

*REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE*

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
*Faculté de Génie de la construction*  
*Département génie mécanique*



# Mémoire

**De fin d'études**

**En vue d'obtention du diplôme master professionnel**

**En Génie mécanique**

**Option : Fabrication mécanique et productive**

## Thème

**Etude de la conception  
d'une tronçonneuse à bois thermique**

**Réalisé par :**

Mr : DAMENE Kamel

**Encadré par :**

Mr : ASMA Farid

**Promotion : 2015/2016**

## REMERCIEMENTS

---

### *Remerciements*

*Je tiens tout d'abord à remercier mon encadreur Monsieur **ASMA Farid** de m'avoir accordé toutes les discussions concernant mon projet de fin d'études et de m'avoir orienté et conseillé sur la manière par laquelle nous avons effectué ce modeste travail.*

*Je tiens à remercier le président et les membres des jurys pour m'avoir fait l'honneur de lire et juger ce mémoire.*

*Je tiens à remercier tous les amis pour m'avoir encouragé et orienté lors de l'élaboration de ce mémoire, spécialement **KAMEL OUAMRANE**.*

*Et enfin, j'adresse mes remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A Ma très chère Mère qui a toujours été à mes côtés ;*

*A Mon Père qui m'a toujours guidé et soutenu ;*

*A mon frère **Lyes** et ma sœur pour leur soutien ;*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé et soutenu, et des soutiens, mais aussi avec qui j'ai partagé les bons et les mauvais moments pleins d'expériences, spécialement les étudiants de la section de Fabrication mécanique et productique ;*

*A mes grands-parents, mes oncles, tantes et cousins ;*

*A toute la famille DAMENE*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

## Sommaire

**Introduction générale ..... 1**

### **Chapitre I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)**

I. Introduction..... 2

I.1. L'invention de la scie manuelle..... 2

I.2. La scie manuelle pour les scieurs de long..... 2

I.3. Les scies mécaniques de l'époque romaine à la fin du 19ème siècle : ..... 5

I.4. L'invention du moulin pour scier le bois ..... 6

I.5. L'invention de la scie circulaire ..... 7

I.6. L'invention de la scie à ruban ..... 7

I.7. Des moulins à scier aux scieries ..... 10

I.8. Identité des propriétaires des anciennes scieries..... 12

I.9. Evolution socioprofessionnelle de la scierie au 20ème siècle ..... 14

    I.9.1. Situation avant la seconde guerre ..... 14

    I.9.2. Les mutations de l'après-guerre ..... 16

I.10. L'apparition de la tronçonneuse..... 17

I.11. Conclusion..... 23

## **Chapitre II : Conception de la tronçonneuse à bois**

II.1. Introduction.....	24
II.2. Généralités et définitions.....	24
II.3. Différents types d'analyses fonctionnelles .....	25
II.3.1. L'analyse externe .....	25
II.3.2. L'analyse interne .....	25
II.4. Les normes et méthodes .....	25
II.5. Normes associées à l'Analyse Fonctionnelle .....	25
II.6. Définition de la problématique.....	26
II.7. Analyse du besoin .....	26
II.7.1. Objectif .....	26
II.7.1.1. Les concurrents actuels du produit .....	26
II.7.1.2. Les raisons pour lesquelles ces produits ne satisfont pas le client .....	27
II.7.1.3. Les avantages rapportés par la tronçonneuse .....	28
II.8. Les questions qu'on doit se poser .....	28
II.8.1. La question (1) qu'on doit se poser.....	28
II.8.1.1. A qui le produit rend il service ? .....	28
II.8. 2. La question (2) qu'on doit se poser .....	29
II.8. 2.1. Sur quoi le produit agit il ? .....	29
II.8.3. La question (3) qu'on doit se poser est .....	29
II.8.3.1. Dans quel but ? Ou bien pour quoi faire cela ? .....	29
II.9. Diagramme APTE déduit après l'analyse du besoin .....	30
II.10. Analyse fonctionnelle du besoin .....	30
II.10.1. Définition du cycle de vie du produit (tronçonneuse) .....	30
II.10.2. Remarque .....	31
II.11. Les phases de vie dans lesquelles notre étude est effectuée.....	32
II.11.1. Définition des éléments du milieu extérieur (EME) .....	32
II.12. Analyse fonctionnelle du besoin .....	32
II.12.1 Définition des fonctions contraintes de notre système (FC) .....	32
II.13. Diagramme pieuvre pour chaque phase de vie tronçonneuse .....	33

# TABLE DES MATIERES

---

II.13.1. Phase de stockage .....	33
II.13.1.1. Définition des éléments du milieu extérieur lors du stockage .....	33
II.13.1.2. Définition des fonctions de contrainte lors du stockage .....	34
II.13.1.2.1. Caractérisation et validation des fonctions contraintes .....	34
II.13.2. Cycle de vie phase de transport .....	35
II.13.2.1. Définition des éléments du milieu extérieur lors du transport .....	35
II.13.2.2. Définition des fonctions de contrainte lors de transport .....	35
II.13.2.2.1. Caractérisation et validation des fonctions de contraintes .....	36
II.13.3. Cycle de vie phase d'utilisation et entretien .....	36
II.13.3.1. Définition et description des éléments du milieu extérieur .....	37
II.13.3.2. définition des fonctions de contraintes lors de l'utilisation.....	37
II.13.3.2.1 Caractérisation et validation des fonctions de contraintes .....	38
II.14. Définition des fonctions de service de notre système.....	39
II.14.1. Remarque.....	39
II.14.2. Tableau de Caractérisation des fonctions de service .....	39
II.15. Analyse interne.....	41
II.15.1. Analyse fonctionnelle technique .....	41
II.15.1.1. Diagramme FAST de la fonction principale .....	41
II.15.1.2. Diagramme SADT de la fonction principale.....	42
II.16. Diagramme pour le choix du moteur de la tronçonneuse .....	43
II.16.1. Analyse de la solution constructive « Moteur » .....	44
II.16.1.1. Diagramme SADT de la fonction principale d'un moteur deux temps .....	44
II.16.1.2. Diagramme FAST pour le moteur thermique 2 temps.....	45
II.17. Le bloc moteur (boitier du carter) .....	46
II.17.1. Différents emplacements des sous système de la tronçonneuse .....	46
II.17.2. Vue éclatée du boitier du carter .....	48
II.17.2.1. Choix des éléments d'assemblage.....	49
II.17.3. Les caractéristiques du boitier du carter .....	49
II.18. Les articulations.....	50
II.18.1. Le choix des articulations .....	50

# TABLE DES MATIERES

---

II.18.2. Conditions de montage .....	51
II.19. Assurer une bonne étanchéité .....	52
II.19.1. Assurer l'étanchéité du boîtier du carter .....	52
II.19.1.1. Choix de l'épaisseur du joint .....	52
II.19.1.2. Choix du matériau du joint .....	52
II.19.2. Assurer l'étanchéité au niveau du guidage en rotation .....	53
II.19.3. Le système bielle manivelle .....	53
II.19.3.1. Vue éclatée du système bielle vilebrequin .....	54
II.20. Le système de filtration d'air .....	55
II.20.1. Définition des composants qui forment le système de filtration d'air .....	56
II.21. Carburateur à membrane.....	58
II.21.1. Rôle et fonction .....	58
II.21.1.1. Différentes parties du carburateur et fonctionnement .....	58
II.22. Le réservoir à carburant .....	60
II.22. Le piston .....	63
II.23.1. Vue éclaté du piston .....	64
II.24. Le cylindre moteur.....	65
II.25. Le système d'allumage .....	66
II.25.1. Le fonctionnement du système d'allumage.....	67
II.26. Le ventilateur du système de refroidissement (volo magnétique) .....	67
II.26. 1. Vue éclatée du système de refroidissement .....	69
II.27. Pot de détente catalytique .....	70
II.27.1. Vue éclatée du pot de détente catalytique .....	70
II.28. Le dispositif antichoc .....	71
II.29. Principe de fonctionnement du moteur 2 temps .....	72
II.29.1. Définition des phases du moteur deux temps .....	72
II.29.2. Premier Temps (compression et admission) .....	73
II.29.3. Deuxième Temps (détente échappement) .....	74
II.30. Graissage du moteur .....	75
II.31. Choix de l'outil coupant .....	76

# TABLE DES MATIERES

---

II.31.1. Structure de la chaine.....	77
II.31.2. Les caractéristiques dimensionnelles de la chaine .....	77
II.31.2.1. Etude de la gouge .....	78
II.31.2.2. Géométrie de la gouge .....	79
II.31.2.3. Le mode d'action dans le bois.....	80
II.32. Le tambour d'embrayage .....	81
II.32.1. Le pignon (1) .....	81
II.33. L'embrayage centrifuge .....	82
II.34. Vue éclatée du système de transmission et d'embrayage .....	83
II.35. Le guide de la chaine .....	84
II.36. Système de transmission de la chaine .....	85
II.36.1. Principe de fonctionnement .....	85
II.37. Protéger l'utilisateur .....	86
II.37.1. Choix du système de freinage .....	86
II.37. 1.1 Le système de freinage.....	87
II.37.1.1.1 Diagramme SADT du système de freinage de la chaine .....	88
II.37.1.1.2. Principe de fonctionnement .....	90
II.37.1.1.3. Représentation géométrique des leviers .....	91
II.37.1.1.4. Rôle des Leviers et du levier à came .....	92
II.37.1.1.5. Caractéristiques des leviers.....	92
II.37.2. Le bouton d'arrêt d'urgence .....	93
II.37.3. Le système du lanceur à retour automatique.....	94
<b>II.37.3.1. Etude du lanceur à retour automatique .....</b>	<b>95</b>
II.37.3.2. Le principe de fonctionnent .....	96
II.37. 4. Pompe à l'huile automatique.....	97
II.37.4.1. Etude de la pompe à huile automatique.....	99
II.38. Le cache de protection.....	102
II.39. Assemblage final .....	103
II.40. Conclusion .....	105
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>106</b>

---

## LISTE DES FIGURES CHAPITRE I

---

### Liste des figures :

Figure I.1 : l'idée de la scie manuelle .....	2
Figure I.2: la scie manuelle pour les scieurs de long .....	3
Figure I.3: passeport délivré aux scieurs de long .....	4
Figure I.4: la scie mécanique de l'époque romaine .....	5
Figure I.5: la scie d'après léonard de Vinci .....	6
Figure I.6: le moulin pour scier le bois (Théâtre) .....	7
Figure I.7: la scie circulaire .....	7
Figure I.8: la première scie à ruban .....	8
Figure I.9: la scie à ruban fixe du 19ème siècle .....	9
Figure I.10: scie à ruban transportable .....	10
Figure I.11: le moulin à scie .....	11
Figure I.12: la scie ronde .....	12
Figure I.13: déclaration d'ouverture d'une scierie .....	13
Figure I.14: scierie mobile des années 50 .....	14
Figure I.15: Scie à ruban à commande automatique .....	16
Figure I.16: la scie suédoise SECTOR .....	18
Figure 17: la chaîne de Charles Wolf .....	18
Figure I.18: La chaîne d'Atkins-Hassler .....	19
Figure I.19: la courbure des griffes d'un coléoptère .....	19
Figure I.20: la chaîne articulée à denture droites .....	19
Figure I.21: la chaîne de WINDSOR .....	20
Figure I.22: la première tronçonneuse électrique .....	20
Figure I.23: la tronçonneuse Française REXO .....	20
Figure I.24: la tronçonneuses françaises PPK .....	21
Figure I.25: la première tronçonneuse STIHL thermique .....	21
Figure I.26: le modèle D55 commercialisé .....	22
Figure I.27: le modèle BLK de STIHL .....	22
Figure I.28: le modèle la contra de STIHL .....	23
Figure I.29: le modèle 08s de STIHL .....	23

## LISTE DES FIGURES CHAPITRE II

---

### Liste des figures :

Figure II.1: les scies manuelles .....	26
Figure II.2: les haches .....	26
Figure II.3: les scies électriques .....	27
Figure II.4: les scies à ruban .....	27
Figure II.5: la tronçonneuse électrique .....	27
Figure II.6: le diagramme APTE de l'expression du besoin .....	30
Figure II.7: le cycle de vie d'un produit.....	31
Figure II.8: le diagramme pieuvre lors de stockage.....	33
Figure II.9: le diagramme pieuvre lors du transport.....	35
Figure II.10: diagramme pieuvre lors de l'utilisation .....	36
Figure II.11: diagramme FAST de la fonction principale .....	41
Figure II.12: diagramme SADT de la fonction globale .....	42
Figure II.13: diagramme SADT de la fonction principale .....	42
Figure II.15: Diagramme FAST de la fonction principale du moteur .....	44
Figure II.14: diagramme pour le choix du moteur .....	44
Figure II.16: diagramme FAST du moteur 2 temps.....	46
Figure II.17: le boîtier du carter de la tronçonneuse .....	47
Figure II.18: Vue éclatée du boîtier du carter.....	49
Figure II.19: roulement (BC) à une rangée de billes à contact radial .....	50
Figure II.20: joint de carter .....	52
Figure II.21: joint à une seule lèvre à contact radial.....	53
Figure II.22: Système bielle manivelle .....	54
Figure II.23: vue éclatée de la bielle/vilebrequin.....	54
Figure II.24: système de filtration d'air .....	55
Figure II.25: Vue éclatée du système de filtration d'air .....	56
Figure II.26: Emplacement du système de filtration d'air dans le bâti .....	57
Figure II.27: carburateur à membrane.....	59
Figure II.28: principe de fonctionnement du carburateur .....	59
Figure II.29: réservoir à carburant .....	60
Figure II.30: les différents emplacements du réservoir à carburant.....	61
Figure II.31: les éléments associés au réservoir à carburant .....	62
Figure II.32: le piston de la tronçonneuse à bois .....	63
Figure II.33: les éléments du piston .....	64
Figure II.34: le cylindre moteur .....	65

## LISTE DES FIGURES CHAPITRE II

---

Figure II.35: les surfaces fonctionnelles du cylindre moteur .....	66
Figure II.36: système d'allumage.....	67
Figure II.37: la turbine de refroidissement .....	68
Figure II.38: la place de la turbine de refroidissement dans son système .....	68
Figure II.39: la vue éclaté du système de refroidissement .....	69
Figure II.40 : le pot de détente catalytique.....	70
Figure II.41: Vue éclatée du pot de détente.....	70
Figure II.42: le dispositif antichoc.....	71
Figure II.43: le premier temps du moteur .....	73
Figure II.44: le deuxième temps du moteur .....	74
Figure II.45: diagramme pour les fonctions du graissage par mélange .....	75
Figure II.46: diagramme pour le choix de l'outil coupant .....	76
Figure II.47: la chaîne de la tronçonneuse à bois.....	76
Figure II.48: Les éléments constitutifs de la chaîne.....	77
Figure II.49: la caractéristique dimensionnelle de la chaîne .....	77
Figure II.50 : Gouge de la chaîne.....	78
Figure II.51 : la géométrie de la gouge .....	79
Figure II.52 : le mode d'action lors de la coupe .....	80
Figure II.53 : le tambour d'embrayage.....	81
Figure II.54 : la bague gènte.....	81
Figure II.55 : l'embrayage centrifuge.....	82
Figure II.56 : Principe de fonctionnement de l'embrayage centrifuge .....	82
Figure II.57 : Système de transmission de la chaîne.....	83
Figure II.58: le guide de la chaîne.....	84
Figure II.59: le système de guidage et de transmission de la chaîne.....	85
Figure II.60: Diagramme FAST la fonction de service 12 FS .....	86
Figure II.61: Diagramme pour le choix du système de freinage .....	86
Figure II.62: Le système de freinage .....	87
Figure II.63: Vue éclatée du système de freinage .....	87
Figure II.64: diagramme SADT du système de freinage.....	88
Figure II.65 : Modélisation du principe de fonctionnement du frein .....	88
Figure II.66: Diagramme SADT du système de freinage utilisé par (STIHL et HUSQVARNA).....	89
Figure II.67: Modélisation 2D sur le principe de fonctionnement.....	90
Figure II.68: Présentation géométrique des leviers du système frein .....	91
Figure II.69: Bouton d'arrêt d'urgence.....	93
Figure II.70 : Lanceur à retour automatique.....	94

## LISTE DES FIGURES CHAPITRE II

---

Figure II.71: Schéma équivalent du système du lanceur .....	96
Figure II.72: Modélisation 3D de l'élément intervenant lors du démarrage du moteur .....	96
Figure II.73: Diagramme pour le principe de fonctionnement de la pompe .....	97
Figure II.74: transmission du mouvement du moteur à la pompe .....	98
Figure II.75: Pompe à huile automatique dans ses deux vues avant et arrière.....	98
Figure II.76: Eléments de la pompe à huile automatique.....	99
Figure II.77: Aspiration dans le réservoir à huile.....	100
Figure II.78 : sortie de l'huile .....	101
Figure II.79: Cache de protection .....	102
Figure II.80: Assemblage finale de la tronçonneuse.....	103
Figure II.81: les différentes vues de notre système .....	104
Figure II.82: Vues de dessus et de dessous de notre système .....	105

## LISTE DES TABLEAUX

---

### Liste des tableaux :

Tableau II.1. : Les avantages de la tronçonneuse.....	28
Tableau II.2. : La matière d'œuvre.....	29
Tableau II.3. : Le but de couper le bois.....	29
Tableau II.4. : Les phases de vie d'un produit.....	31
Tableau II.5. : Les phases de vie du produit .....	32
Tableau II.6. : Les éléments du milieu extérieur .....	32
Tableau II.7. : Les Fonctions de contraintes du système de la tronçonneuse .....	33
Tableau II.8. : Les éléments du milieu extérieurs lors du stockage.....	34
Tableau II.9. : Les fonctions de contrainte lors de stockage .....	34
Tableau II.10. : Les éléments du milieu extérieurs lors du transport.....	35
Tableau II.11. : Les fonctions de contraintes lors du transport .....	35
Tableau II.12. : Les éléments du milieu extérieur lors de l'utilisation .....	37
Tableau II.13. : Les fonctions de contraintes lors de l'utilisation.....	37
Tableau II.14. : Les fonctions de services .....	39
Tableau II.15. : Les emplacements des différent sous systèmes .....	48
Tableau II.16. : Les éléments du système bielle manivelle .....	55
Tableau II.17. : Les éléments des systèmes de filtration d'air .....	57
Tableau II.18. : Les différents emplacements du réservoir à carburant.....	64
Tableau II.19. : Les éléments du piston.....	66
Tableau II.20. : Les éléments du système de refroidissement :.....	71
Tableau II.21. : Les caractéristiques de la gouge.....	80
Tableau II.22. : Les éléments du système de transmission de la chaîne.....	86
Tableau II.23. : Les éléments du guide de la chaîne .....	80
Tableau II.24. : Les éléments du lanceur à retour automatique .....	97

## Introduction générale

La fabrication mécanique a toujours donnée à l'humanité une importante évolution dans plusieurs domaines, comme **l'industrie, l'agriculture, le transport, le génie civil, la biomécanique, la médecine, le commerce, le sport, l'armement, l'aéronautique, l'aérospatiale** et d'autres. Elle a toujours été là, pour faciliter les travaux que l'homme ne pouvait pas faire. Elle a permis le développement d'autres moyens pour rendre le travail plus efficace et mieux rentable grâce aux normes de construction, la bonne formation des ouvriers et la parfaite organisation au sein des entreprises de fabrication mais aussi à une meilleure théorie du management. Aujourd'hui, une entreprise de fabrication doit assurer une meilleure organisation pour que le travail ne s'arrête pas. Pendant qu'un produit subit le processus de fabrication et commercialisation, un autre est en cours d'étude. Citons l'exemple de l'entreprise suédoise HUSQVARNA créée en **1686** qui produit des matériels de la motoculture comme les **tendeuses à gazon, les tronçonneuses à bois (électrique et thermique), les débroussailleuses** etc. Dans ce projet de fin d'études, nous nous sommes intéressés à la tronçonneuse à bois thermique HUSQVARNA 268 produite de **1987 à 1991**. Ce modèle de tronçonneuses est décliné en trois types sous les noms suivants :

- **HUSQVARNA 268**
- **HUSQVARNA 268 XP ou bien (EXPERT)**
- **HUSQVARNA 268 SPECIAL**

L'entreprise a choisi d'effectuer de petites modifications ou améliorations à la série de base **HUSQVARNA 268** comme le système de graissage de la chaîne en ajoutant une pompe à huile automatique après avoir été manuelle. Elle a aussi ajouté de la puissance en augmentant le volume de la cylindrée, amélioré le système d'admission en ajoutant un starter et changé le design général d'une série à l'autre.

Les éléments de base comme le boîtier du carter, la chemise du cylindre, le réservoir à carburant ont été laissés tels qu'ils étaient, pour donner de nouvelles désignations aux nouvelles séries (**268 XP** et **268 S**). Cela a constitué un indice de nouveauté pour le client d'une part, et un abaissement du coût de fabrication, un gain de temps pour les études du nouveau modèle de tronçonneuse d'une autre part. Le bénéfice tiré par l'entreprise donne une bonne visibilité de la gestion du travail. L'étude et la

# INTRODUCTION GENERALE

---

réalisation du modèle sont faites aux bureaux d'études et méthodes. Il fallait donc partager les tâches :

- La conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) du modèle :  
Aux ingénieurs concepteurs en construction mécanique et fabrication mécanique
- **La conception et la fabrication des outils :**  
Comme les moules en sables, les moules à injection plastique, les montages d'usinage et d'autres outils ainsi que le choix des machines aux dessinateurs d'outillages.
- **Le choix des matériaux :** En tenant compte de la disponibilité, du coût, de la résistance aux différentes sollicitations que subit chaque élément du produit, aux ingénieurs en science des matériaux
- **Etude du marché :** pour la bonne commercialisation du produit et l'organisation du travail par des méthodes et théories du management qui permettent de mieux produire et gagner du temps aux ingénieurs en économie et gestion et du management
- **La publicité et le marketing du produit :** pour les ingénieurs en marketing
- **La bonne formation des ouvriers :** comme les opérateurs sur machines et d'autres ouvriers aux formateurs professionnels dans le domaine.
- **Contrôle de qualité du produit :** aux contrôleurs professionnels, le montage dans des chaînes de montage pour les grandes séries aux ouvriers qualifiés.

Mais aussi il faut prendre en compte des paramètres suivant :

- **La fiabilité**
- **L'efficacité**
- **La Facilité de manipulation**
- **La facilité de maintenance**
- **La sécurité**
- **Le coût de revient**
- **Le prix de vente**

En essayant toujours de donner une petite tâche à l'ouvrier en lui éliminant tous les gestes inutiles pour qu'il la fasse d'une bonne manière et avec une précision remarquable.

Notre objectif est donc de faire une analyse du besoin « couper le bois » en décrivant les éléments du milieu extérieur de la tronçonneuse, puis une analyse fonctionnelle de notre besoin en décrivant les fonctions de contraintes d'usage et d'estime et les fonctions de service de notre système. Nous nous intéresserons ensuite à l'analyse fonctionnelle technique qui va nous

## INTRODUCTION GENERALE

---

orienter à la recherche des fonctions techniques qui vont tout de même se transformer en solution constructives, puis en modélisation 3D des sous-systèmes de la tronçonneuse à bois en effectuant une analyse globale sur ses différentes exigences et caractéristiques techniques. Il s'agit donc de concevoir des dessins 3D en conception assistée par ordinateur sans toutefois s'éloigner de la conception mécanique de construction mais bien sûr du principe de fonctionnement de chaque sous système de la tronçonneuse.

