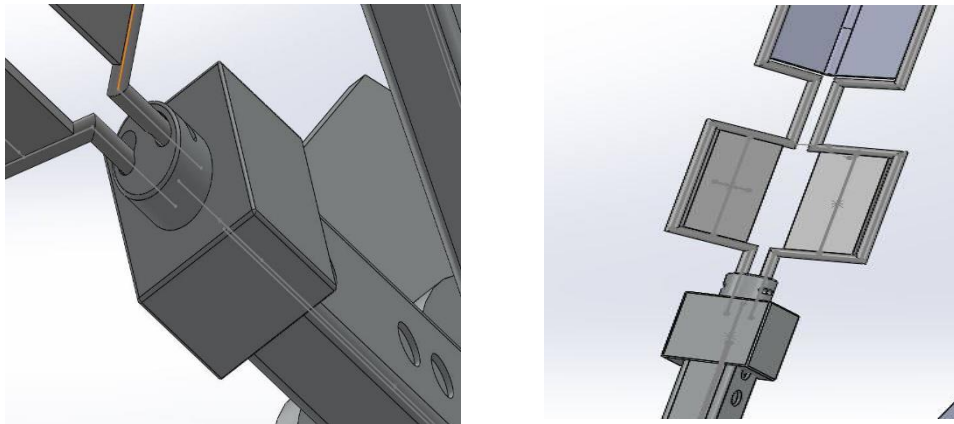


Figure 28 : Zoom sur la fixation pince/roue

Le système de fixation a été pensé pour être conçu à partir d'outils simples et courants, qui demandent un simple usinage. Les pièces pourront ainsi facilement être usinées par l'atelier paysan (réalisation des perçages...). Le perçage en forme d'arcs de la pièce cylindrique permet le guidage de la rotation. Ce type de guidage était nécessaire car les axes de rotation de la paumelle et des deux tubes ronds n'étaient pas les mêmes comme le souligne la figure suivante.

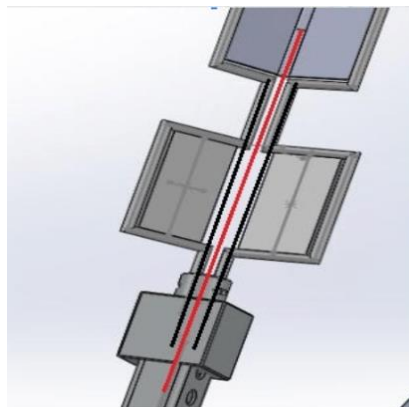


Figure 29 : Schéma des différents axes de rotation de la pince (axe rouge : axe de rotation de la paumelle, axes noires : axes de rotation des machoires)

L'arrêt en translation de la pince se fait par une vis à trou oblong. La pièce cylindrique qui accueille les pinces est fixé par serrage dans la pièce rectangulaire appelée jointure. Le tube carré est également fixé par serrage dans la jointure. Cet ensemble de fixation est ensuite assemblé aux tubes de la roue centrale l'arrêt en translation se fait au niveau des perçages des tubes par des goupilles par exemple. La pièce jointure comporte deux alésages qui permettent la fixation par serrage de l'ensemble.

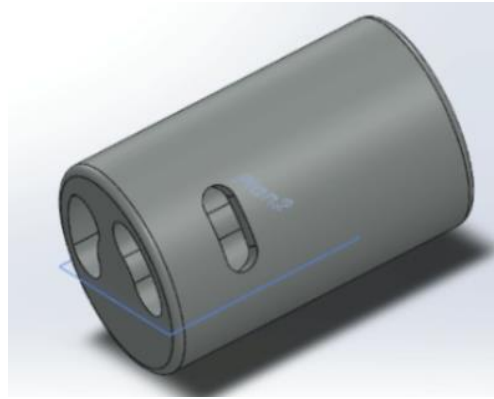


Figure 30 : Pièce cylindrique

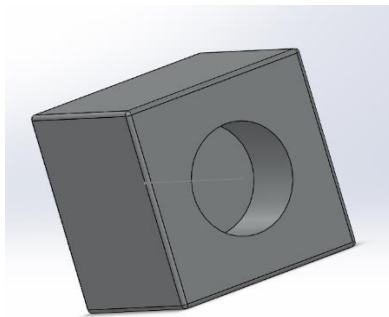


Figure 31 : Jointure du côté de la fixation pince

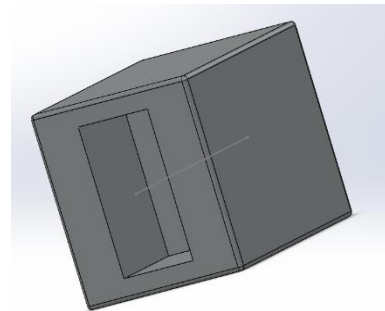


Figure 32 : Jointure du côté de la fixation roue

Composants	Dimensions	Fonctions	Justifications
Pièce cylindrique	Diamètre 25 mm Longueur 40 mm	Guidage de la rotation Arrêt en translation des pinces	Permettre le mouvement de rotation aux pinces
Vis à trou oblong		Arrêt en translation Fixation	
Pièce de jointure	Alésage 1 : diamètre de la pièce cylindrique (25 mm) Profondeur 20 mm Alésage 2 : dimensions du	Liaison entre le tube et la pièce cylindrique	Correspondance des alésages et des pièces à insérer afin de permettre une fixation par serrage

	tube carré (35*20 mm) Profondeur 20 mm		
Tube percé	35*20*2 mm	Réglage télescopique de la longueur de la pince	Les dimensions doivent être plus petites que le tube extérieur (roue centrale)

Tableau 9 : Composants de la fixation de la roue avec les pinces

Ce système de fixation mériterait d'être retravaillé afin de le simplifier d'un point de vue conception. Au vu du temps alloué pour ce projet, il nous semblait important de proposer une solution viable d'un point de vue fabrication et dimensionnelle, mais il est selon nous possible d'améliorer et de simplifier cet ensemble. Une mise en plan du système de plantation est fournie avec la CAO.

D'une manière générale le système que nous avons conçu est un concept de plantation automatisé. Les dimensions citées ci-dessus ne sont peut-être pas optimale et nécessite d'être adaptées aux plantations que l'agriculteur souhaite réaliser. Elles sont fournies comme ordre de grandeur afin de souligner les conditions que doivent respecter chaque élément.

CONCLUSION

A l'issue de ce projet de Construction de plans d'outils d'agroforesterie existants, nous avons eu faire une retro conception d'une planteuse d'arbre. Face à l'enjeu que représente la retro-conception des outils agricoles déjà existants d'une part et de de l'intérêt que présente l'agroforesterie dans l'équilibre de la biodiversité d'autre part, nous avons su faire un compromis pour pouvoir fournir un plan d'outils, et des mises en plan répondant le plus possible aux exigences du Client : l'Atelier Paysan. Ce travail a été réalisé par quatre équipes. A travers ce rapport nous justifions à chaque ligne le choix de nos prises de positions à travers des calculs réalisés ou exigences du client. Des solutions avec justifications ont été aussi pensées pour optimiser et automatiser l'outil de la planteuse afin de permettre une bonne ergonomie, une durée de vie importante, et une condition de travail saine pour l'agriculteur.