Pour cela, nous avons structuré ce mémoire en deux chapitres. Un chapitre qui explique la démarche de conception choisie qui consiste en une analyse très détaillée du besoin « couper du bois ». Ce chapitre est précédé d'un autre sur l'historique de la coupe du bois et l'évolution des moyens utilisés pour couper le bois à travers le temps.

Le mémoire commence par cette introduction générale et se termine par une conclusion générale.

# CHAPITRE I

Historique sur la coupe du bois ou (le sciage du bois)

## I. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser à quelques exemples sur l'histoire du sciage de bois, et l'évolution des moyens utilisés coupe du bois à travers le temps. Depuis que l'homme s'est rendu compte de la grande utilité et nécessité du bois, sa pensée a toujours été orientée vers l'amélioration des moyens qui lui a permettrait de couper le bois d'une manière plus efficace et rapide, et derrière tout cela se cache une histoire longue et une grande aventure sur l'innovation des moyens et outils de découpage ou de sciage du bois.

### I.1. L'invention de la scie manuelle

L'invention de la scie à main ou bien manuelle est attribuée à un architecte grec, aux environs de **1 200 ans avant Jésus-Christ**, qui eut l'idée de reproduire dans du fer la denture de la mâchoire de requin dont il se servait pour scier des pièces de bois. [1].

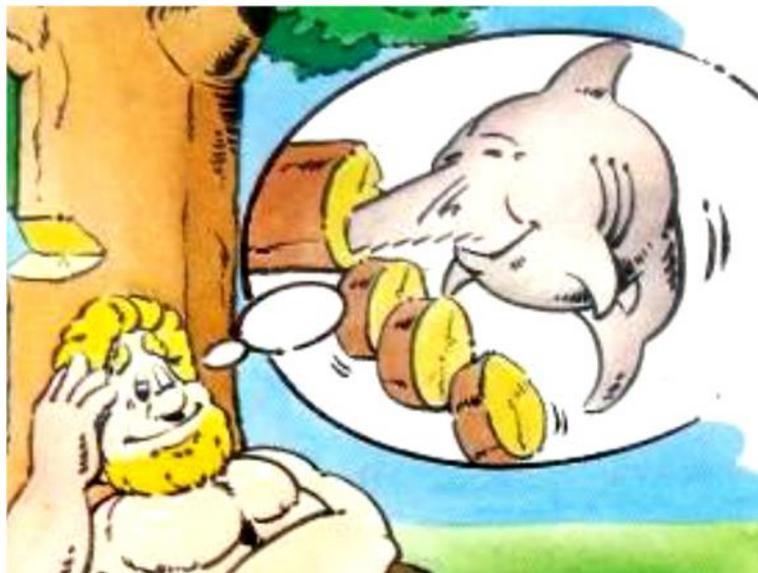


Figure I.1 : l'idée de la scie manuelle

Comme la coupe du bois a été très lente et épuisante en utilisant la scie manuelle, ce qui la poussé l'homme à la rendre plus ou moins rapide, ce qui l'a conduit vers une autre invention.

### I.2. La scie manuelle pour les scieurs de long

C'est une scie plus ou moins grande en terme de longueur, avec ou sans cadre de bois de sapin. Elle a été conçue pour les scieurs de long aux environ 1700, dénommée la (*niargue*) ou encore la (*beiche*). Elle n'est plus guère utilisée que dans les fêtes

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

---

folkloriques car son utilisation était toujours pénible et fatigant et la difficulté des conditions climatiques auxquelles les scieurs de long sont confrontés. [1].



**Figure I.2: la scie manuelle pour les scieurs de long**

# CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

Au 18<sup>ème</sup> siècle, pendant l'absence des scieurs de long partis en campagne, le curé garantit la moralité de la famille et garde les terres. Un passeport est délivré au migrant afin qu'il se déplace sans être inquiété, la figure suivante montre le passeport des scieurs de long. [1].

PASSEPORT POUR UN SCIEUR DE LONG DE LA CHAMBA,  
Département de la Loire. (An VIII. 1800). D'après Marie-Thérèse LIANGE.



Figure I.3: passeport délivré aux scieurs de long

### I.3. Les scies mécaniques de l'époque romaine à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle

En reproduisant mécaniquement le mouvement des scieurs de long, les romains utilisaient déjà des scies alternatives fonctionnant à l'eau, pour débiter en plaques les blocs de marbre. [1].

En 1040, en Franche-Comté, on parle d'une « **Mareschian** » ou « **Reisse à bois** » et à la même époque, en Savoie, de « **Raïsse** » pour désigner la scie mécanique. Un traité de 1284 use pour désigner les scieries de l'expression « moulins pour soier planches » laquelle, traduite en français contemporain, veut dire « moulins pour scier les planches ». [1].

En 1303, dans l'énumération des biens immobiliers de l'Abbaye de **Saint-Sernin** de Toulouse figure une scie à eau. Dans les Vosges, on substitue au moulin à scier le mot « **sye** ». De là est née « **la sye** » de **Saint-Mousse** à Arches en 1426. On le voit, Le sciage de long se mécanise et profite de la force hydraulique. [1].

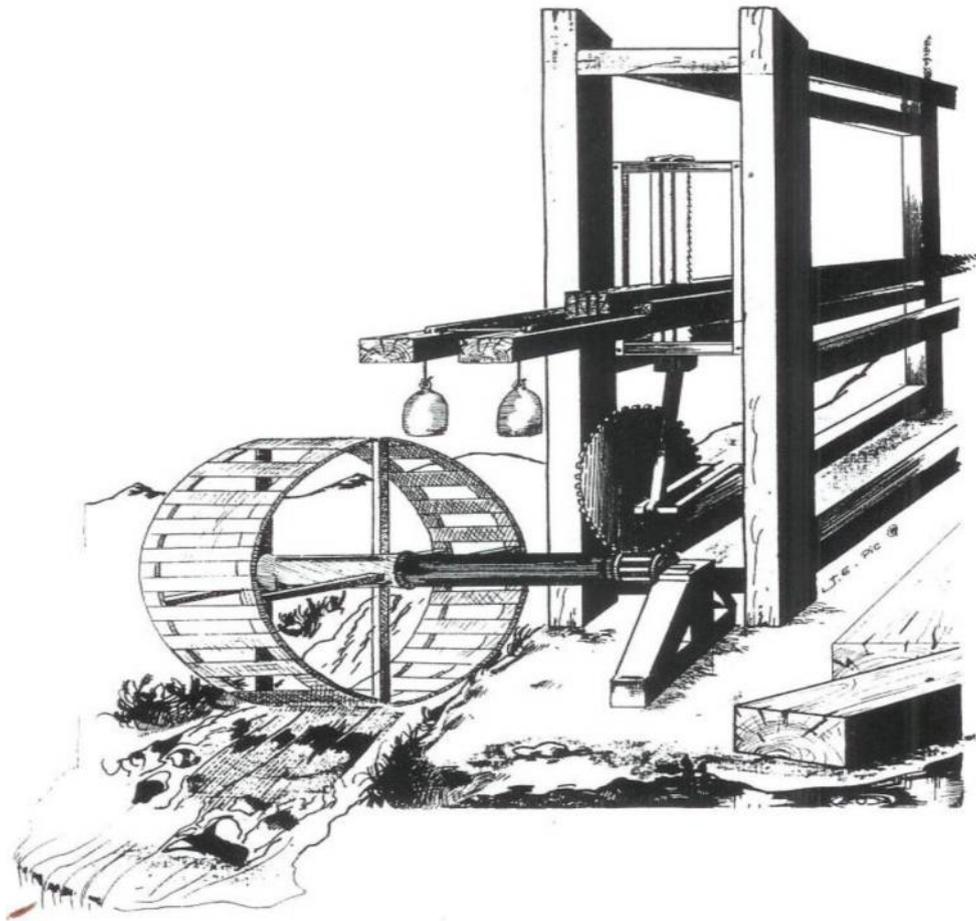


Figure I.4: la scie mécanique de l'époque romaine

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

Si le mouvement initial reproduisant celui des scieurs de long n'a jamais changé, on le retrouve d'ailleurs toujours sur les machines actuelles, l'entraînement du cadre, quant à lui, n'a pas cessé d'évoluer à travers les siècles. C'est d'abord l'invention embryonnaire de **la came par les Romains**. Un principe qui se perdra pour être redécouvert au **10ème** siècle. La came permet de résoudre partiellement la transformation d'un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne alternatif. Mouvement idéal pour reproduire le geste des scieurs de long. Au **7ème** siècle, la came trouve enfin son débouché dans les moulins, foulons à papier, à fer et dans les scieries hydrauliques. L'architecte et ingénieur **Villard de Honnecourt** a laissé dans un album des croquis de la première représentation connue d'une **scie à bois de long** mécanisée. Il faut attendre le **15ème** siècle et les travaux de **Francesco di Giorgio Martini**, repris par **Léonard de Vinci**, qui apporteront un progrès décisif dans l'essor du vilebrequin. Le système de sciage, **bielle - manivelle**, naît véritablement. Désormais, l'arbre n'entraîne plus de came mais une manivelle ou un vilebrequin. [1].

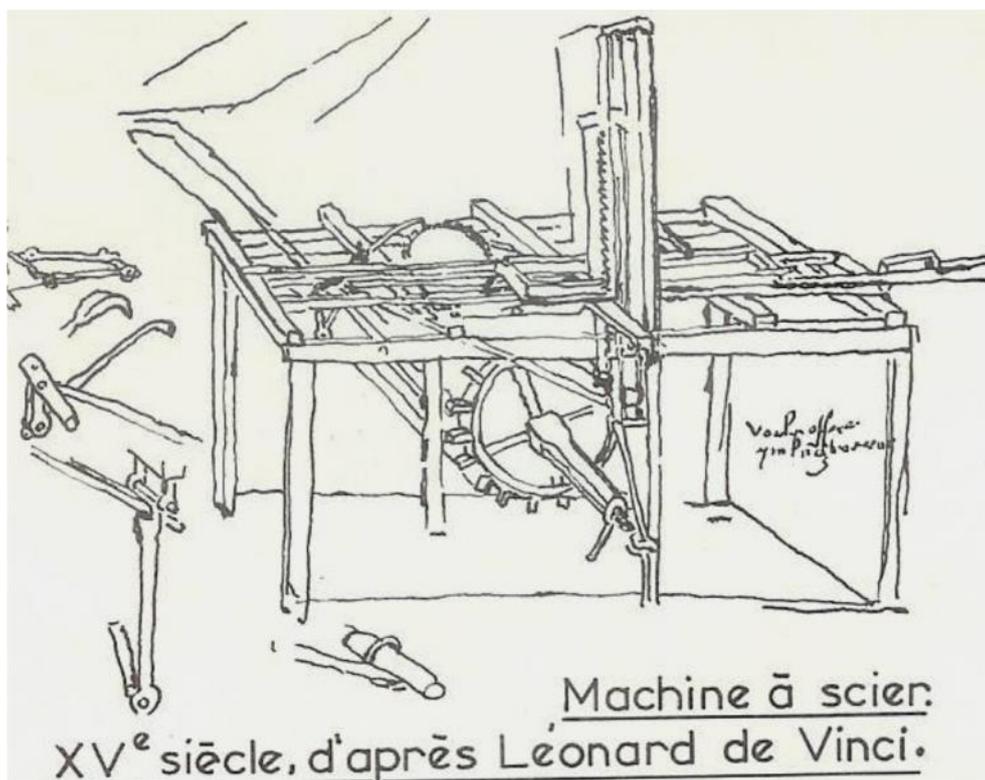


Figure I.5: la scie d'après léonard de Vinci

### I.4. L'invention du moulin pour scier le bois

Aux **17ème** et **18ème siècles**, plusieurs auteurs font une place aux Instruments de sciage mécanique dans le cadre de traités intitulés « **Théâtres** ». **L'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert** propose un modèle de **Moulin pour scier le bois** très représentatif de l'avancée technologique du métier à l'époque. [1].

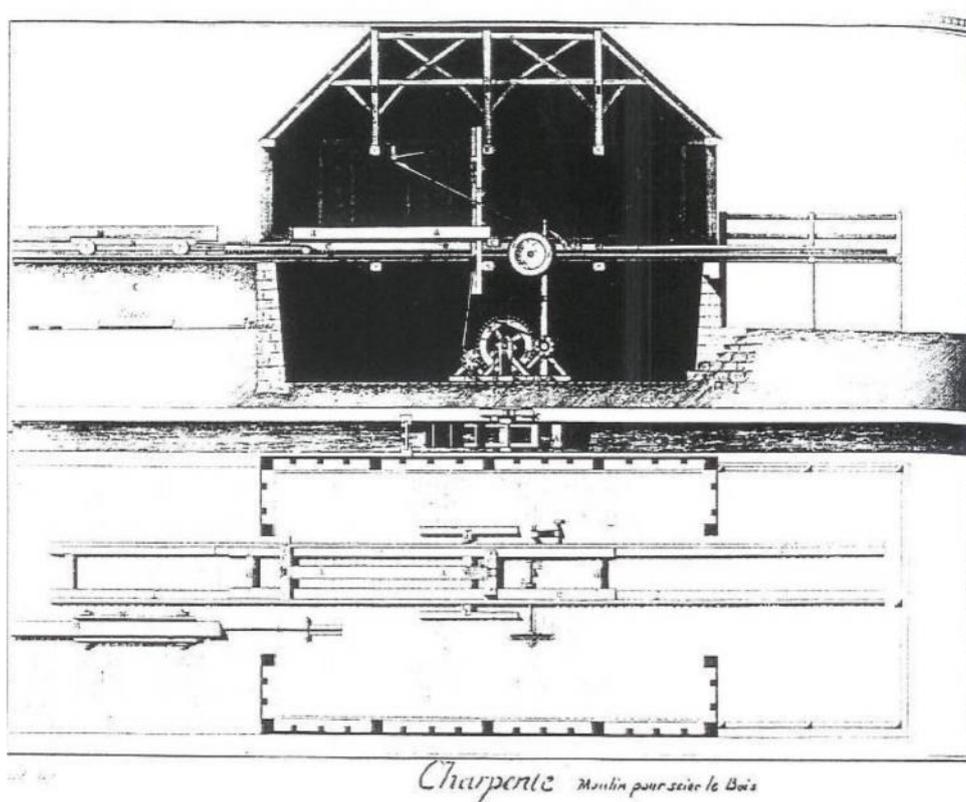


Figure I.6: le moulin pour scier le bois (Théâtre)

### I.5. L'invention de la scie circulaire

Un nouveau tournant sera pris en **1799** avec le premier brevet déposé de la **scie circulaire** appelée par son inventeur, **M. Albert**, un mécanicien de Paris, scie sans fin. Cette scie était composée de plusieurs segments circulaires en tôle de fer montés sur un arbre horizontal. [1].

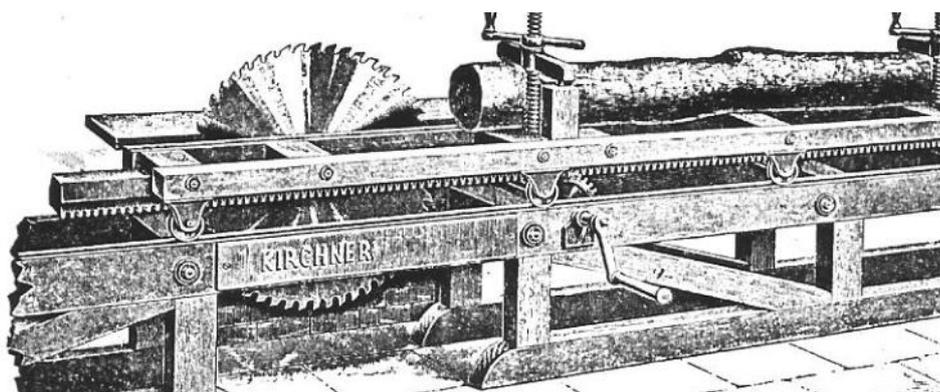


Figure I.7: la scie circulaire

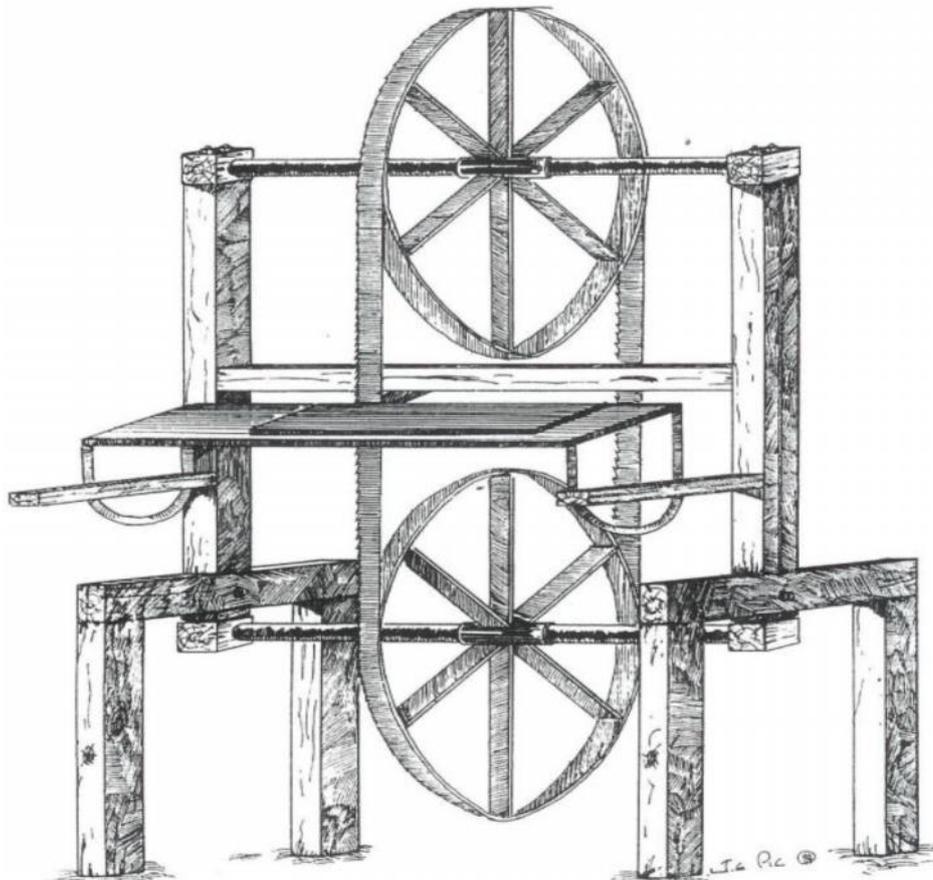
### I.6. L'invention de la scie à ruban

Encore plus décisive sera l'invention en **1808** de la **scie à ruban** par l'Anglais **William Newberry**. Cette innovation extraordinaire mettra malheureusement du temps

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

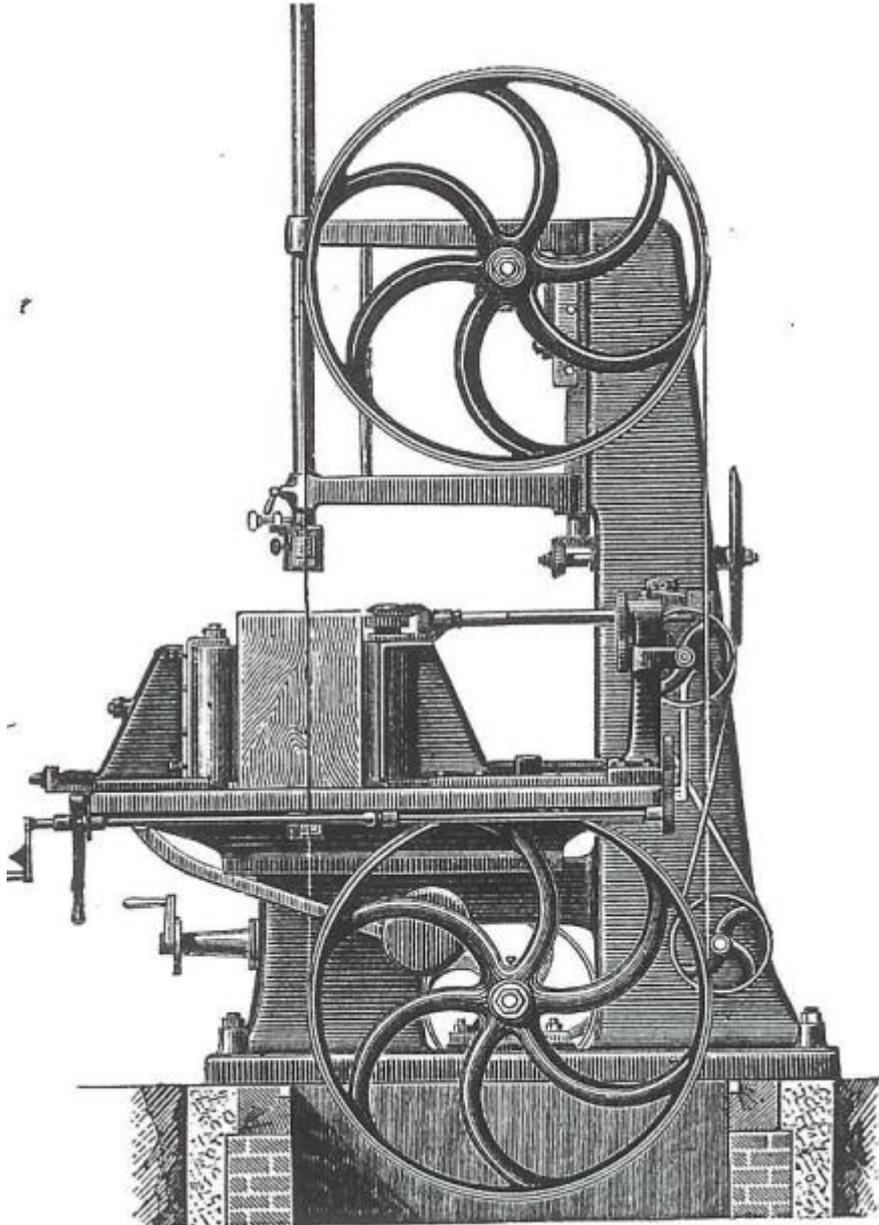
---

à être vulgarisée. En avance sur son époque, la scie à ruban n'a pas trouvé tout de suite la reconnaissance qu'elle mérite. Il faudra, en effet, attendre l'avènement de l'ère industrielle pour enfin posséder des **lames résistantes** et des bâtis rigides. Cette avancée a été rendue possible grâce aux progrès de la sidérurgie moderne qui permettront d'affiner les aciers des lames et d'adjoindre les alliages de chrome et de nickel. L'amélioration des systèmes de guidage de la lame et d'amortissement des chocs augmentera considérablement la durabilité de l'outil et fera l'objet de nombreux brevets déposés à partir de **1830**. [1].



**Figure I.8: la première scie à ruban**

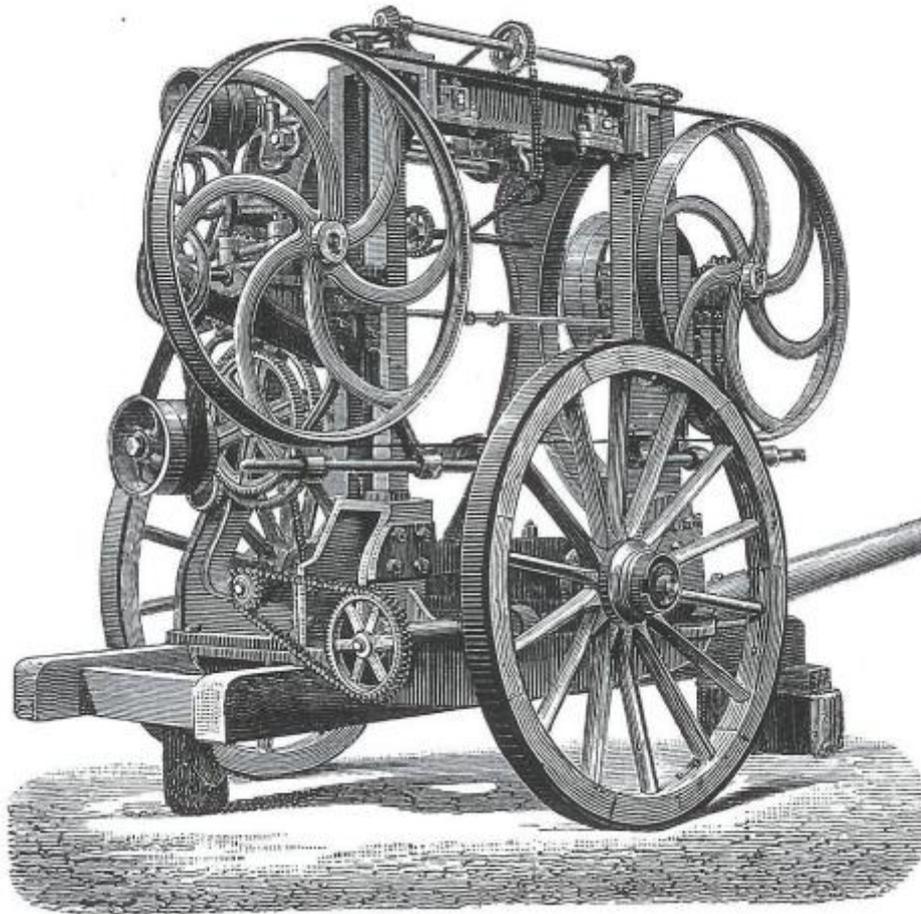
Cela permet dès la fin du **19ème siècle** de disposer de machines très proches de celles que l'on connaît aujourd'hui. Dans son remarquable ouvrage **Les scieries et les machines à bois (1902)**, **Paul Razous** présente les scies à ruban à chariot automatique, à chariot libre et à dédoubler. Il parle même d'une grande scie à ruban, **un métier**, pour débiter les bois en grumes dont les poulies porte-lame atteignaient 2 mètres 50 de diamètre en fonctionnement à **l'Exposition Internationale de Chicago en 1893**. [1].



**Figure I.9: la scie à ruban fixe du 19ème siècle**

Cette scie, construite par la maison **Kirchner**, était à la fin du **19ème siècle** le plus grand modèle connu. Plus frappante encore est la description du principe d'avoyage des scies à ruban pratiqué couramment à l'époque par les Américains.

Les énergies sont diverses : la « machine à crottin » et plus sérieusement la machine à vapeur entraînent les scies verticales mais aussi horizontales. Les scies mobiles existent déjà. [1].



**Figure I.10: scie à ruban transportable**

### **I.7. Des moulins à scier aux scieries**

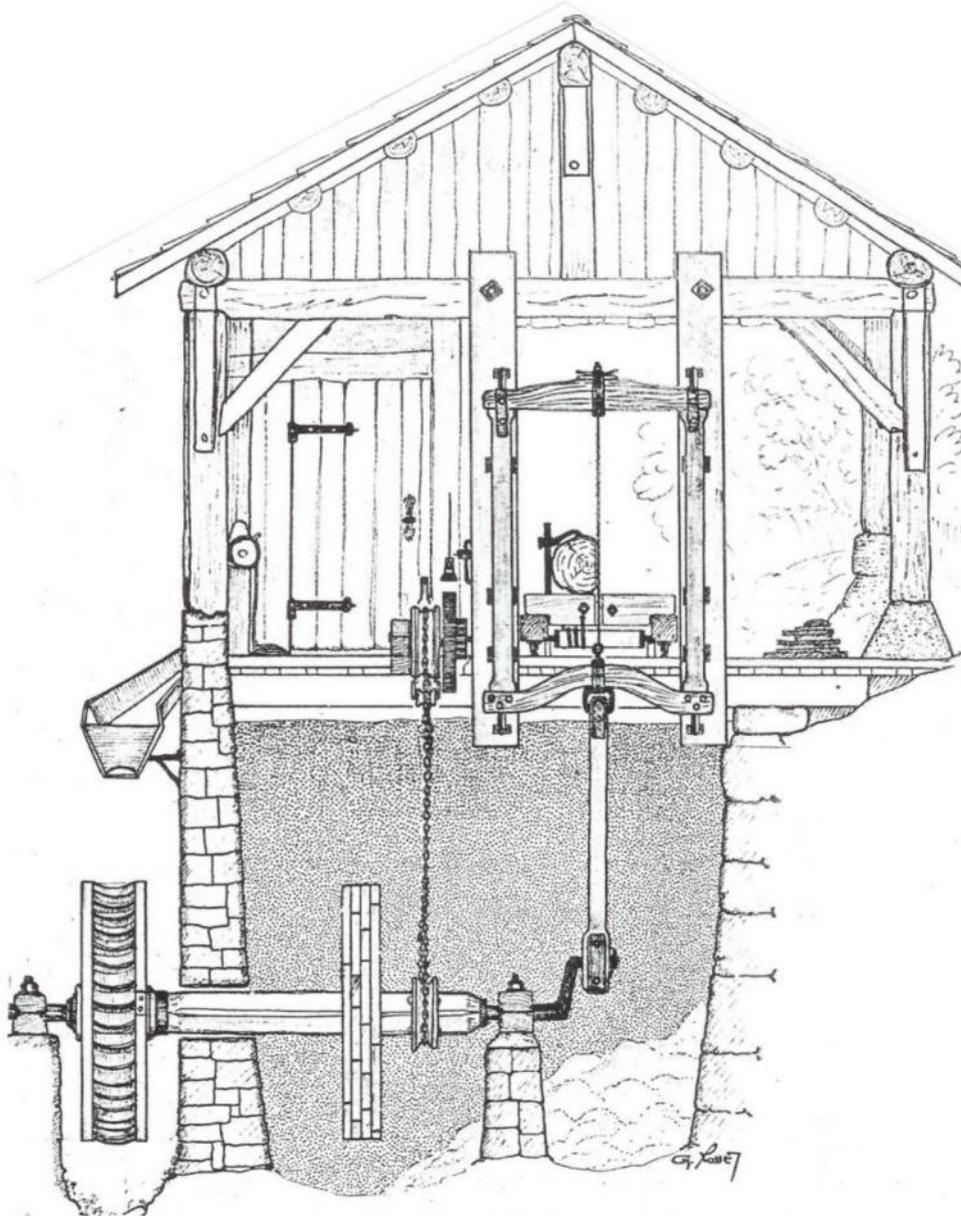
Du moulin à scier d'hier à la scierie moderne d'aujourd'hui, il n'y a qu'un pas que les hommes du bois et de la forêt ont pourtant franchi lentement à travers les siècles.

Si les régions de l'Ouest de la France ont longtemps loué les services des scieurs de long auvergnats, les régions montagneuses, **Alpes, Jura, Vosges, Massif central, Pyrénées**, du fait de leur configuration, relief et hydrographie, ont très tôt adopté le sciage mécanique. Au moment de l'électrification du monde rural, dans les années **1930**, des scieries hydrauliques fonctionnaient déjà depuis plus d'un siècle et même parfois davantage. Pour preuve, **Anne d'Urfé** écrivait en **1606** dans sa Description du **païs de Forest - pays du Forez** - « Les hautes montagnes abondant en faux (hêtre) et très beaux sapins desquels ils (les habitants) tirent grand profit par le moyen de moulins à scie, dont il y a quantité à cause du grand nombre de belles fontaines qui se sourcent en ses montagnes ». Les scies mécaniques ne sont donc pas une invention moderne puisqu'elles existaient en « Quantité », il y a quatre siècles. Ces scieries étaient toutes équipées de la

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

---

scie alternative à grand cadre que les Vosgiens appellent encore le **Haut fer** ; (**José Giovanni** avec **Bourvil** et **Ventura**). La circulaire, appelée **la scie ronde** ou encore **La grande mécanique**, n'apparut que timidement au début du **19ème** siècle. Elle marqua un grand progrès grâce à sa vitesse élevée qui assurait une coupe régulière et continue. [1].



**Figure I.11:le moulin à scie**

Au milieu du **20ème** siècle, la scie à ruban la détrônera définitivement du « sciage de tête ». Réputée mangeuse de bois en raison du passage important et dévoreuse de membres de par sa dangerosité, les Français la boudèrent longtemps. Ils la tiendront éloignée, bien cloisonnée et enfermée dans les caissons d'acier des déligneuses. A l'inverse, dans les pays scandinaves et américains, la scie circulaire a

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

---

toujours été maintenue en premier débit : scie à grume et canter. Gérant les affaires souvent en famille, les propriétaires de moulins à scier répondaient aux besoins locaux et travaillaient pour les marchands de bois des villes. Peu à peu, ils se sont fabriqué une culture bois ainsi qu'une renommée de petits industriels de la campagne. Scieurs accomplis, leurs moulins sont devenus « *Leurs scies* ». Une appellation toujours en vigueur aujourd'hui dans le milieu. Par ailleurs et curieusement, la dénomination *moulin* pour définir la scierie est encore d'un usage fréquent aux Etats-Unis et au Canada. Preuve s'il en est que le métier a une histoire, son histoire. [1].



Figure I.12: la scie ronde

### I.8. Identité des propriétaires des anciennes scieries

De nombreuses appellations montrent la manière dont les scieries ont été juridiquement reconnues et exploitées. Une liste, non exhaustive, fait apparaître dans l'histoire du métier différents régimes de propriété :

- **Scierie de particulier en nom propre** : le propriétaire est un ancien scieur de long, un paysan, un moulinier...
- **Scierie domaniale et scierie communale** : elles sont exploitées par le *Sagard* dans les Vosges. Propriété de l'Etat, elle est gérée par l'inspection des Eaux et Forêts pour la domaniale. Propriété des communes, elle est gérée par les collectivités locales pour la communale.
- **Scierie à exploitation collective** : suite à un partage familial, l'ayant droit en jouit quelques heures ou jours par semaine suivant ce qui lui revient par droit de coopération à la construction ou par héritage. Cela permet de scier ses propres bois à peu de frais. Cette pratique est restée en vigueur dans le Bourbonnais jusqu'aux années soixante-dix. [1].

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

- **Scierie des communautés religieuses** : le scieur est en bail rural et les moines retirent un revenu de la vente des produits issus de leurs forêts. La fin de l'Ancien régime et la saisie des biens des communautés permettent aux scieurs de s'affranchir en rachetant les moulins à l'état.
- **Le cas particulier des scieries « volantes »**

Se rendre à proximité de la coupe, installer l'outil de débit est une pratique très ancienne datant des scieurs de long. A partir du milieu du 19<sup>ème</sup> siècle et lorsque les outils de sciage vont se mécaniser, des scieries « volantes » se déplaceront sur les chantiers forestiers. Actionnées par des machines à vapeur dans un premier temps, les scies à ruban et circulaires seront animées par des moteurs thermiques dans un second temps. Cette pratique s'éteindra peu à peu dans les années 60 où les derniers scieurs itinérants se sédentariseront. Le sciage mobile renaîtra dans les années 80-90 avec de nouveaux matériels assez sophistiqués permettant d'exercer ce métier avec moins de pénibilité et plus de productivité. En 2010, la profession des scieurs mobiles compte une soixantaine de membres. Un syndicat des scieurs mobiles et artisanaux de France (SMAF) s'est créé en 2009 et compte une trentaine de membres. [1].

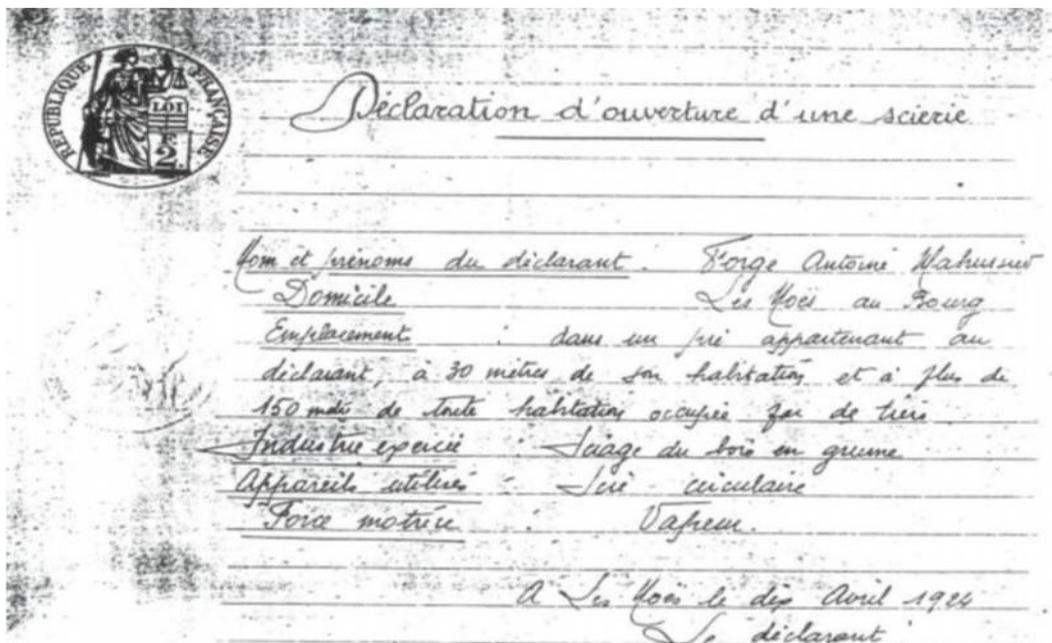


Figure I.13: déclaration d'ouverture d'une scierie



Figure I.14: scierie mobile des années 50

### I.9. Evolution socioprofessionnelle de la scierie au 20ème siècle [1]

Dans le domaine de la scierie, le 20ème siècle a été riche en évolutions techniques et socioprofessionnelles. Le métier avant la seconde guerre, son développement est basé sur la reconstruction des années euphoriques des *Trente Glorieuses* et enfin le mouvement d'industrialisation et de concentration du secteur du sciage des trente dernières années du deuxième millénaire. [1].

#### I.9.1. Situation avant la seconde guerre

Cette période sera marquée par les évolutions techniques qui vont permettre d'affermir la pratique du métier de scieur. La scierie va se professionnaliser et devenir un métier à part entière avec sa culture, ses techniques, ses pratiques, sa presse professionnelle et ses formations. Du point de vue technique, la scie à ruban fixe ou mobile (scieries volantes) dont les principaux fabricants français sont : **Marqcol**, **Rennepont**, **Guillet**, **Panhard Levasseur** (le célèbre fabricant d'automobile), **Gillet** - sans nommer les petits fabricants régionaux dont le passage éphémère n'a pas marqué

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

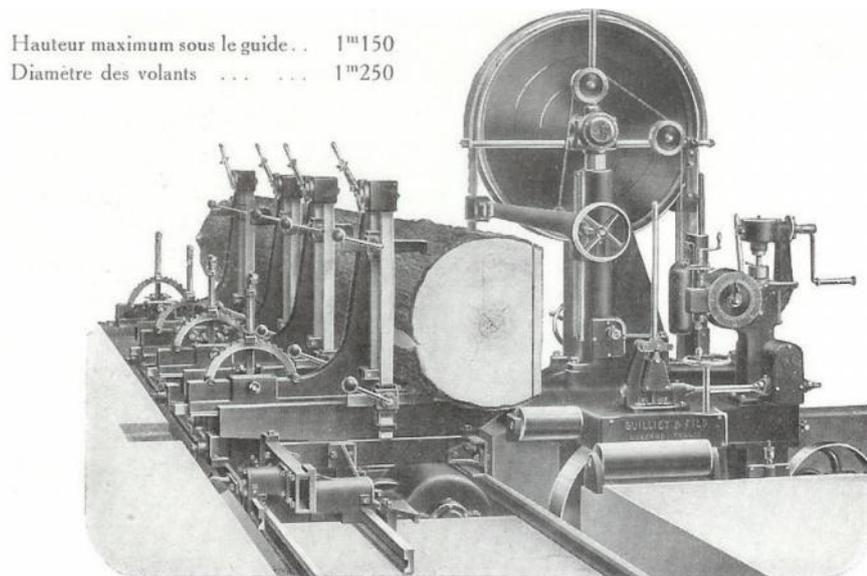
---

l'histoire, supplante la scie circulaire et la scie alternative en raison de sa souplesse d'utilisation, de sa polyvalence et surtout de sa faible perte au trait. Cependant, la scie alternative (**Esterer, Wurster et Dierz**) reste très employée dans sa version moderne : le châssis, notamment dans l'Est de la France, mais aussi en Allemagne et dans toute l'Europe de l'Est. [1].

D'importants progrès techniques et technologiques sont apportés aussi bien sur le matériel que sur les outils. Les techniques d'affûtage s'affinent et se vulgarisent en particulier grâce à l'école du bois de Mouchard (Jura) créée en 1934. Quelques années plus tard, en **1943**, en pleine guerre et pour pallier le manque de main-d'œuvre spécialisée, l'école crée les premiers stages de formation continue et de perfectionnement pour scieurs et affûteurs. Elle donnera à des générations de fils d'exploitants de solides connaissances en matière de foresterie, de scierie et d'affûtage.

La formation à l'affûtage débute dans les années 30 dans le Jura (Mouchard) **Le 20 novembre 1934**, l'Ecole Supérieure du Bois (**E.S.B**) ouvre également ses portes à Paris. Après la grave crise économique de **1931**, sans précédent pour le secteur du bois, la profession peut enfin former ses cadres et prendre du recul sur ses pratiques pour mieux s'ouvrir sur les forts potentiels qu'offrent les grands marchés du bois présents et ceux à venir. Dans ce courant novateur, la presse professionnelle s'enrichit d'un nouveau titre. **Le 5 janvier 1930** sort **Bois et Construction** qui deviendra quelques années plus tard **Le Bois National**. La presse professionnelle possède déjà à cette époque l'organe spécial du commerce des bois **L'écho forestier**. Ce journal, fondé en **1873**, est le plus ancien journal du commerce et des industries du bois. Il est aussi l'organe officiel de l'Association Nationale du Bois (France). Existe aussi dans **les années trente** l'organe spécial du commerce des bois et des industries qui s'y rattachent, **Le moniteur des scieries et des travaux publics**, fondé en **1894**. Dans ces journaux professionnels, les contenus ne sont guère différents de ceux d'aujourd'hui. On y trouve des analyses finement détaillées des situations des marchés, les cours du bois, des articles techniques, des « réclames ». L'électrification des campagnes accélérera encore le processus de changement. Finis les soucis de production d'énergie. Les turbines qui avaient succédé aux roues à aube ainsi que les machines à vapeur sont arrêtées et remises au profit du moteur électrique qui fait une entrée triomphale dans les scieries. [1].

Le côté ancien et rustique des vieilles scieries de montagne est peu à peu remplacé par de petites usines du bois. [1].



**FORTE SCIE A RUBAN** pour le débit des bois en grumes  
avec commande automatique de la division (Brevetée S. G. D. G )  
**ARO**

**Figure I.15: Scie à ruban à commande automatique**

### **I.9.2. Les mutations de l'après-guerre**

Après l'ajournement des grandes ventes de **1938** et la sombre période de la guerre, la production en **1945** se remet peu à peu en place avec le retour des prisonniers. Plus intensément que jamais avec le vaste chantier de la reconstruction, le travail est là pour les scieries. On manque de tout dans cet immédiat après-guerre et en particulier de bois pour la reconstruction et pour les poteaux télégraphiques (un besoin estimé à **700 000** unités par an alors que la production plafonne à **220 000**). Pour aider au redressement, le gouvernement Français prend la décision de prélever dans les forêts allemandes **6 millions** de **m<sup>3</sup>** de bois au titre de dommages de guerre. Les entreprises du bois sont sollicitées. Des groupements se créent, réunissant scieurs, exploitants forestiers et imprégnateurs. Des équipes se forment et gagnent l'Ouest de l'Allemagne pour exploiter pendant de longs mois les résineux de la Forêt-Noire. Le bois sera acheminé en France par voie ferrée. L'après-guerre, c'est aussi le début de la période euphorique des *Trente Glorieuses* et de l'effort national demandé par le gouvernement Français. **En 1946**, plus précisément **le 30 septembre**, l'Assemblée nationale adopte sans débat le projet de loi relatif à l'institution d'un Fonds Forestier National. **Le F.F.N** est né. Il sera durant plus de cinquante ans le vecteur incontournable du développement de l'amont de la filière bois (de la forêt à la première transformation). Cette collecte sous forme de taxe chez les transformateurs - scierie et industries mécaniques du bois - a été

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

interrompue officiellement le **1er janvier 2000**. Elle a permis de financer en France, pendant plus de cinquante ans, le boisement, la production et la mobilisation de la ressource, mais aussi la recherche et le développement ainsi que la promotion du bois. Critiquée par les uns, louée par les autres, il n'en reste pas moins que l'on retiendra de cette initiative qu'elle constitua un véritable plan de guerre à la relance :

- La trace de **4 millions** d'hectares de forêts supplémentaires, essentiellement l'enrésinement des années **1950-1960** sur les terres laissées vacantes par l'exode rural des paysans français,
- l'amélioration de la mobilisation des bois, grâce à l'ouverture des pistes et des chemins forestiers,
- la modernisation des parcs machines pour l'exploitation de la forêt et la transformation du bois,
- enfin, la promotion du bois, depuis la création des interprofessions, dans les années **1980**, et du Centre National de Développement du Bois, **le C.N.D.B créé en 1989**.

Sur le plan technique, l'après-guerre sera l'occasion de constater des mutations qui vont transformer les travaux forestiers [1].

### **I.10. L'apparition de la tronçonneuse**

La tronçonneuse, une avancée capitale dans la mécanisation forestière, tronçonneuses à deux hommes puis à un homme **STIHL, REXO, DOLMAR, MC CULLOCH**. La toute première scie avec une chaîne apparaît avec la scie suédoise "**SECTOR**" en **1916**, elle a des dents droites coupantes, elle est tendue sur un cadre triangulaire, son entraînement se fait avec un flexible depuis le moteur thermique. La scie « **SECTOR** » était tendue entre trois pignons en triangle. Un des pignons recevait la force motrice par un arbre moteur plus ou moins flexible. Les démonstrateurs de cette époque ne semblent pas être préoccupés par leur sécurité ! [2].

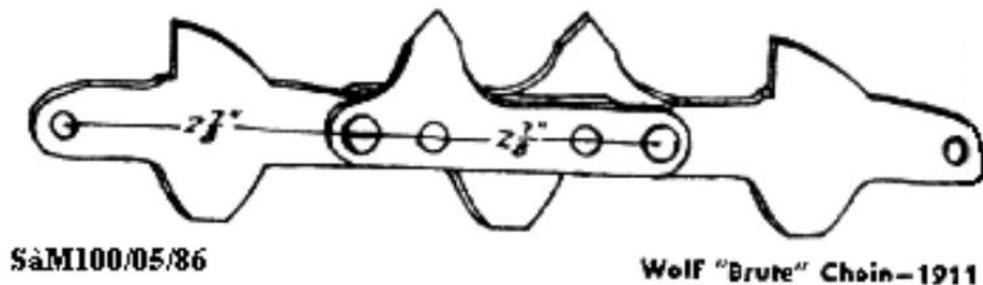
La tronçonneuse a pris un essor considérable à partir de cette invention. La miniaturisation des moteurs allait aussi permettre de la rendre accessible à un homme. [2].



**Doc Scies à Moteur N°100 1986, en 1916 "la Sector" Suédoise**

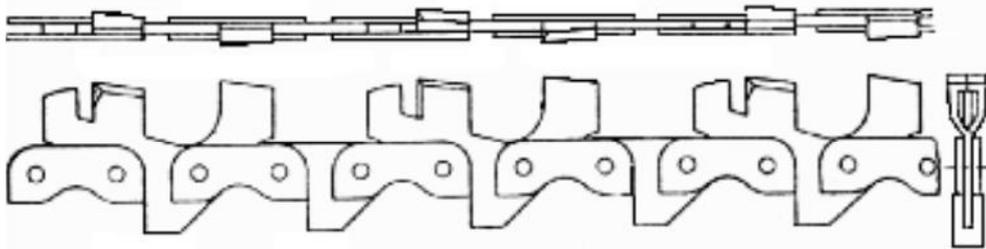
**Figure I.16: la scie suédoise SECTOR**

Vers 1910, **Charles Wolf** aux Etats Unis avait mis au point sa chaîne à dents droite appelée "**Wolf brute**". L'année 1920 voit la première vraie tronçonneuse électrique mise au point par **Charles Wolf**. [2].



**Figure 17: la chaine de Charles Wolf**

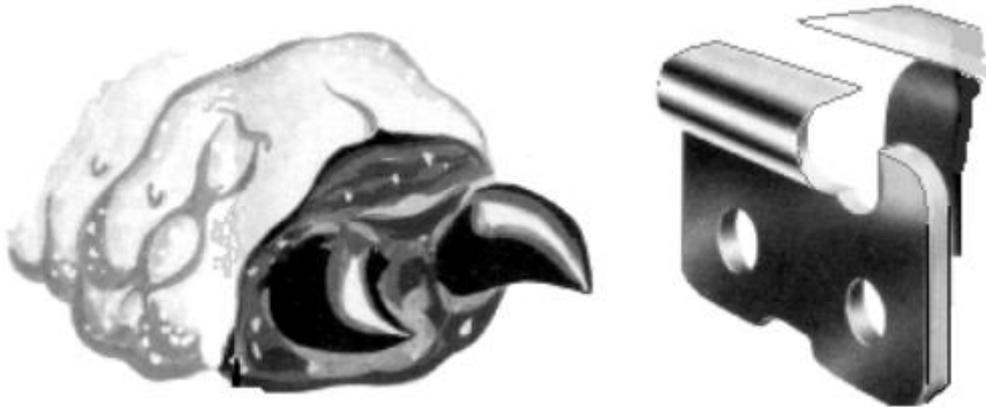
Une chaîne américaine "**Atkins-Hassler**" plus évoluée apparaît en 1935, les maillons étaient en une seule pièce..., mais toujours droits. En 1947, un américain de l'Oregon, **Joe Cox** fit des observations sur **une larve d'un coléoptère** : « cet insecte est pourvu de deux griffes ou couteaux, dont il se sert alternativement. Pendant que l'un coupe, l'autre agit comme un guide de profondeur. C'est en observant ces griffes que j'ai pu déterminer la courbure du couteau, en forme de gouge »..., La société "**Oregon Saw Chain**" dirigée par **John Gray** vit le jour, pour devenir encore aujourd'hui la **société Oregon**. [2].



**Scies à Moteur N°100 Chaîne US Atkins-Hassler 1935modif. jcd03**

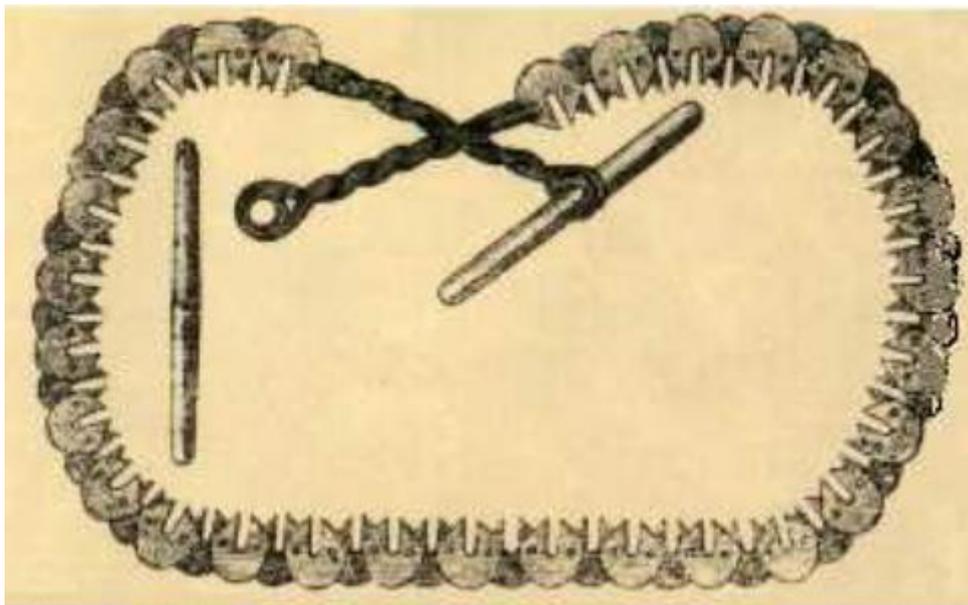
**Figure I.18: La chaîne d'Atkins-Hassler**

Les observations de **Joe COX** sur la façon dont un coléoptère « rongeur » de bois utilise ses griffes, lui ont permis d'imaginer la forme des gouges avec un limiteur de coupe et un « rabot » permettant de découper des copeaux de bois. [2].



**Figure I.19: la courbure des griffes d'un coléoptère**

La chaîne articulée à dents droites et à tirage manuel, a été inventée en 1889



**Figure I.20: la chaîne articulée à denture droites**

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

---

La chaîne articulée peut couper dans les deux sens ! WINDSOR, au Canada, a fabriqué cette première chaîne avec effets anti-rebond dans les années 70. [2].



Figure I.21: la chaîne de WINDSOR

- La première tronçonneuse électrique à deux hommes de **STIHL**.

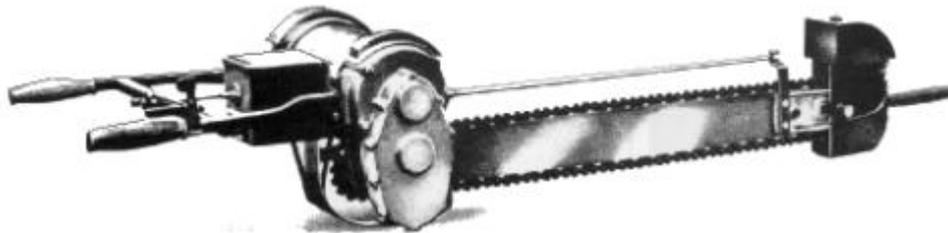


Figure I.22: la première tronçonneuse électrique

- Vers 1947 la société française **REXO** fabriqua ces machines thermiques à 2 hommes. [2].

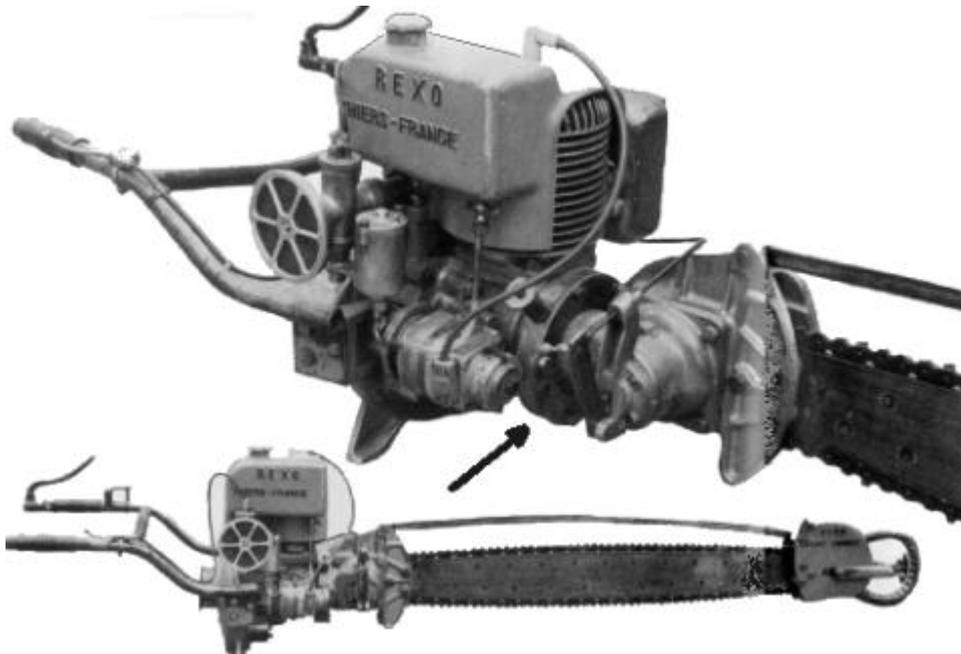


Figure I.23: la tronçonneuse Française REXO

## CHAPITRE I : Historique sur la coupe du bois (le sciage du bois)

---

- Une des toutes premières tronçonneuses françaises **PPK** à un homme vers 1950.



Figure I.24: la tronçonneuses françaises PPK

- Une toute première STIHL à moteur thermique



Figure I.25: la première tronçonneuse STIHL thermique

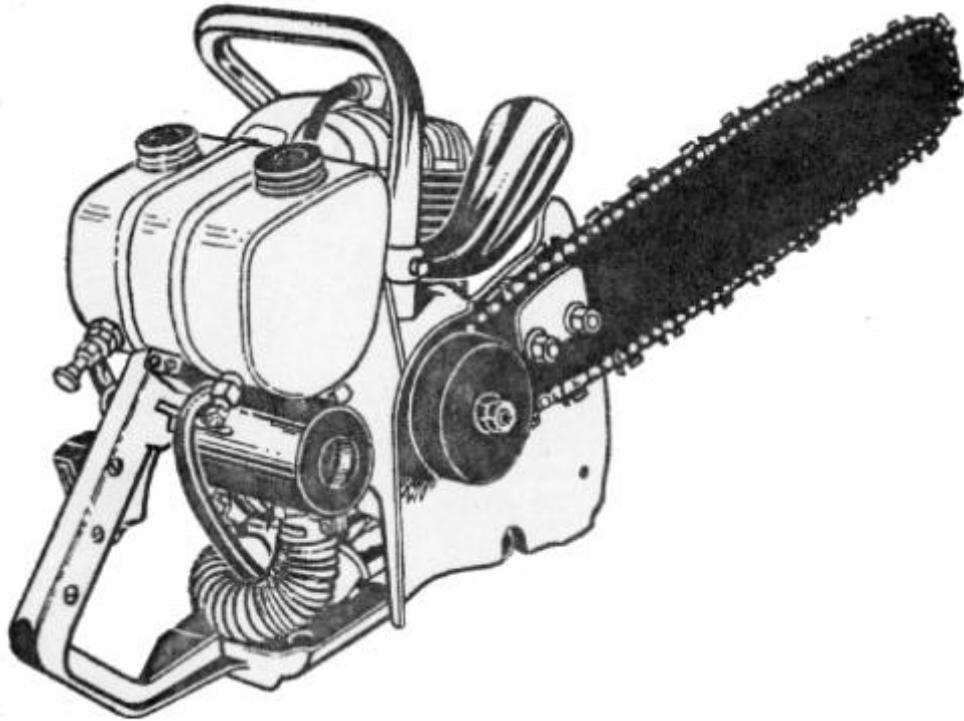


Figure I.26: le modèle D55 commercialisé

La STIHL **BLK** reprend en l'améliorant l'idée de la scie **SECTOR** de 1916 ! Mais seulement 30 ans séparent la **BBÜ** de la **STIHL 08**. Cette dernière donnera l'allure générale des tronçonneuses d'aujourd'hui. [2].

Le modèle BLK  
de STIHL

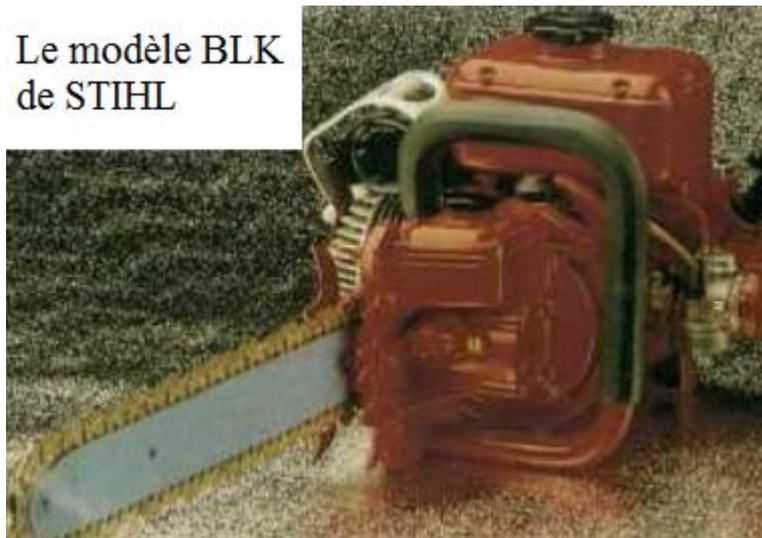


Figure I.27: le modèle BLK de STIHL

Modèle la contra de STIHL



**Figure I.28: Le modèle la contra de STIHL**

Il y a encore des milliers de 08 S qui fonctionnent de par le monde, elle était toujours fabriquée au Brésil dans les années 90. [2].

Modèle 80S de STIHL



**Figure I.29: le modèle 08s de STIHL**

### **I.11. Conclusion :**

L'innovation des moyens de découpage de bois n'a pas cessé d'évoluer à travers le temps

Il était important de voir un peu sur cette histoire de coupage et de découpage du bois et les moyens utilisés à cet effet.

## CHAPITRE II

Etude de la conception d'une tronçonneuse à bois  
thermique

### II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous nous intéressons à l'étude de la tronçonneuse à bois en utilisant un outil de projet, une méthode dite «**Analyse fonctionnelle**» ; l'étude va se faire dans le cycle de vie du produit tronçonneuse, c'est-à-dire durant les phases et situations de vie (existence) du produit de la conception jusqu'à la disparition ou (recyclage) de ce produit.

### II.2. Généralités et définitions

L'analyse fonctionnelle est une **méthode de travail** qui permet de **définir les besoins d'un** produit en termes de fonctions. Cette méthode utilise des outils qui permettent d'identifier des fonctions d'usage et d'estime. Les méthodes ou outils les plus connus sont : **A.P.T.E (APplication aux Techniques de l'Entreprise)** ou bien «**bête à Cornes**», la méthode **F.A.S.T (Function Analysis System Technic)** ou bien (**Analyse des fonctions techniques d'un système**), la méthode **S.A.D.T (Structured Analysis and Design Technics)** ou bien (**technique structurée d'analyse et de modélisation**). Ce sont des **outils** graphiques normalisés. L'analyse fonctionnelle s'adresse aux concepteurs de produits. Le mot produit peut ici prendre des sens très divers, Il peut s'agir d'un objet matériel ou immatériel (produit industriel, objet technique, programme informatique, service à la personne, services financiers...). [3].

Le but de l'analyse fonctionnelle est d'optimiser la conception ou la reconception d'un produit lorsqu'il s'agit d'un produit nouveau ou bien d'améliorer un produit déjà existant en s'appuyant sur les **fonctions** que doit réaliser et subir le produit. Une fois les fonctions du produit identifiées et caractérisées, l'équipe de conception qui peut contenir jusqu'à 200 personnes dans une entreprise peut mesurer et évaluer son état d'avancement et de réussite par rapport à des critères objectifs. L'analyse fonctionnelle n'a de sens que si elle est menée **au début** d'un projet, elle permet d'éviter certains pièges classiques de la conception comme **l'aveuglement, le manque d'objectivité, ou la mauvaise gestion des priorités**. Dans les faits, les premières étapes de l'analyse fonctionnelle sont générales et **concernent tous les acteurs** d'un même projet. C'est seulement dans un deuxième temps que l'analyse fonctionnelle devient technique, et oriente les concepteurs vers des solutions techniques. Elle rend ainsi possible un dialogue entre tous les intervenants d'un projet (**quels que soient leurs domaines de**

**compétence**). C'est un moyen d'objectivité et de créativité dans la conduite d'un projet. [4].

### II.3. Différents types d'analyses fonctionnelles

On distingue deux types d'analyses fonctionnelles :

**II.3.1. L'analyse externe** : C'est une Analyse du **point de vue client** ou bien **utilisateur** du produit qui s'intéresse uniquement aux **fonctions de service** ou fonctions externes du produit

**II.3.2. L'analyse interne** : Analyse **du point de vue du concepteur** en charge de réaliser le produit. L'analyse consiste à passer des fonctions de services aux **fonctions techniques** permettant de les caractériser.

### II.4. Les normes et méthodes

Les premières méthodes assimilables à de l'analyse fonctionnelle ont été mises en pratique aux Etats Unis peu après la Seconde Guerre mondiale, en 1947 chez **General Electric**. La méthode **APTE** est développée dans les années 60. L'outil **SADT** est développé en 1977 et se généralise dans les années 1980.

La méthode **APTE**: Application aux Techniques d'Entreprise est une méthode « universelle » d'aide à la gestion d'un projet, enseignée et/ou dispensée de façon très officielle par **l'APTE**, cabinet conseil en management, spécialisé en Analyse de la Valeur. La méthode **APTE** est une interprétation française des méthodes américaines d'analyse de la valeur.[5].

### II.5. Normes associées à l'Analyse Fonctionnelle

En France, plusieurs normes sont en vigueur concernant l'analyse fonctionnelle, on peut citer :

- NF X 50-100 : Analyse Fonctionnelle - Caractéristiques fondamentales - 1996.
- NF X 50-151 : Analyse de la Valeur, Analyse Fonctionnelle - Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel - 1991.
- FD X 50-101 : Analyse Fonctionnelle - L'Analyse Fonctionnelle outil interdisciplinaire de compétitivité - 1995.
- NF EN 1325-1 : Vocabulaire du Management par la Valeur, de l'Analyse de la Valeur et de l'Analyse Fonctionnelle - 1 : analyse de la valeur et Analyse Fonctionnelle - 1996. [5].

### II.6. Définition de la problématique :

Dans le but de couper le bois les habitants de nos campagnes ont toujours utilisés des outils traditionnels comme : les haches et les scies manuelles, pour répondre à leurs besoins en bois. Comme ces outils ont une efficacité et une rentabilité limitées et le travail avec a toujours été lent et pénible à cause de l'énergie musculaire dépensée lors du travail. Ce qui nous a conduits à choisir ce thème comme projet de fin d'études, dont le contenu est beaucoup plus relié à l'étude de la tronçonneuse à bois thermique ainsi que son fonctionnement et ces caractéristiques, dans la perspective de pouvoir la réaliser un jour. Cela, ne concerne pas uniquement la tronçonneuse à bois thermique mais tous les petits engins de la motoculture comme les tondeuses à gazon, les débroussailluses, les désherbeuses et toute sorte d'outils concernant la motoculture.

### II.7. Analyse du besoin

#### II.7.1. Objectif

Concevoir un produit (outil motorisé) tronçonneuse de bois thermique pour satisfaire le besoin des utilisateurs (couper le bois) :

##### II.7.1.1. Les concurrents actuels du produit

- Les scies manuelles



Figure II.1: les scies manuelles

- Les haches



Figure II.2: les haches

- Les scies électriques :



Figure II.3:les scies électriques



Figure II.4:les scies à ruban



Figure II.5: la tronçonneuse électrique

### II.7.1.2. Les raisons pour lesquelles ces produits ne satisfont pas le client :

- Travail fatigant
- La difficulté de manipulation

- Coupe male faite
- Risque sur l'utilisateur
- Travail long
- Peu de puissance
- La non disponibilité de l'énergie électrique
- La non portabilité, mobilité
- Outils lourds
- Lieu de travail limité

### II.7.1.3. Les avantages rapportés par la tronçonneuse

Tableau II.1. : Les avantages de la tronçonneuse

Outil motorisé	soulage l'effort
Grande vitesse de coupe	travail rapide
Coupe franche Bonneprécision	
Facilement manipulable	portabilité
Facilité d'entretien maintenance	

## II.8. Les questions qu'on doit se poser

### II.8.1. La question (1) qu'on doit se poser

#### II.8.1.1. A quile produit rend il service ?

✓ Notre réponse est :

Le produit va rendre service aux **clients** comme

- ❖ **Lesbûcherons** : sont des travailleurs professionnels qui travaillent pour les entreprises commerciales spécialisées dans la mise en forme du bois, leur travail est de couper les arbres des forêts selon des normes pour les transporter à l'usine.
- ❖ **Les gardes forestiers** : sont généralement des fonctionnaires chargés de patrouiller dans la forêt et leurs missions varient selon les pays, mais leur principale fonction est généralement de protéger l'intégrité de la forêt.
- ❖ **Les habitants des campagnes** : les villageois, les campagnards
- ❖ **Les jardiniers** : Les personnes qui pratiquent le métier de jardinage, c'est une pratique, et parfois un art, de semer, planter, maintenir des végétaux composant un jardin dans des conditions idéales pour leur développement. Cette pratique répond à

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

---

un besoin d'esthétique et/ou alimentaire, mais est aussi destinée à créer un microclimat.

- ❖ *Les fermiers*
- ❖ *Le constructeur des maisons en bois*
- ❖ *Les artisans ou les sculpteurs de bois*
- ❖ *Et tous les utilisateurs particuliers*

### II.8. 2. La question (2) qu'on doit se poser

#### II.8. 2.1. Sur quoi le produit agit-il ?

✓ Notre réponse est :

Le produit sera destiné pour couper le bois donc va agir sur la **matière d'œuvre**

**Tableau II.2. : La matière d'œuvre**

La matière d'œuvre
Les arbres
Les arbustes
Les branches
Toutes les sortes de bois
Tous les végétaux linéiques

### II.8.3. La question (3) qu'on doit se poser est :

#### II.8.3.1. Dans quel but ? Ou bien pour quoi faire cela ?

✓ Notre réponse est :

Eh bien, c'est pour satisfaire les besoins de l'utilisateur définis dans le tableau suivant :

**Tableau II.3. : Le but de couper le bois**

Le but de couper le bois
Entretien des jardins
Entretien des arbres et arbustes
Entretien des forêts
Entretien des chemins et allées
Couper le bois en troncs désirés
Les feux de la cheminée
Sculpter les objets d'art

II.9. Diagramme APTE déduit après l'analyse du besoin :



Figure II.6: le diagramme APTE de l'expression du besoin

II.10. Analyse fonctionnelle du besoin

II.10.1. Définition du cycle de vie du produit (tronçonneuse)

Il s'agit de toutes les situations ou bien toutes les phases par lesquelles passe un produit, suivant les objectifs de la conception et le niveau de précision recherché, on peut identifier de très nombreuses phases de vie pour un produit, elles sont souvent comme indiquées sur le tableau suivant :

**Tableau II.4. :Les phases de vie d'un produit**

Etude
Conception
Fabrication (réalisation)
Conditionnement
Transport
Stockage
Commercialisation
Utilisation
Entretien (maintenance)
Non utilisation
Destruction
Recyclage

### II.10.2.Remarque

Dans la pratique, le produit est créé pour satisfaire un besoin correspondant à son utilisation principale. Mais chaque phase du cycle de vie du produit ajoute des contraintes, et sa conception prend nécessairement la forme d'un compromis, source d'écart entre le besoin satisfait et le besoin rêvé.

De manière générale un produit passe par trois étapes principales qui sont :

« **Apparition** » —————> « **Evolution** » —————> « **Disparition** »



Un besoin peut n'exister que pendant une partie de la vie du produit.

**Figure II.7: le cycle de vie d'un produit**

### II.11. Les phases de vie dans lesquelles notre étude est effectuée

Dans notre étude nous allons nous intéresser à certaines situations où le produit peut passer qui sont comme indiqué dans le tableau ci-dessous

**Tableau II.5. : Les phases de vie dans notre étude**

<b>Phase du cycle de vie</b>	<b>Stockage</b> : dans le garage ou bien atelier
	<b>Transport</b> : la façon de porter et de transporter le produit
	<b>Utilisation</b> : lors de la mise en marche
	<b>Entretien</b> : maintenance ou réparation

#### II.11.1. Définition des éléments du milieu extérieur (EME)

Les éléments intervenant dans l'analyse comme éléments des milieux extérieurs de notre système (Tronçonneuse) sont :

**Tableau II.6. : Eléments du milieu extérieur**

Les utilisateurs et les autres usagés
Les non utilisateurs
Les conditions climatiques
L'environnement (voisinage)
Le milieu de stockage (garage, atelier)
Les autres produits (outils)
Le sol (terre)
Les arbres, branches, arbustes
L'énergie
La norme de sécurité
Les copeaux, poussière
Les produits d'entretien

### II.12. Analyse fonctionnelle du besoin

#### II.12.1 Définition des fonctions contraintes de notre système (FC)

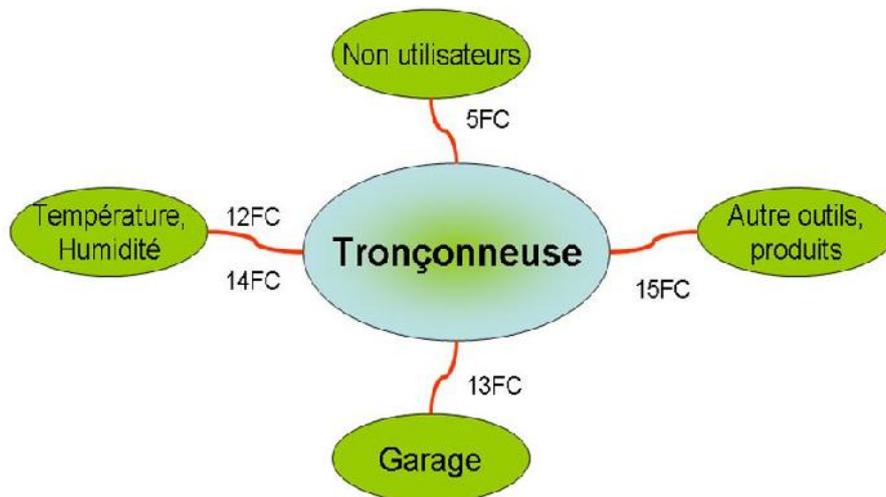
Les fonctions contraintes de notre système sont tous les facteurs qui vont influencer sur les caractéristiques et l'état de notre produit, elles sont définies comme suit :

**Tableau II.7. : Les Fonctions contraintes du système de la tronçonneuse**

<b>FC1</b> : Protéger l'utilisateur de la projection
<b>FC2</b> : Protéger l'utilisateur en cas de rebond
<b>FC3</b> : Permettre un arrêt d'urgence
<b>FC4</b> : Etre certifiée
<b>FC5</b> : Protéger les non utilisateurs lors du stockage
<b>FC6</b> : Protéger l'utilisateur durant l'entretien
<b>FC7</b> : Etre résistante aux chocs
<b>FC8</b> : Etre légère
<b>FC9</b> : Limiter l'entretien
<b>FC10</b> : Avoir une faible consommation d'énergie
<b>FC11</b> : Etre silencieuse
<b>FC12</b> : Résister à l'eau et l'humidité
<b>FC13</b> : Etre peu encombrante
<b>FC14</b> : Résister à une variation importante de la température
<b>FC15</b> : Etre stable physiquement

### II.13. Diagramme pieuvre pour chaque phase de vie tronçonneuse

#### II.13.1. Phase de stockage



**Figure II.8: le diagramme pieuvre lors de stockage**

##### II.13.1.1. Définition des éléments du milieu extérieur lors du stockage

Les éléments du milieu extérieur qui peuvent intervenir dans la phase de stockage de notre produit sont :

**Tableau II.8. : Les éléments du milieu extérieurs lors du stockage**

NON UTILISATEURS	Enfants ...
CONDITION CLIMATIQUE	Température, humidité ...
MELIEUX DE STOCKAGE	Garage, atelier...
AUTRES PRODUIT	Outils...

### II.13.1.2. Définition des fonctions de contrainte lors du stockage

Les fonctions contraintes qui interviennent lors du stockage de notre produit sont :

**Tableau II.9. : Les fonctions de contrainte lors du stockage**

Stockage : fonction de contrainte	
<b>12FC</b>	Résister à l'eau et l'humidité
<b>14FC</b>	Résister à une variation de température
<b>15FC</b>	Etre stable physiquement
<b>13FC</b>	Etre peu encombrante

#### II.13.1.2.1. Caractérisation et validation des fonctions contraintes

Stockage			
<b>12FC</b>	<b>Résister à l'eau et l'humidité</b>		
	<b>critère</b>	<b>niveau</b>	<b>flexibilité</b>
	Résistance à la corrosion	• test	-
<b>14FC</b>	<b>Résister à une importante variation de la température</b>		
	<b>critère</b>	<b>niveau</b>	<b>flexibilité</b>
	Ecart de température toléré	• 30°C à 40°C	+ - 10°C
<b>15FC</b>	<b>Etre stable physiquement</b>		
	<b>critère</b>	<b>niveau</b>	<b>flexibilité</b>
	Dispositif de stabilité	• présence	-
<b>13FC</b>	<b>Etre peu encombrante</b>		
	<b>critère</b>	<b>niveau</b>	<b>flexibilité</b>
	Optimiser les dimensions	• L : 85cm ; l : 25cm H : 30cm	+ -5cm ; + -3cm + -3cm
			<b>Contrôle</b>
			-

II.13.2. Cycle de vie phase de transport

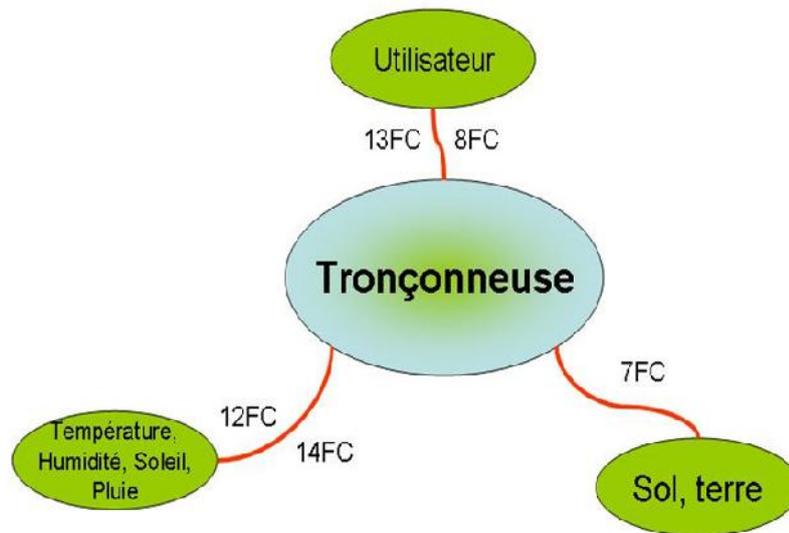


Figure II.9: le diagramme pieuvre lors du transport

II.13.2.1. Définition des éléments du milieu extérieur lors du transport

Les éléments du milieu extérieur qui interviennent dans la phase du transport sont définis comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau II.10. : Les éléments du milieu extérieurs lors de transport

Eléments du milieu extérieur	Description
UTILISATEURS	Clients
CONDITIONS CLIMATIQUES	Température, humidité, soleil, pluie
SOL	Terre

II.13.2.2. Définition des fonctions de contrainte lors de transport :

Les fonctions de contraintes qui interviennent lors du transport de notre produit sont définies dans le tableau suivant :

Tableau II.11. : Les fonctions de contrainte lors du transport

Transport : fonctions de contraintes	
8FC	Etre légère
13FC	Etre peut encombrante
12FC	Résister à l'eau et l'humidité
14FC	Résister à une variation importante de température
7FC	Etre résistante aux chocs

II.13.2.2.1. Caractérisation et validation des fonctions de contraintes

<b>Transport</b>			
<b>13FC</b>	<b>Etre peu encombrante</b>		
<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Contrôle</b>
Réduire le volume global	L : 85cm ; l:25cm H:30 Cm	+ -5cm ; +-3cm +-3cm	-
<b>8FC</b>	<b>Etre légère</b>		
<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Contrôle</b>
Masse	6Kg	+ - 1Kg	-
<b>12FC</b>	<b>Résister à l'eau et l'humidité</b>		
<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Contrôle</b>
Résistance à la corrosion	test	-	-
<b>14FC</b>	<b>Résister à une variation importante de la température</b>		
<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Contrôle</b>
Ecart de température toléré	30°C à 40°C	+ - 10°C	-
<b>7FC</b>	<b>Etre résistante aux chocs</b>		
<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Contrôle</b>
Dispositif antichocs	test	-	-

II.13.3. Cycle de vie phase d'utilisation et entretien :

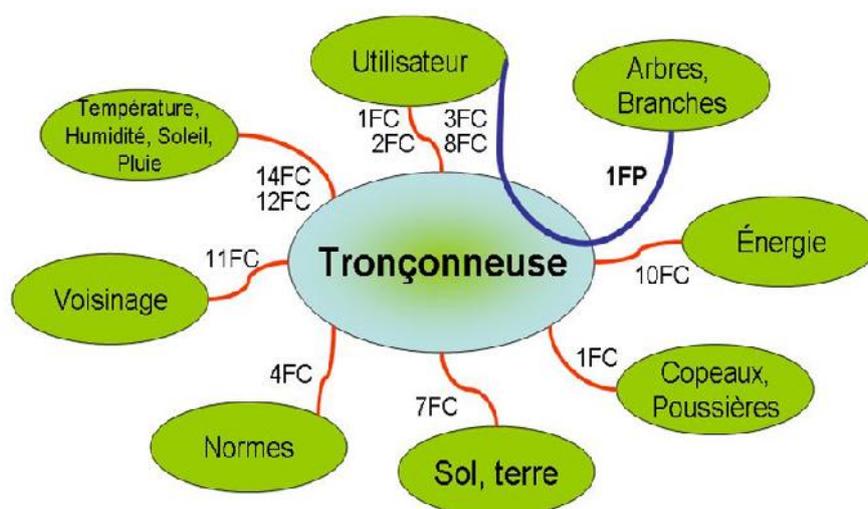


Figure II.10: diagramme pieuvre lors de l'utilisation

### II.13.3.1. Définition et description des éléments du milieu extérieur :

Tableau II.12. : Les éléments du milieu extérieur lors de l'utilisation

Eléments des milieux extérieurs	Description
Utilisateurs	Bucherons, Gardes forestiers...
Bois	Arbres, Branches, Arbustes...
Environnement	Entourage, Habitants, voisins
Normes	Sécurité
Sol	Terre
Projections	Copeaux, Poussière
Energie	Consommation
Conditions climatiques	Température, Humidité, Soleil, Pluie...

### II.13.3.2. Définition des fonctions de contraintes lors de l'utilisation :

Tableau II.13. : Les fonctions de contraintes lors de l'utilisation

Utilisation : fonctions de contraintes	
<b>1FP</b>	Couper le bois
<b>1FC</b>	Protéger l'utilisateur des projections
<b>2FC</b>	Protéger l'utilisateur en cas de rebond
<b>3FC</b>	Permettre un arrêt d'urgence
<b>4FC</b>	Etre certifiée (sécurisée)
<b>7FC</b>	Résister aux chocs
<b>8FC</b>	Etre légère
<b>10FC</b>	Avoir une faible consommation d'énergie
<b>11FC</b>	Etre silencieuse
<b>12FC</b>	Résister à l'eau et l'humidité
<b>14FC</b>	Résister à une importante variation de température

II.13.3.2.1 Caractérisation et validation des fonctions de contraintes

<b>Utilisation :</b>			
<b>12FC</b>	<b>Résister à l'eau et l'humidité</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	Résistance à la corrosion	Test	-
<b>14FC</b>	<b>Résister à une variation importante de température</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	Température tolérée	30°C à 40°C	+10°C
<b>11FC</b>	<b>Etre silencieuse</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	Le niveau de bruit	100 DB	+ - 10DB
<b>4FC</b>	<b>Etre certifiée (sécurisée)</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	dispositif de freinage de la chaîne	Présence	-
<b>7FC</b>	<b>Résister aux chocs</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	Dispositif antichocs « Silentbloks »	Présence	-
<b>1FC</b>	<b>Protéger l'utilisateur des projections</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	dispositif anti-projection	Présence	-
<b>1FP</b>	<b>Couper le bois</b>		
	<b>Critère</b>	<b>niveau</b>	<b>flexibilité</b>
	Précision de coupe	3Cm	+1Cm
<b>10FC</b>	<b>Avoir une faible consommation d'énergie</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	Temps de fonctionnement	2H	+30min
<b>3FC</b>	<b>Permettre un arrêt d'urgence</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	Facilité et rapidité d'accès	1 S	+ - 0,5 S
<b>2FC</b>	<b>Protéger l'utilisateur en cas de rebond</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	dispositif de freinage de la chaîne	Présence	-
<b>8FC</b>	<b>Etre légère</b>		
	<b>Critère</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>
	Masse	6Kg	+1Kg

### II.14. Définition des fonctions de service de notre système

Les fonctions de services de la tronçonneuse ou bien les services qu'elle rend au client (utilisateur) sont définies dans le tableau ci-dessous

**Tableau II.14. : Les fonctions de services :**

1FP	Couper le bois
2FS	Etre maniable
3FS	Avoir une bonne vitesse de coupe
4FS	Etre fiable
5FS	Etre puissante
6FS	Avoir une bonne autonomie
7FS	Avoir une bonne longueur de coupe
8FS	Etre facilement réparable
9FS	Démarrer rapidement
10FS	Maintenir en état opérationnelle
11FS	Etre facilement portable
12FS	Protéger l'utilisateur

#### II.14.1. Remarque

En ce qui concerne le design d'un produit, il s'agit de la solution constructive pour une fonction de contrainte défini lors du cycle de vie « **commercialisation du produit** » dite **plaire à l'utilisateur** suivie d'une fonction technique dite **attirer l'attention de l'utilisateur (client)** ou bien **séduire l'utilisateur avec le design (couleur, marketing, esthétique etc...)**. Aussi, il joue un rôle important, comme éviter les arêtes vives pour la sécurité de l'utilisateur d'une part, et éviter les lieux de concentration de contraintes qui peuvent causer des fissures et des ruptures d'autre part.

#### II.14.2. Tableau de Caractérisation des fonctions de service :

<b>1FP</b>	<b>Couper le bois</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Précision de coupe	3cm	+ -1cm	-
<b>2FS</b>	<b>Etre maniable</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

	Masse Effort	6kg 60N	+1kg +-10N	- -
<b>3FS</b>	<b>Avoir une bonne vitesse de coupe</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Vitesse	11m/s	+1,5m/s	-
<b>4FS</b>	<b>Etre fiable</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Durée de vie Taux de pannes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 ans</li> <li>• 3%</li> </ul>	+2ans +1%	- -
<b>5FS</b>	<b>Etre puissante</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Puissance	1600W	+300W	-
<b>6FS</b>	<b>Avoir une bonne autonomie</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Temps de fonctionnement	2H	+30min	-
<b>7FS</b>	<b>Avoir une bonne longueur de coupe</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Longueur de coupe	60cm	+10cm	-
<b>8FS</b>	<b>Etre facilement réparable</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Temps de maintenance	1H	+30min	-
<b>9FS</b>	<b>Démarrer rapidement</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Temps de démarrage	15s	+1s	-
<b>10FS</b>	<b>Maintenir en état opérationnelle</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Remplissage (carburant, huile)	1L	+0,5 L	-
<b>11FS</b>	<b>Etre facilement portable</b>			
	<b>critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	Une main et/ou deux mains	1H	+30min	-
<b>12FS</b>	<b>Protéger l'utilisateur</b>			
	<b>Critère d'application</b>	<b>Niveau</b>	<b>Flexibilité</b>	<b>Validation</b>
	brulures éléments en rotation	-	-	-

**II.15. Analyse interne**

**II.15.1. Analyse fonctionnelle technique**

Le but de cette étape est de proposer des solutions techniques pour une satisfaction des fonctions de service déduites après analyse de notre système. Ce qui nous conduit à la réalisation des différents dispositifs en se servant des méthodes **FAST** et **SADT**.

**II.15.1.1. Diagramme FAST de la fonction principale**

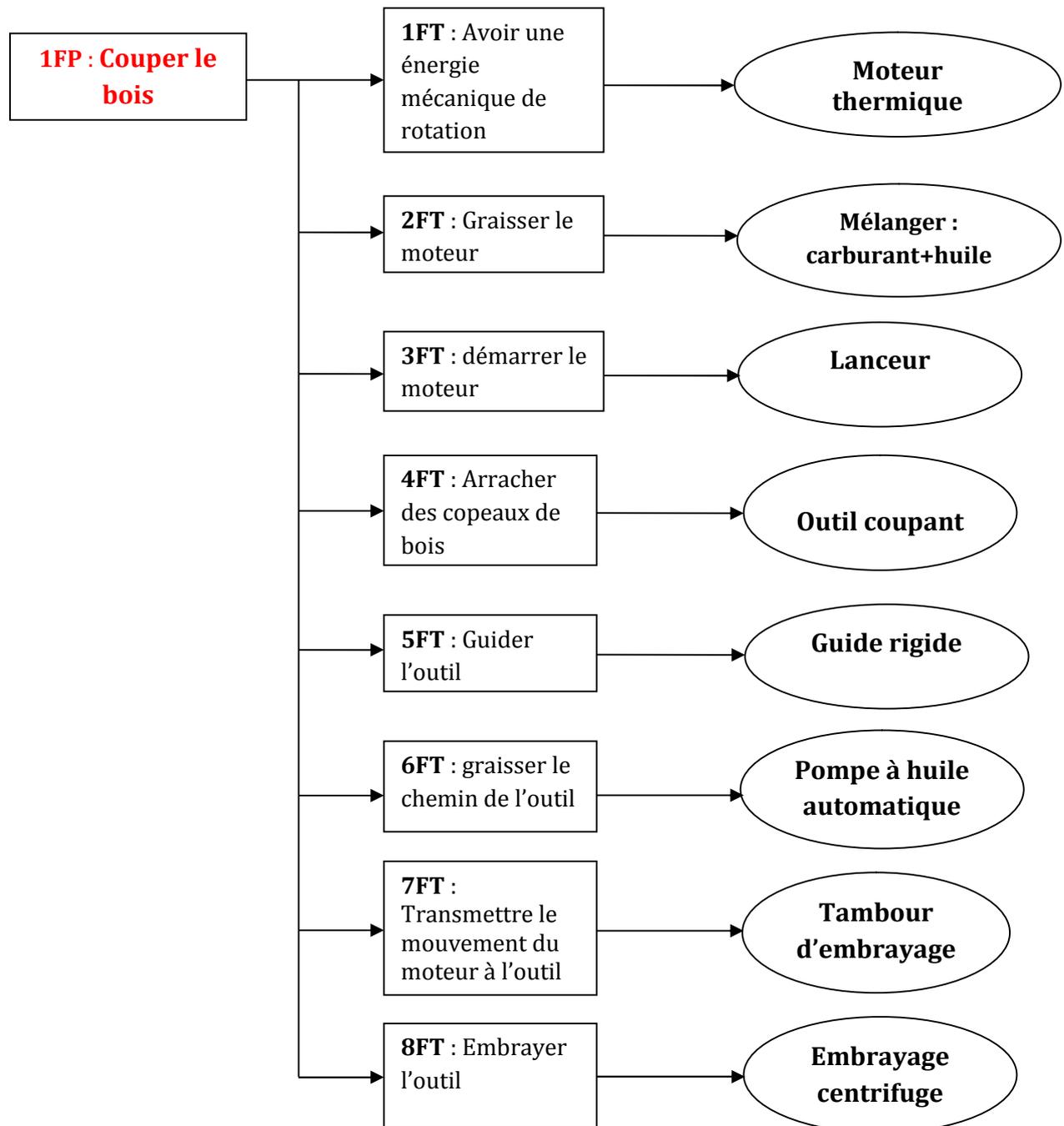


Figure II.11: diagramme FAST de la fonction principale

II.15.1.2. Diagramme SADT de la fonction principale

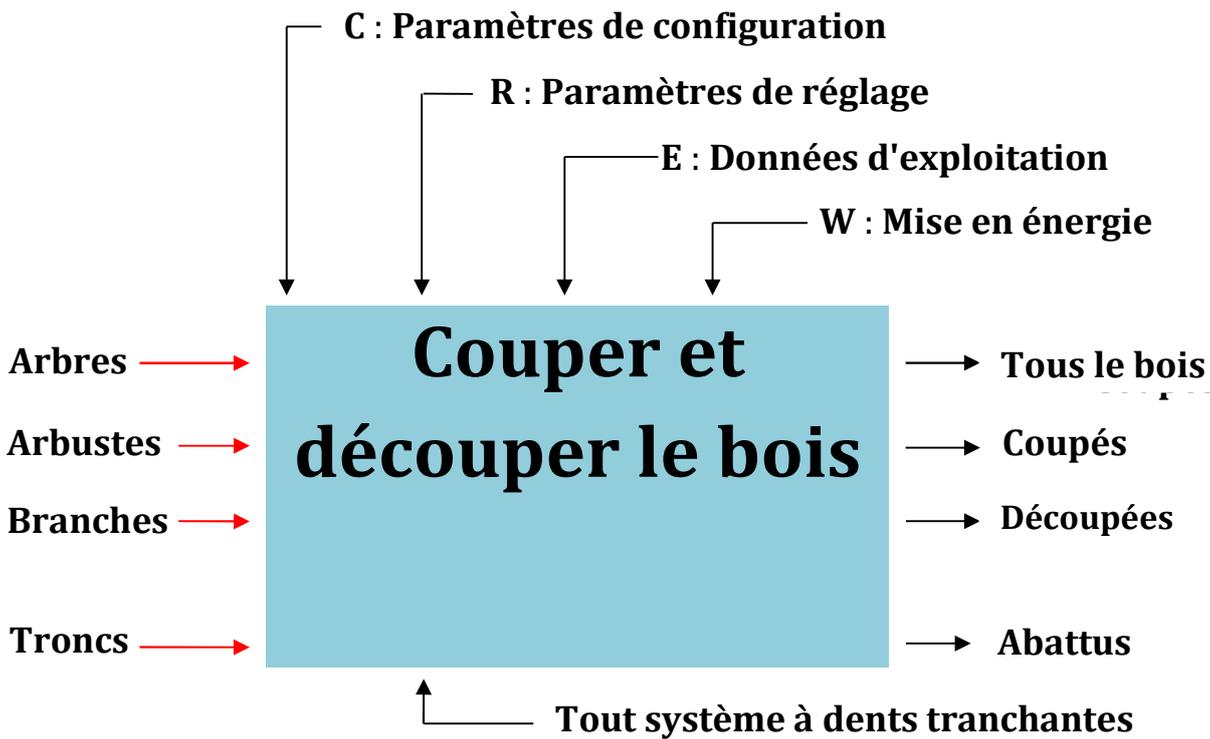


Figure II.12: Diagramme SADT de la fonction globale

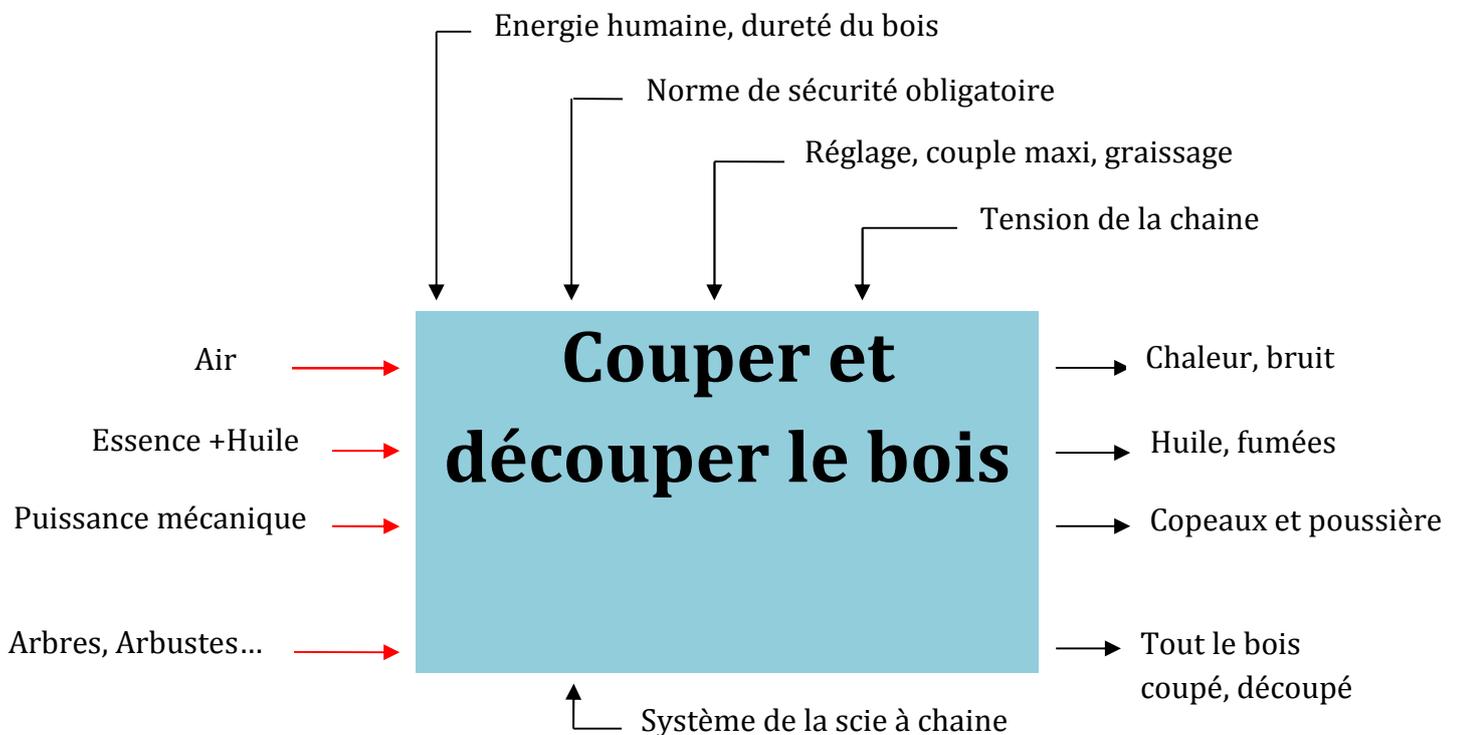
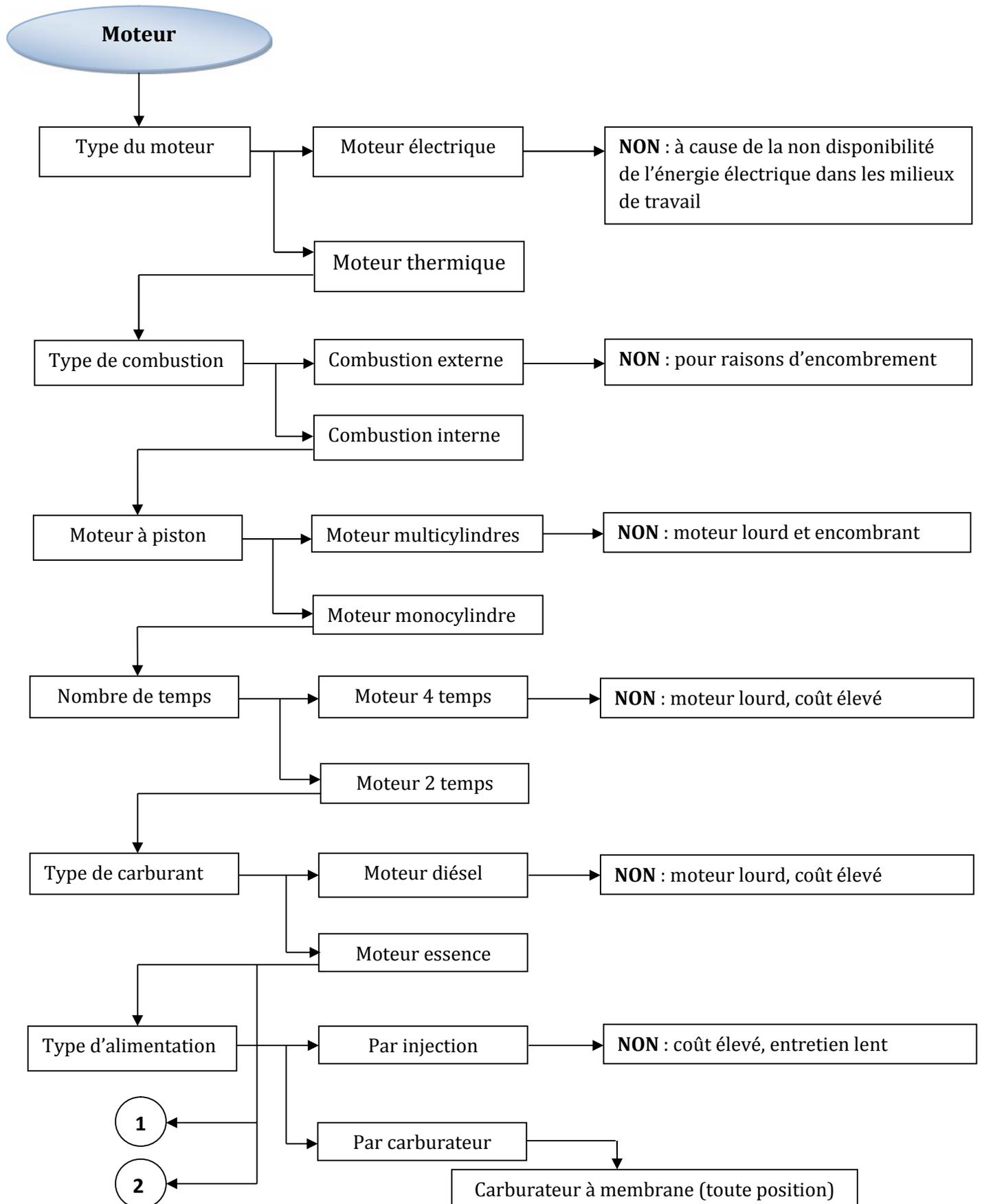


Figure II.13: diagramme SADT de la fonction principale

II.16. Diagramme pour le choix du moteur de la tronçonneuse



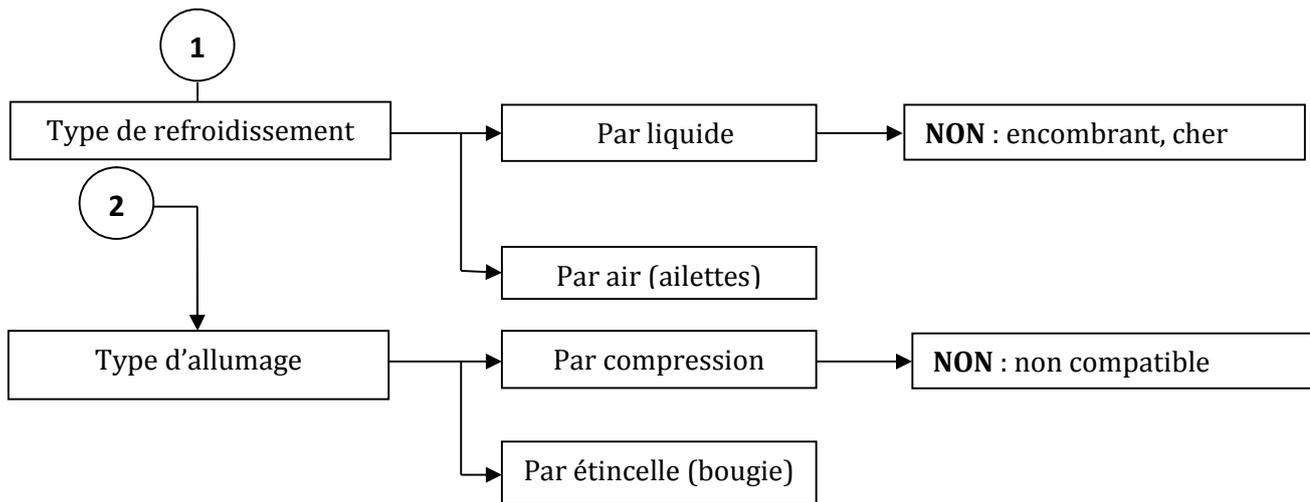


Figure II.14: diagramme pour le choix du moteur

### II.16.1. Analyse de la solution constructive « Moteur »

Dans l’analyse et d’une façon générale, nous avons proposé le moteur 2 temps en tant que solution constructive, mais en construction mécanique il est considéré un système de fonction constructives, sa fonction principale est de convertir l’énergie thermique en énergie mécanique de rotation. A l’intérieur de ce système il se passe des phénomènes complexes : thermiques, mécaniques, chimiques et thermodynamiques

#### II.16.1.1. Diagramme SADT de la fonction principale d’un moteur

deux-temps :

Fonction globale :

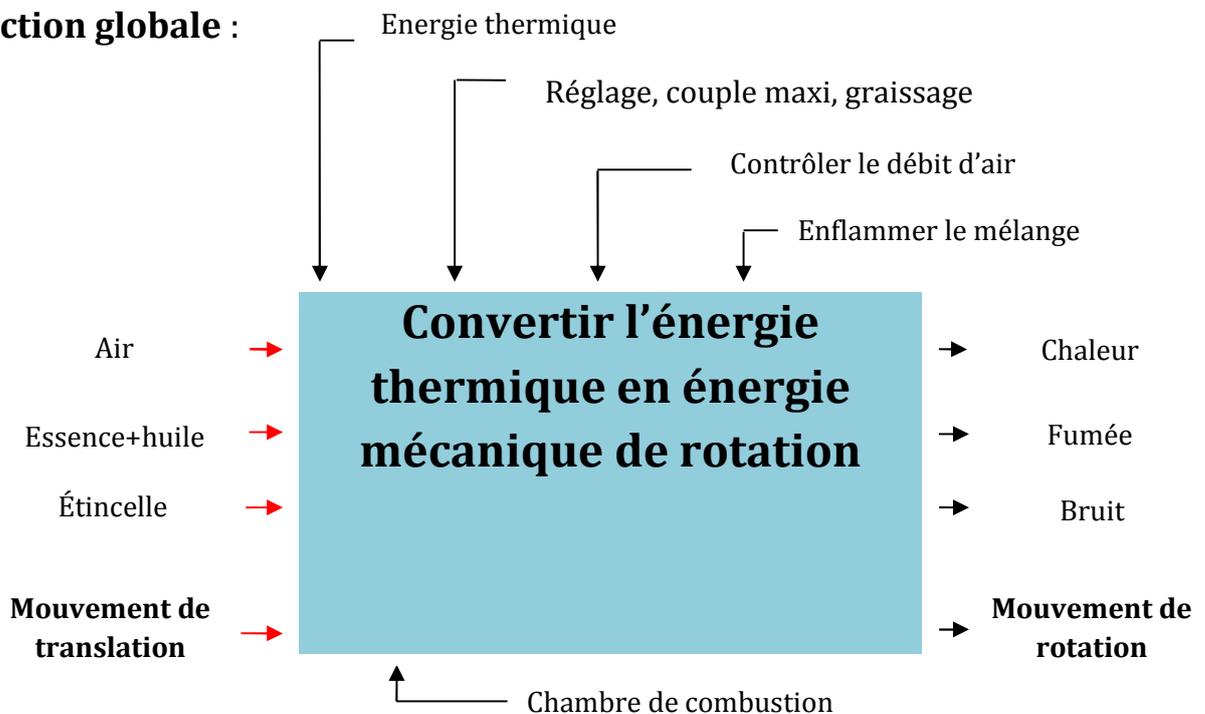


Figure II.15: Diagramme FAST de la fonction principale du moteur

II.16.1.2. Diagramme FAST pour le moteur thermique 2 temps :

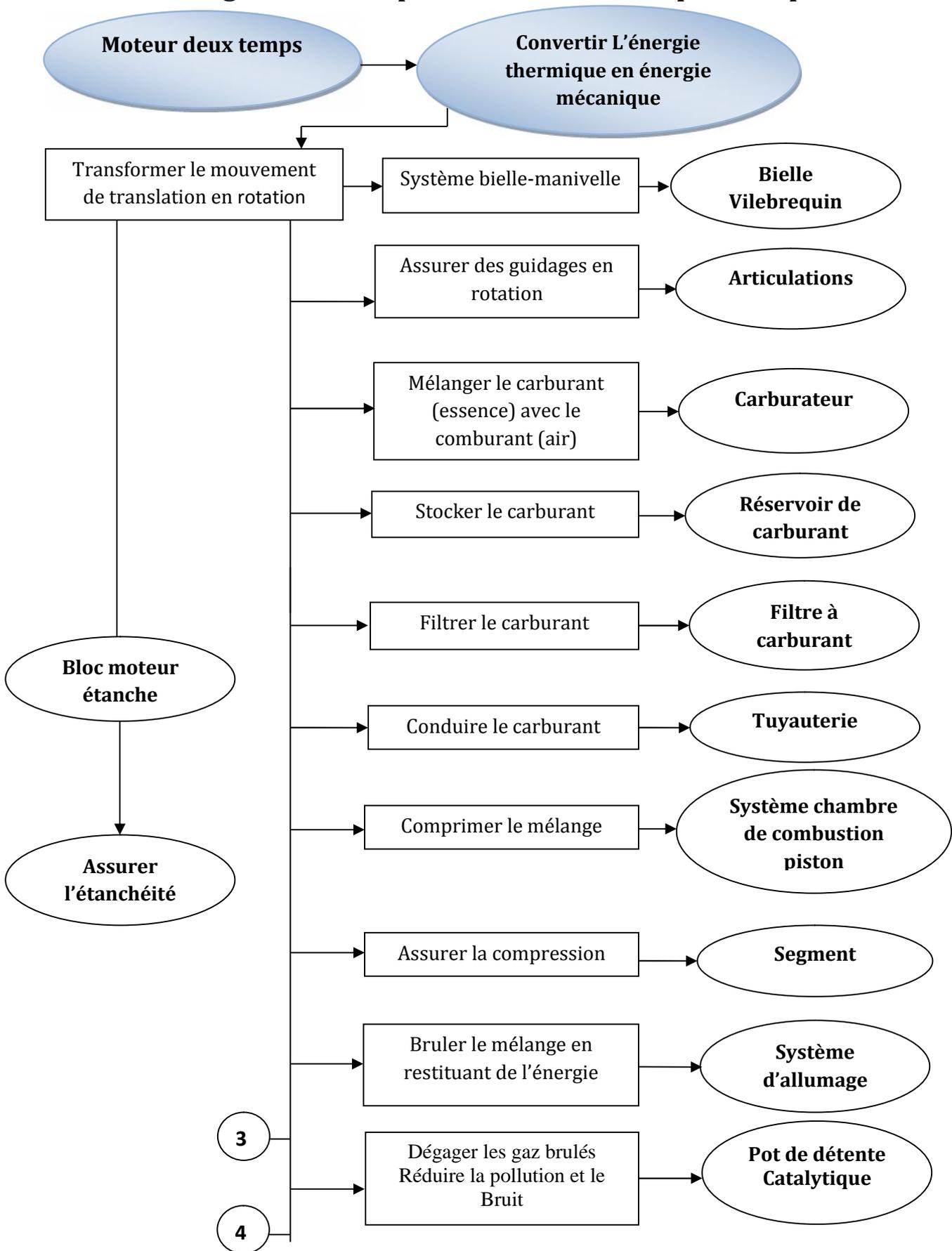
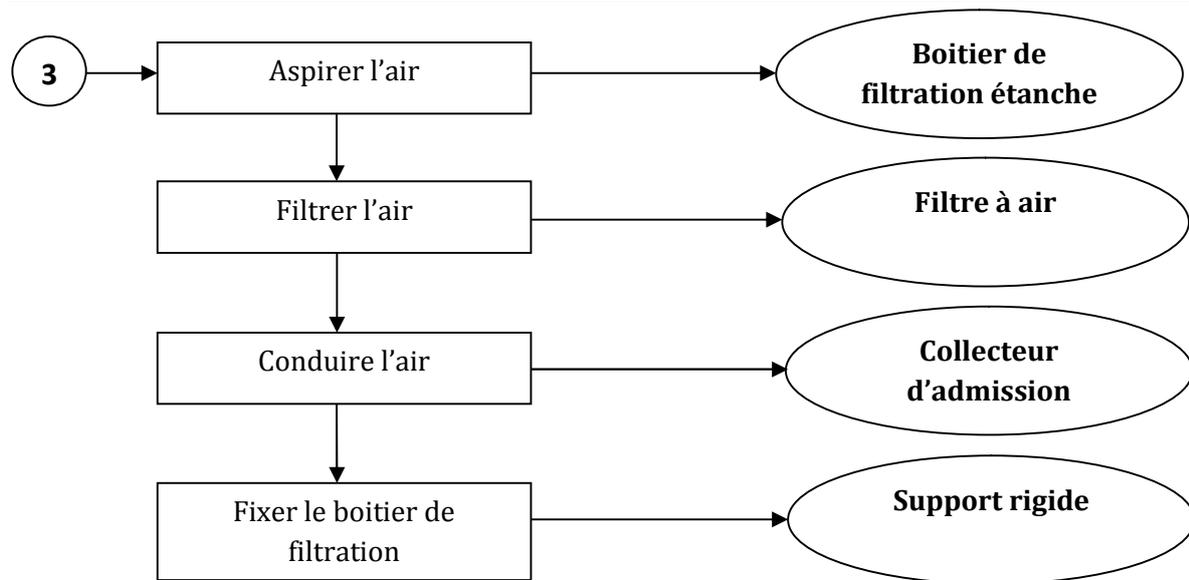


Figure II.16: diagramme FAST du moteur 2 temps



### II.17. Le bloc moteur (boîtier du carter)

#### II.17.1. Différents emplacements des sous système de la tronçonneuse

Lors de la conception d'un produit quelconque, il est important d'effectuer le dessin de la structure du bâti de façon à lui donner des formes qui lui permettront de porter tous les sous-systèmes du produit, qui vont tout de même assurer des fonctions bien définies, ainsi qu'une bonne localisation des zones de perçage et taraudage. Il faut aussi renforcer ces dernières par des nervures ou des bossages, en évitant les arêtes vives, qui influencent sur la sécurité de l'utilisateur d'une part, mais aussi qui peuvent présenter des lieux de concentration de contraintes, en causant des ruptures ou des fissures, il est nécessaire de les remplacer par des congés de raccordements, et offrir une bonne résistance aux sollicitations qu'elles subissent. Il est conseillé de travailler en groupe de différentes compétences pour partager les idées, mais aussi, il est important de choisir le procédé de mise en forme pour l'obtention de la pièce, qui joue aussi un rôle sur la forme finale de la pièce. Le tableau ci-dessous montre les emplacements des sous-systèmes numérotés dans la figure II.17 intervenant lors du fonctionnement de la tronçonneuse

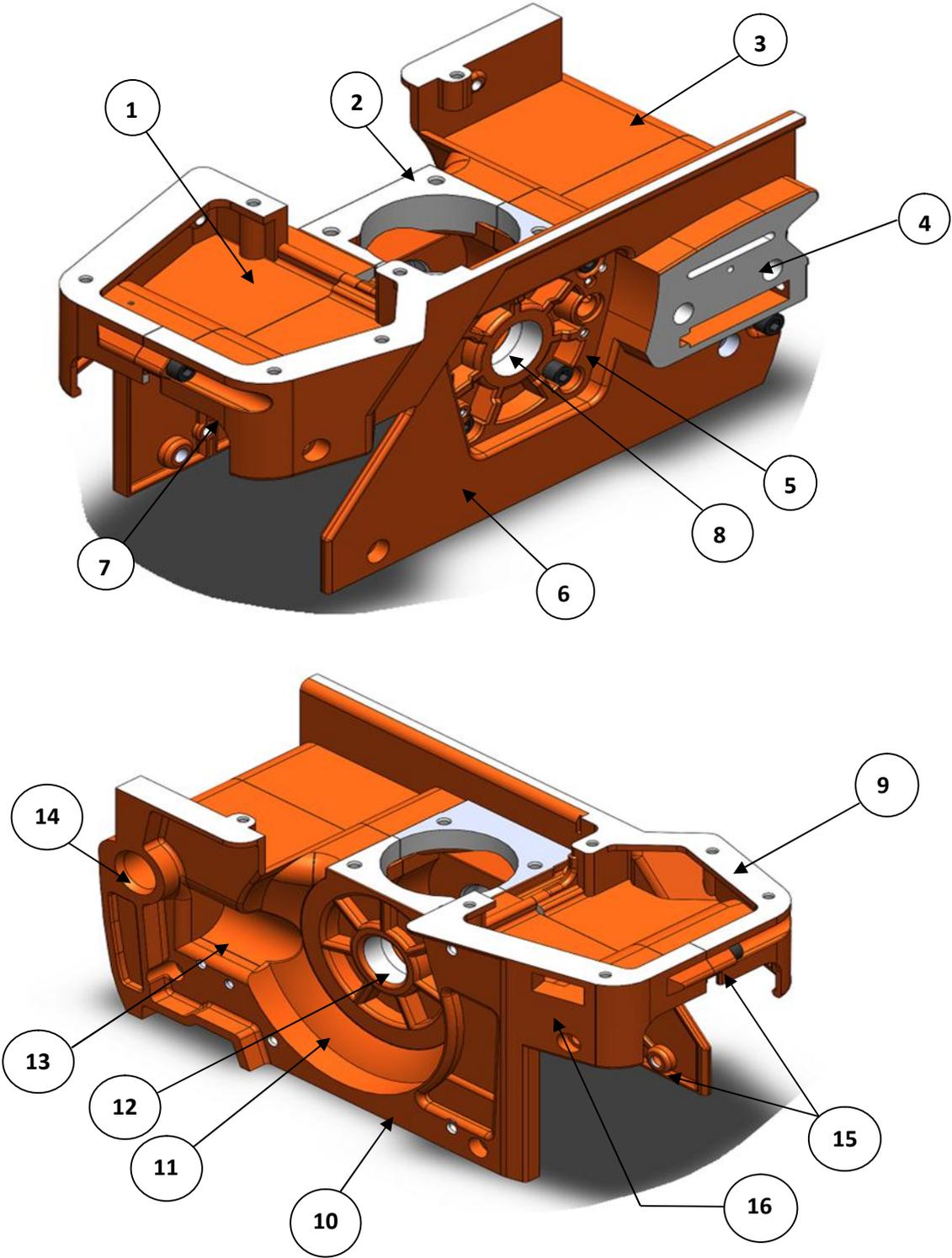


Figure II.17: le boîtier du carter de la tronçonneuse

**Tableau II.15. : Les emplacements des différents sous systèmes**

N° :	Emplacements
1	Système de filtration d'air
2	Cylindre du moteur (chemise)
3	Pot de détente catalytique
4	Système de guidage de la chaîne
5	Pompe à huile automatique
6	Système de freinage
7	Réservoir à carburant
8	joint d'étanchéité
9	Caches isolants
10	Système du lanceur à retour automatique
11	Système de ventilation (refroidissement)
12	Articulation (roulement)
13	Système d'allumage
14	Bouchant du réservoir de l'huile
15	Perçages taraudés
16	Bouton d'arrêt d'urgence

### **II.17.2.Vue éclatée du boîtier du carter**

La figure suivante montre le premier montage à effectuer par des vis CHC pour assurer l'assemblage et l'étanchéité des deux pièces qui composent le bâti.

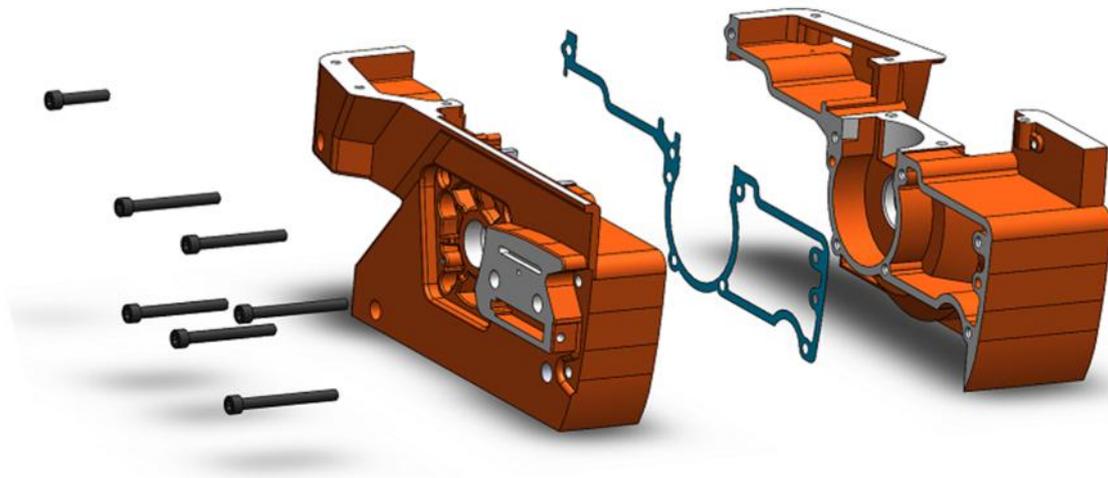


Figure II.18: Vue éclatée du boitier du carter

### II.17.2.1.Choix des éléments d'assemblage

La solution proposée lors du choix des éléments d'assemblage, c'est d'utiliser des vis **CHC** ou bien vis à tête cylindrique avec un creux hexagonal, la raison pour laquelle nous avons fait ce choix est que même si la capacité de tension du couple de serrage des vis **CHC** est un peu plus faible que celle des vis à tête carrée ou hexagonale, ils présentent les avantages suivants :

- Absence d'arêtes vives extérieures
- Faciliter la maintenance
- Eviter l'encombrement
- Assurer l'esthétique et la sécurité

Concernant la précision du montage ou bien le guidage, nous avons prévu deux goupilles de guidage cylindrique.

### II.17.3.Les caractéristiques du boitier du carter

Le boitier du carter est un dispositif composé principalement de deux pièces multifonctions, dont la fonction principale est d'assurer le rôle d'un**bâti** sur lequel se

déposent tous les sous-ensembles de la tronçonneuse ; (**lanceur à retour automatique, système de freinage, système de refroidissement, système de graissage de la chaîne, système de guidage et de réglage de la tension de la chaîne, système d'alimentation, système d'allumage...**). Mais aussi, pour assurer des paliers de guidage en rotation du vilebrequin, d'une autre part. Il assure le rôle d'une **turbomachine (la volute d'une pompe)** connue en énergétique des turbomachines pour assurer un système de refroidissement pour le moteur. Il évite l'encombrement en jouant le rôle d'un réservoir d'huile. Cette solution constructive est le fruit de plusieurs études et innovations faites par le groupe HSQVARNA.

### II.18. Les articulations

#### II.18.1. Le choix des articulations

Le guidage en rotation du vilebrequin a toujours été assuré par des roulements dans la plupart des moteurs qui présentent des vitesses de rotation moyennes. Comme la charge engendrée par la coupe est radiale, cela nous a conduits vers la solution proposée qui consiste à utiliser une paire de **roulement (BC)** à une rangée de billes à contact radial car ils résistent aux charges radiales. Dans notre cas les charges axiales sont quasiment négligeables. La figure II.19 montre une modélisation 3D du roulement BC utilisé.



**Figure II.19: roulement (BC) à une rangée de bille à contact radial**

### II.18.2. Conditions de montage

- **1cas** : La bague tournante du roulement par rapport à la direction de la charge est montée serrée sur sa portée.
- **2cas** : La bague fixe du roulement par rapport à la direction de la charge est montée avec un ajustement glissant sur sa portée.

La direction de la charge est donnée par l'élément tournant après avoir été mené, dans notre cas le vilebrequin est l'élément tournant qui est guidé en rotation, donc on est dans le premier cas : bague intérieure tournante par rapport à la direction de la charge

**Le type de la charge :**

- **Normale**
- **Importante**
- **Importante avec chocs**

Nous sommes dans le cas de la **charge importante avec chocs** donc les dimensions exigées sont **dn6** ou **dp6 concernant l'arbre**.

**Le résultat** : la bague intérieure du roulement sera montée serrée

**En ce qui concerne l'alliage** : On est dans le cas où la bague extérieure est fixe par rapport à la direction de la charge, nous avons trois ajustements possibles qui dépendent principalement du type de charges définies auparavant :

- **D J6 : charge importante avec chocs**
- **D H7 : charge normale**
- **D H8 : charge mécanique ordinaire**

Au final notre ajustement sera soit **(n6/J6)** ou **(p6/J6)**

La bague intérieure du roulement sera montée serrée avec l'arbre mais la bague extérieure peut coulisser dans l'alésage. [6].

Dans les grandes entreprises on utilise de l'Azote liquide pour le montage des roulements soit :

- L'arbre sera immergé dans le liquide pour le montage serré de la bague intérieure
- Le roulement sera immergé dans le liquide pour le montage serré de la bague extérieure ou bien on chauffe l'alésage avec une source de chaleur.

### II.19. Assurer une bonne étanchéité

#### II.19.1. Assurer l'étanchéité du boîtier du carter

Assurer l'étanchéité du boîtier du carter est indispensable, pour éviter les fuites en premier lieu, mais aussi pour protéger les éléments du moteur des poussières et impuretés qui peuvent causer des problèmes sur le fonctionnement du mécanisme par l'usure des surfaces fonctionnelles, la solution proposée est d'utiliser un joint plat

##### II.19.1.1. Choix de l'épaisseur du joint

L'épaisseur du joint d'étanchéité dépend essentiellement de l'état de surface donc de la rugosité des surfaces qui rentre en contact.

##### II.19.1.2. Choix du matériau du joint

Le choix du matériau du joint est tiré directement du livre de normes, il dépend du type d'emploi, la résistance à la température et à l'huile, dans notre cas il est nécessaire d'utiliser un joint en **papier kraft** d'une épaisseur de 0,15 mm qu'on emploie souvent dans des carters rigides pour empêcher la poussière, la graisse et les fuites. La figure suivante montre une modélisation 3D du joint utilisé pour assurer l'étanchéité du carter.

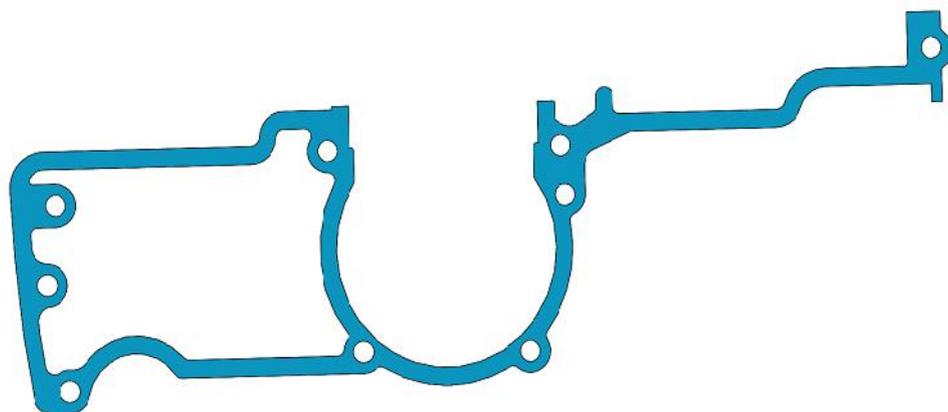


Figure II.20: joint de carter

### II.19.2. Assurer l'étanchéité au niveau du guidage en rotation

Comme les roulements à billes contiennent des vides qui provoquent des fuites de compression du moteur lors de la descente du piston, ce qui peut arrêter le fonctionnement du moteur, la solution proposée est d'assurer cette étanchéité en utilisant une paire de joints à une seule lèvre à contact radial, qui assure une étanchéité dans un seul sens, et pour cela la lèvre est orientée vers l'intérieur. La condition de montage de ce joint exige une rugosité de l'arbre du vilebrequin  $Ra=0,3$  et un ajustement normal (**H8 /h11**) la figure II.21 montre la modélisation 3D du joint à une seule lèvre (joint spi) qui est normalisé dimensionné dans un catalogue (livre de normes).

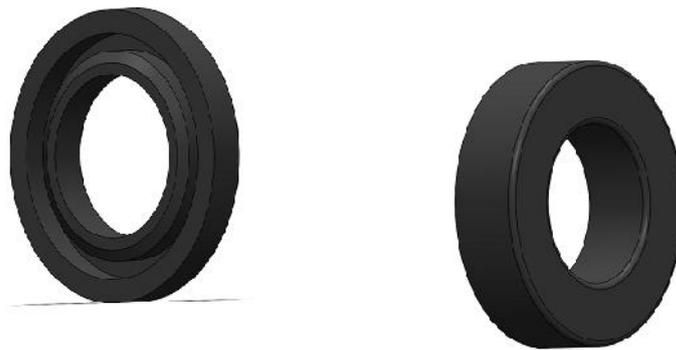


Figure II.21: joint à une seule lèvre à contact radial

### II.19.3. Le système bielle manivelle :

Le système bielle manivelle (**bielle vilebrequin**) est un dispositif mécanique qui permet par l'intermédiaire d'une bielle la transformation du mouvement linéaire rectiligne du piston en un mouvement de rotation continu, et inversement. Présent dans la plupart des moteurs à piston il assure la transmission de l'énergie de combustion du carburant dans le cylindre moteur en énergie mécanique disponible sur l'arbre moteur. C'est l'élément principal du système. La conception du système bielle manivelle présenté dans les figures II.22 et II.23 montre la modélisation 3D du système bielle vilebrequin utilisé dans la tronçonneuse

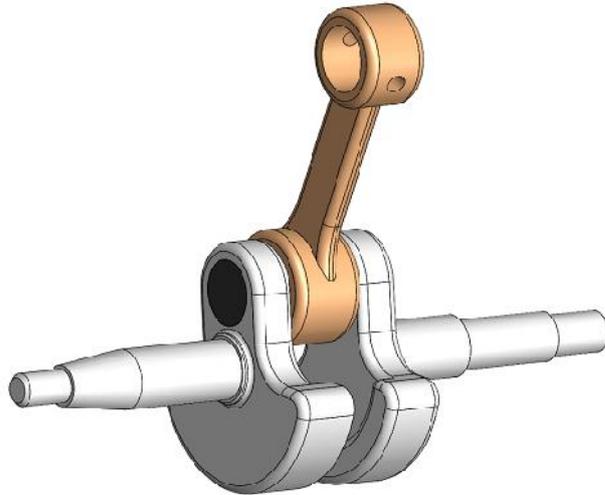


Figure II.22: le système bielle manivelle

### II.19.3.1. Vue éclatée du système bielle vilebrequin

Le système bielle vilebrequin de la tronçonneuse est composé de cinq pièces essentielles décrites dans la figure et le tableau ci-dessous.

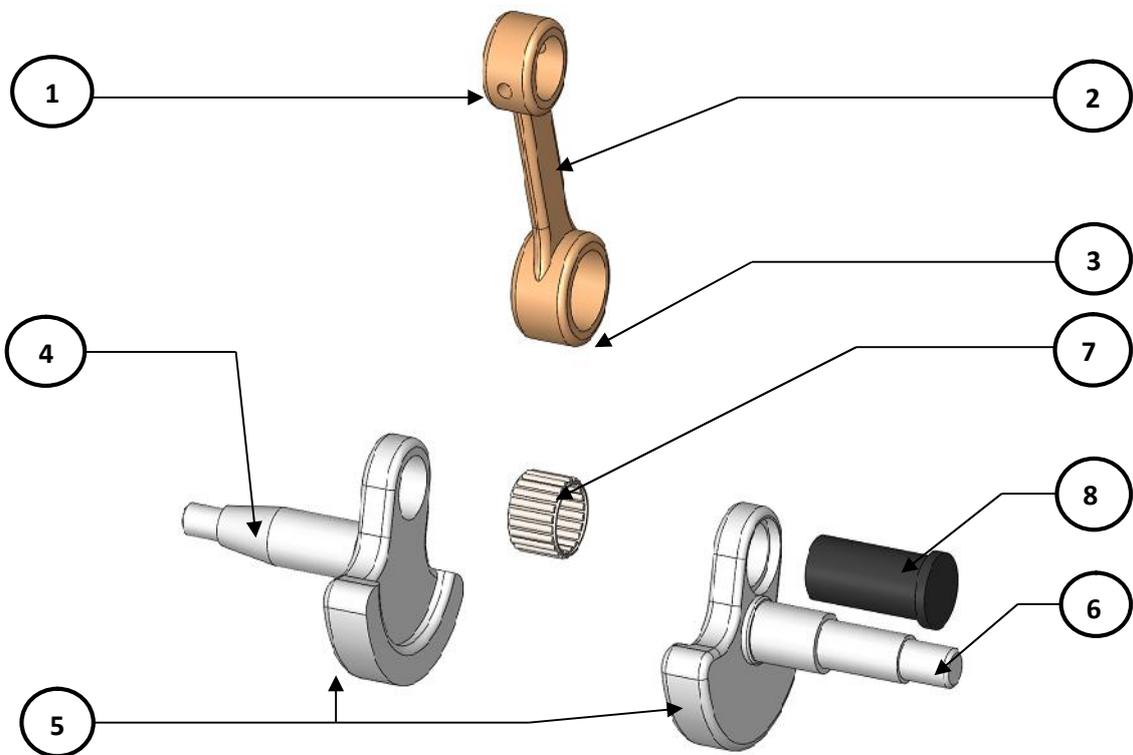


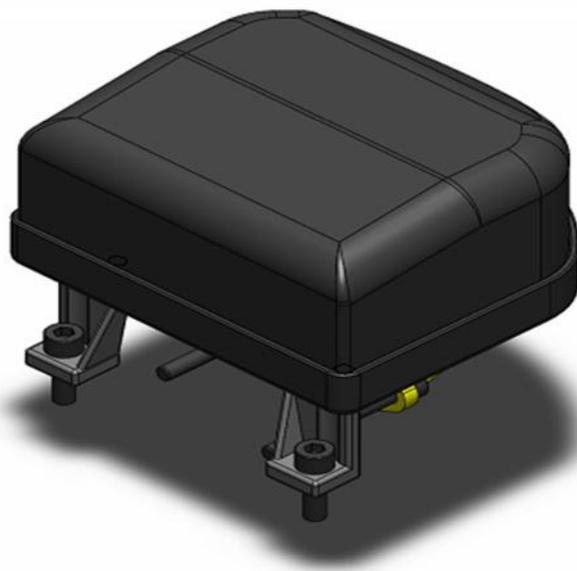
Figure II.23: vue éclatée de la bielle/vilebrequin

**Tableau II.16. : Les éléments du système bielle manivelle**

1	Le pied de la bielle	<b>La bielle</b>
2	Le corps de la bielle	
3	La tête de la bielle	
4	L'arbre primaire du vilebrequin	<b>Le vilebrequin</b>
5	Les flasques du vilebrequin	
6	L'arbre secondaire du vilebrequin	
7	La cage à aiguille	
8	Le maneton	

### II.20. Le système de filtration d'air

Arriver à modéliser le système de filtration d'air et un sujet de discussion et réflexion dont on pose toutes les questions qui vont nous conduire vers les bonnes solutions, (comment ?, pourquoi ?, ou ?, avec quoi ?.....etc.), et tout cela pour ne pas laisser le moindre détail concernant le système de filtration, la solutions proposée est comme indiqué par les figures II.24 et II.25



**Figure II.24: système de filtration d'air**

**II.20.1. Définition des composants qui forment le système de filtration d'air**

La vue éclatée du système de filtration d'air nous permet de voir en détail tous les composants qui forment le système montré dans la figure suivante avec sa nomenclature au tableau II.17.

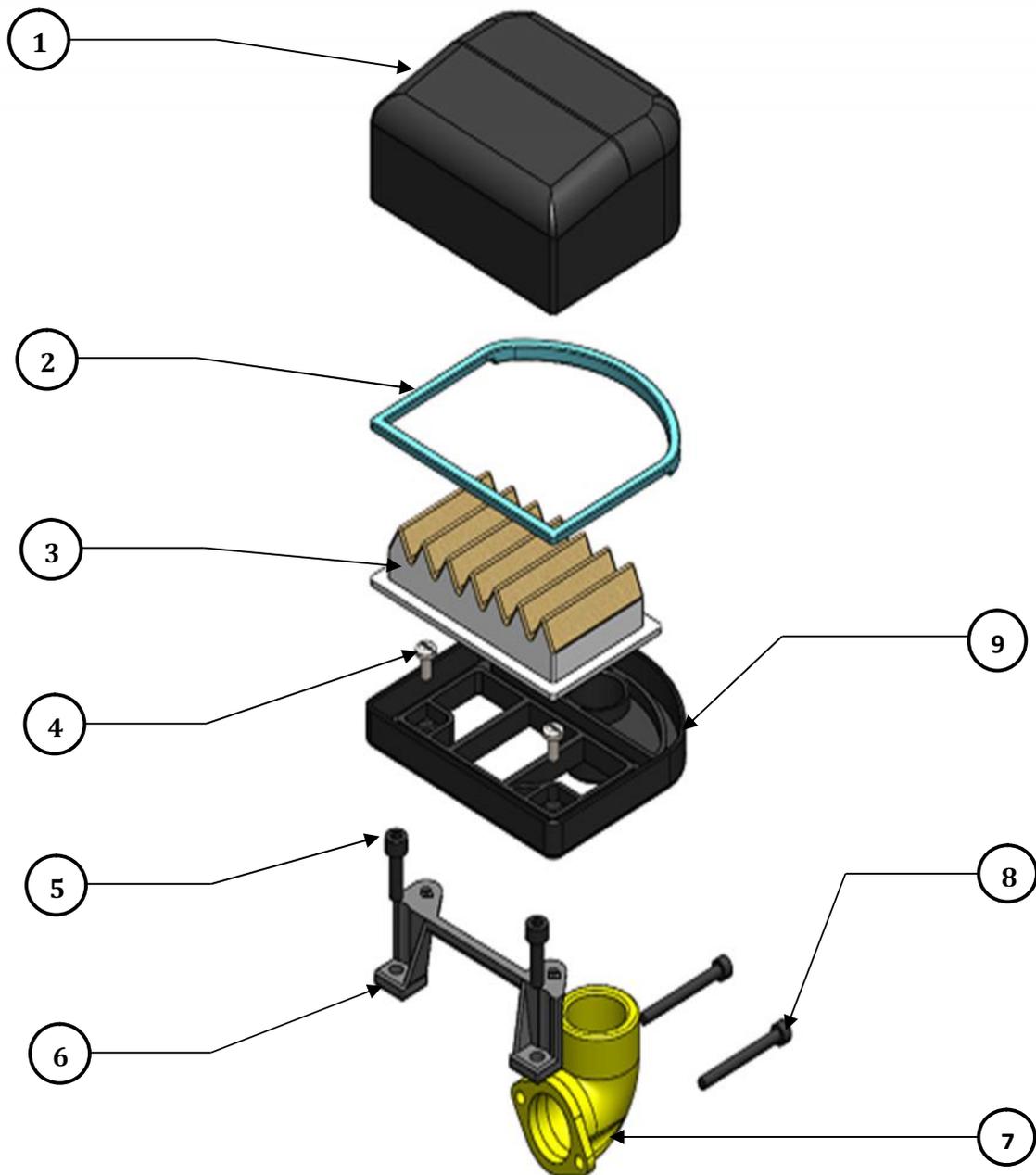


Figure II.25: Vue éclatée du système de filtration d'air

Tableau II.17. : Les éléments du système de filtration d'air

1	Cache du boitier
2	Joint d'étanchéité
3	Filtre à air
4	Vis de fixation
5	Vis CHC
6	Support rigide
7	Collecteur d'admission
8	Vis CHC
9	Support du boitier

**Remarque :** La solution proposée était d'abord de créer une place pour le système de filtration dans le bâti de la tronçonneuse mais en respectant le bon dimensionnement pour éviter la collision avec les autres éléments. La figure ci-dessous montre le système de filtration dans le bâti de la tronçonneuse.

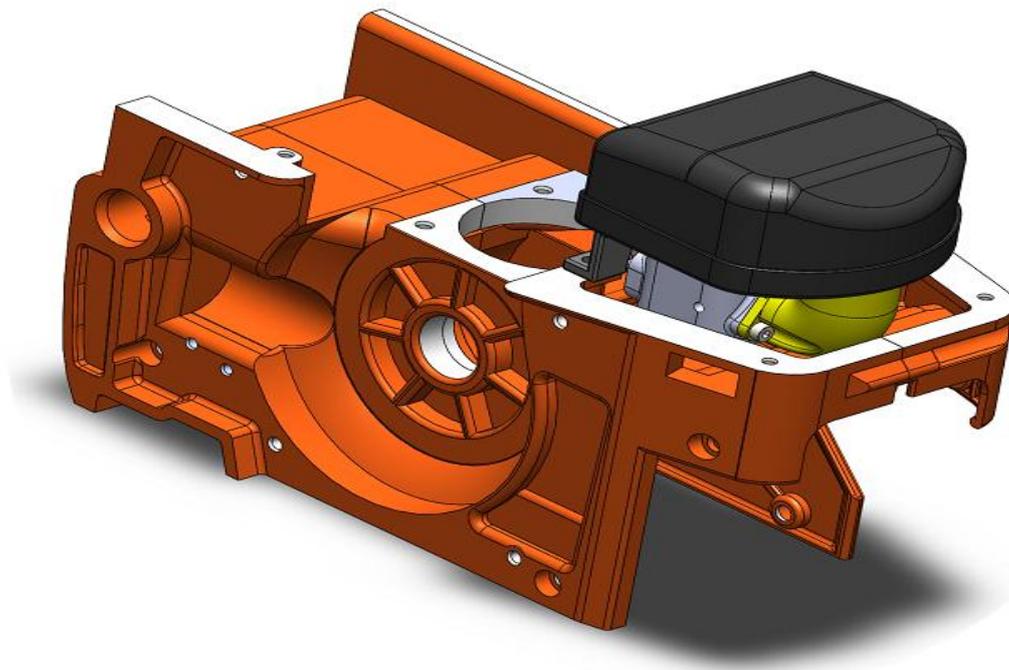


Figure II.26: l'emplacement du système de filtration d'air dans le bâti

### II.21. Carburateur à membrane

#### II.21.1. Rôle et fonction

Cette petite pièce est extrêmement perfectionnée. Le rôle du carburateur est d'alimenter en permanence le moteur en mélange carburé. Le mélange carburé est composé **d'air** et de **carburant** (mélange d'essence et d'huile), sous forme de brouillard gazeux. Le rapport entre l'air et l'essence est appelé **rapport stœchiométrique**. Dans le cas des moteurs **deux temps**, il est de **1g** de carburant pour **15g** d'air, soit environ **7 %** de carburant dans l'air. Sur le carburateur se trouve une **pompe à carburant**. C'est une **pompe à membrane** qui est capable d'aspirer le carburant quelle que soit la position de la tronçonneuse. Le mélange carburé est ensuite aspiré dans le bloc-moteur grâce à la dépression créée par le piston. Il n'y a pas d'entretien particulier à réaliser sur le carburateur. Mais son réglage est très important. Le réglage du carburateur va influencer des facteurs, comme **la durée de vie du moteur** ou les **émissions dépolluants**. Au niveau de la sécurité, un réglage incorrect de la vis de ralenti, dans un sens comme dans l'autre, est dangereux.

##### II.21.1.1. Différentes parties du carburateur et fonctionnement

La première partie importante est la pompe à carburant, c'est une pompe à membrane, l'alimentation de carburant est constante, même lorsque la tronçonneuse est penchée. Le principe de fonctionnement est très simple, dans un moteur 2 temps, le piston agit comme un vérin, lorsque le piston monte, il crée une aspiration dans le bas moteur, à l'inverse, lorsqu'il descend, une compression est créée. Le canal d'impulsion relie le bas moteur à la membrane de pompe **(6)**. Les cycles aspiration/compression du piston sont donc transmis à la membrane qui va tour à tour se lever et se baisser, créant ainsi une aspiration et un refoulement du carburant.

Les deux clapets **(3 et 7)** obligent le carburant à circuler dans un seul sens, en direction de la cuve à carburant du carburateur. Une fois le carburant stocké dans la cuve à carburant du carburateur, le mélange carburé peut être produit, l'air est aspiré à travers le carburateur grâce aux mouvements ascendants du piston, lorsque l'air traverse le carburateur, le venturi génère une dépression d'air qui a pour effet d'aspirer le carburant par les gicleurs de ralenti de reprise et le gicleur principal, **7 %** de carburant

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

est aspiré dans l'air, ce qui constitue le mélange carburé. Le mélange carburé arrive ensuite dans le bas moteur grâce à l'aspiration du piston, la vis **H** permet de régler le débit de carburant pour le gicleur principal, c'est donc grâce à elle que l'on peut ajuster le haut régime du moteur. Pour augmenter légèrement le haut régime, il suffit de fermer légèrement la vis **H** en la vissant de **1/8** de tour, le mélange carburé est donc moins riche en carburant et ce dernier met moins de temps à brûler dans l'air, et le moteur accélère. La figure suivante montre les différentes parties du carburateur.

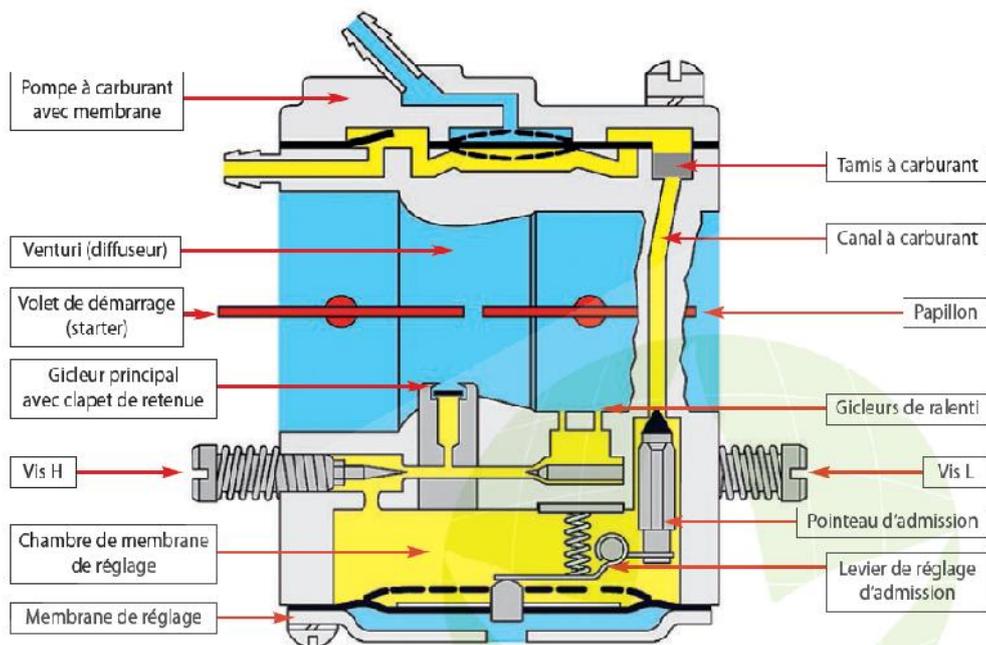


Figure II.27: carbuérateur à membrane

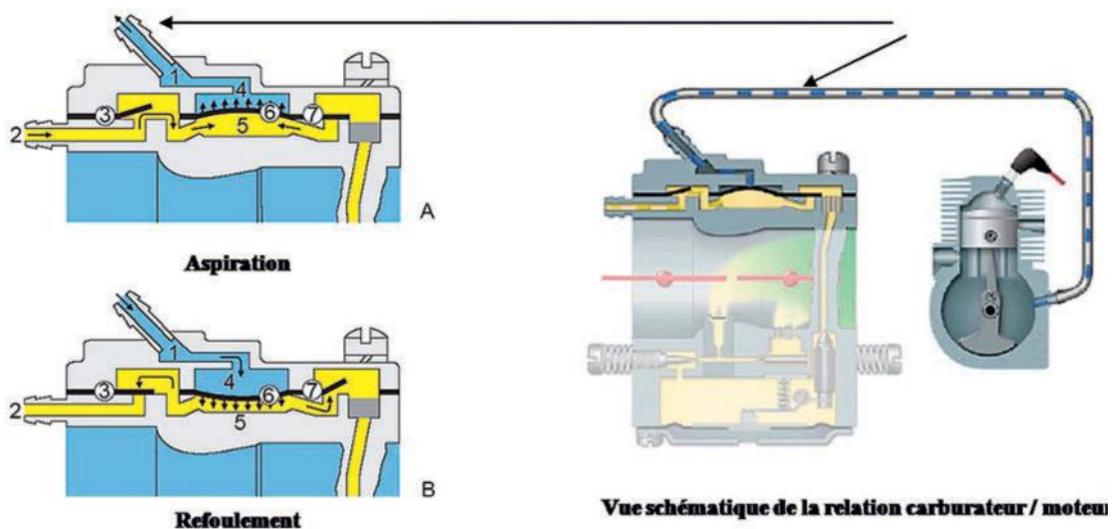
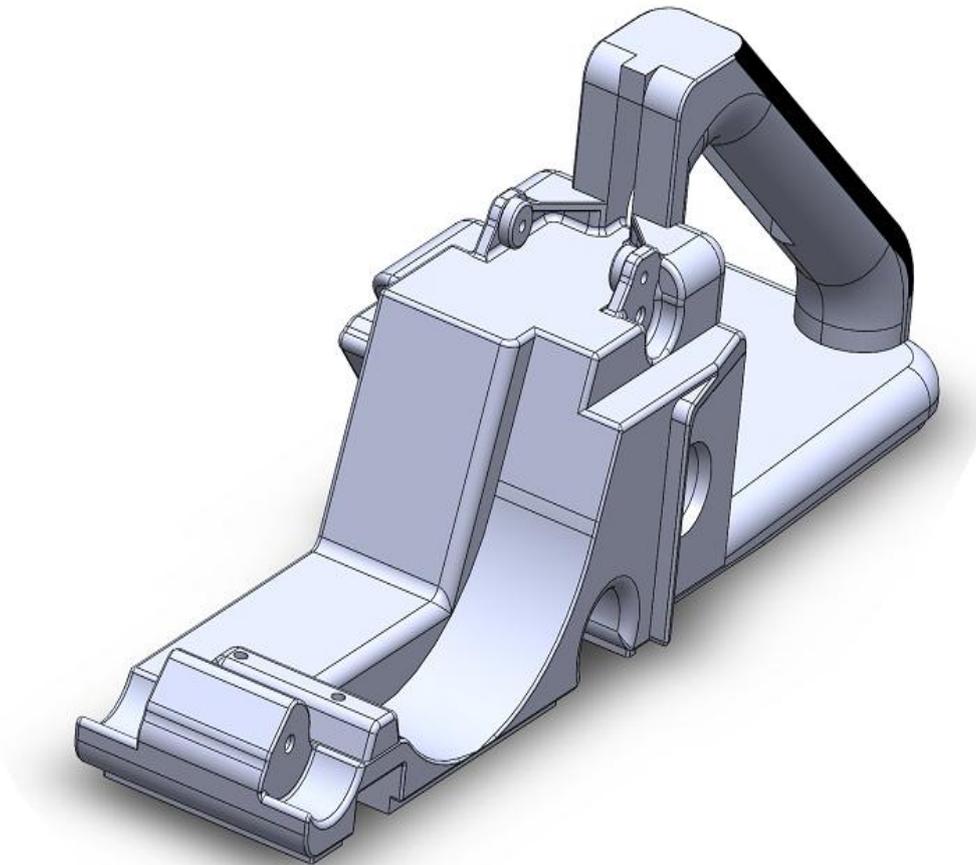


Figure II.28: principe de fonctionnement du carburateur

### II.22. Le réservoir à carburant

Le réservoir à carburant est une pièce obtenue par moulage à injection plastique, mais, de façon à lui offrir des caractéristiques traduites par des fonctions. Parmi ces dernières, et en premier lieu est de **stocker le carburant**, mais aussi jouer le rôle d'un bras pour porter la tronçonneuse et métriser la coupe, et d'offrir une bonne maniabilité à l'utilisateur, assurer la fonction d'un dispositif de stabilité pour offrir une meilleure stabilité lors du stockage ou déposition sur le sol, les détails concernant les caractéristiques du réservoir à carburant sont décrits dans la figure II.29 et le tableau II.18.



---

**Figure II.29: réservoir à carburant**

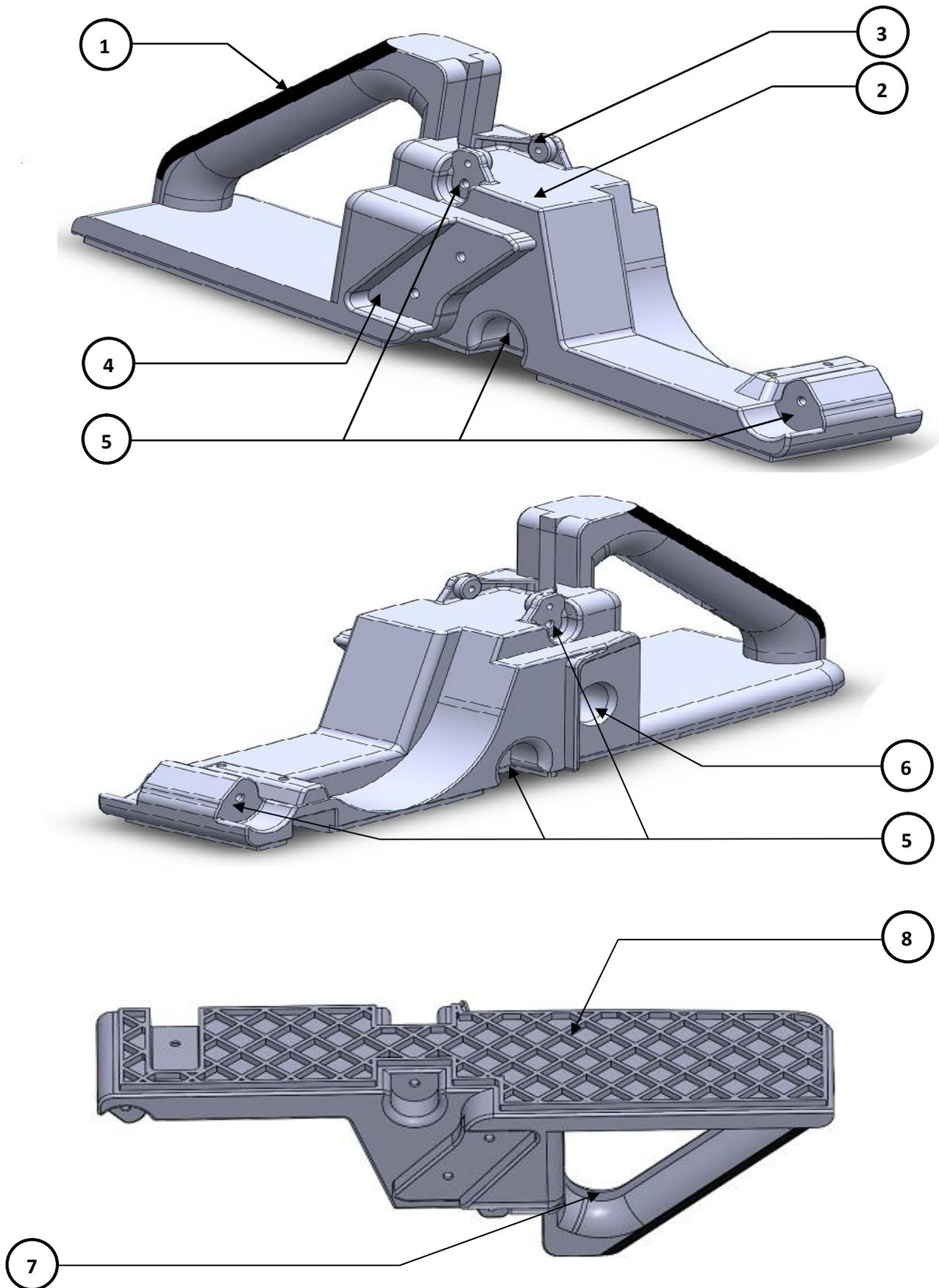


Figure II.30: les différents emplacements du réservoir à carburant

Tableau II.18. : Les différents emplacements du réservoir à carburant

N°	Emplacement
1	Premier bras de manipulation
2	Corps du réservoir
3	Paliers de guidage de la gâchette d'accélération
4	deuxième bras de manipulation
5	dispositif antichoc (silentblocs)
6	bouchon du réservoir
7	gâchette d'accélération
8	Dispositif de stabilité

La figure suivante montre les différents composants montés sur le réservoir à carburant définis dans le tableau précédent.

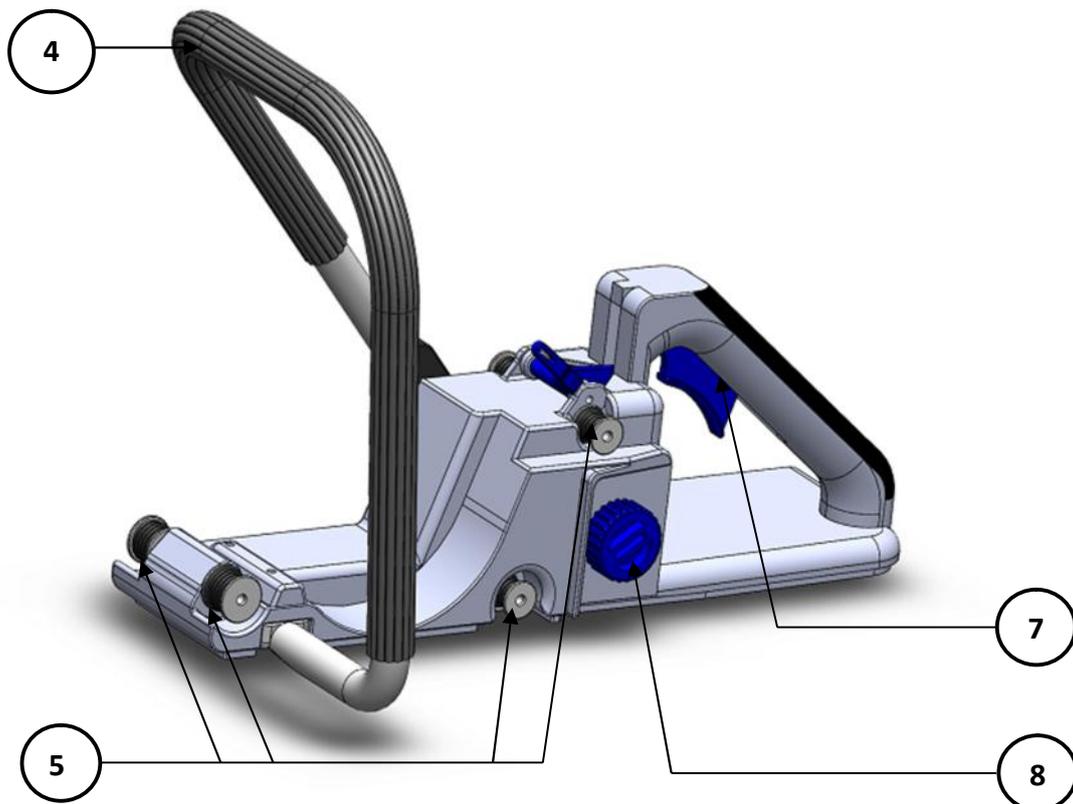
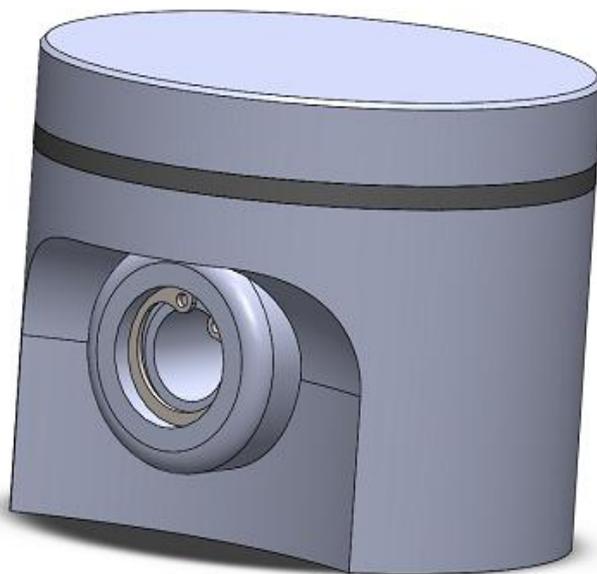


Figure II.31: les éléments associés au réservoir à carburant

### II.23. Le piston

En mécanique, un **piston** est une pièce rigide de section généralement circulaire coulissant dans le cylindre moteur mené d'un mouvement de translation par le système bielle manivelle. Le déplacement du piston entraîne une variation de volume de la chambre de combustion qui permet la conversion d'une pression en un travail. Le piston peut être obtenu par plusieurs méthodes de fabrication qui dépendent du type de moteur (essence ou diesel/ 2temps ou 4 temps) mais dans le cas des petits moteurs à essence comme dans les moteurs des tronçonneuses à bois, les pistons sont obtenus en premier temps dans la fonderie par le procédé de moulage afin d'obtenir toutes les formes qui présentent des contraintes dans le procédé d'usinage. Une fois la pièce brute du piston obtenue, le piston passe à une autre étape qui consiste au procédé de fabrication par enlèvement de la matière précisément en tournage à fin d'obtenir toutes les surfaces fonctionnelles.



---

**Figure II.32: le piston de la tronçonneuse à bois**

### II.23.1. Vue éclaté du piston

La liaison pivot entre la bielle et le piston est assurée par l'axe du piston, l'élimination de la translation de l'axe du piston et le piston est assurée par une paire d'anneaux élastiques. En ce qui concerne la compression, elle est assurée par le segment grâce aux efforts qu'il exerce sur la paroi interne du cylindre moteur. La figure suivante montre tous les éléments qui composent de piston.

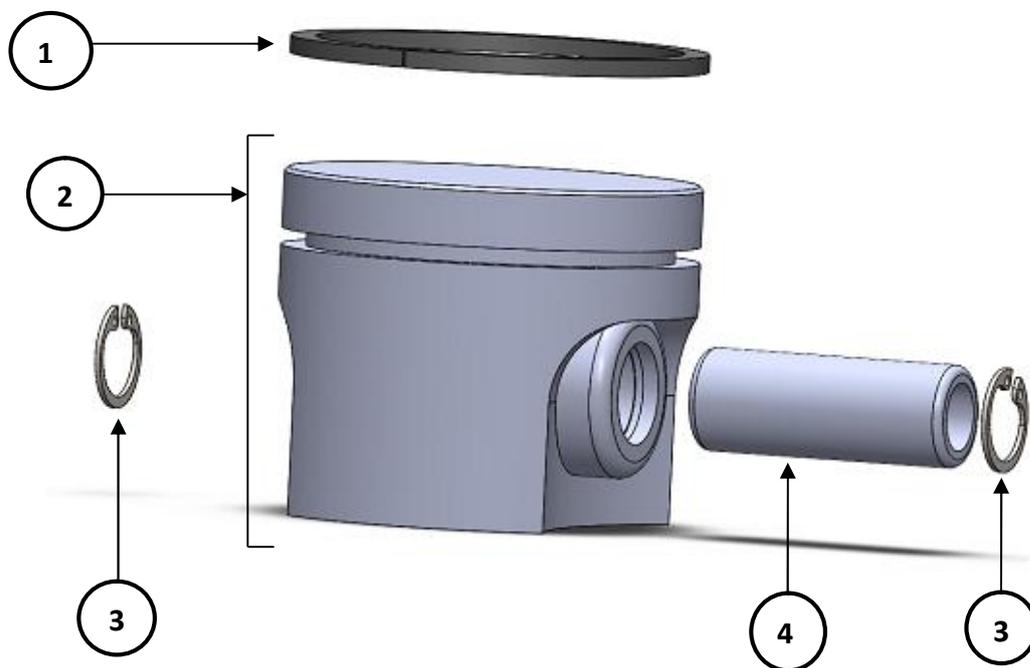


Figure II.33: les éléments du piston

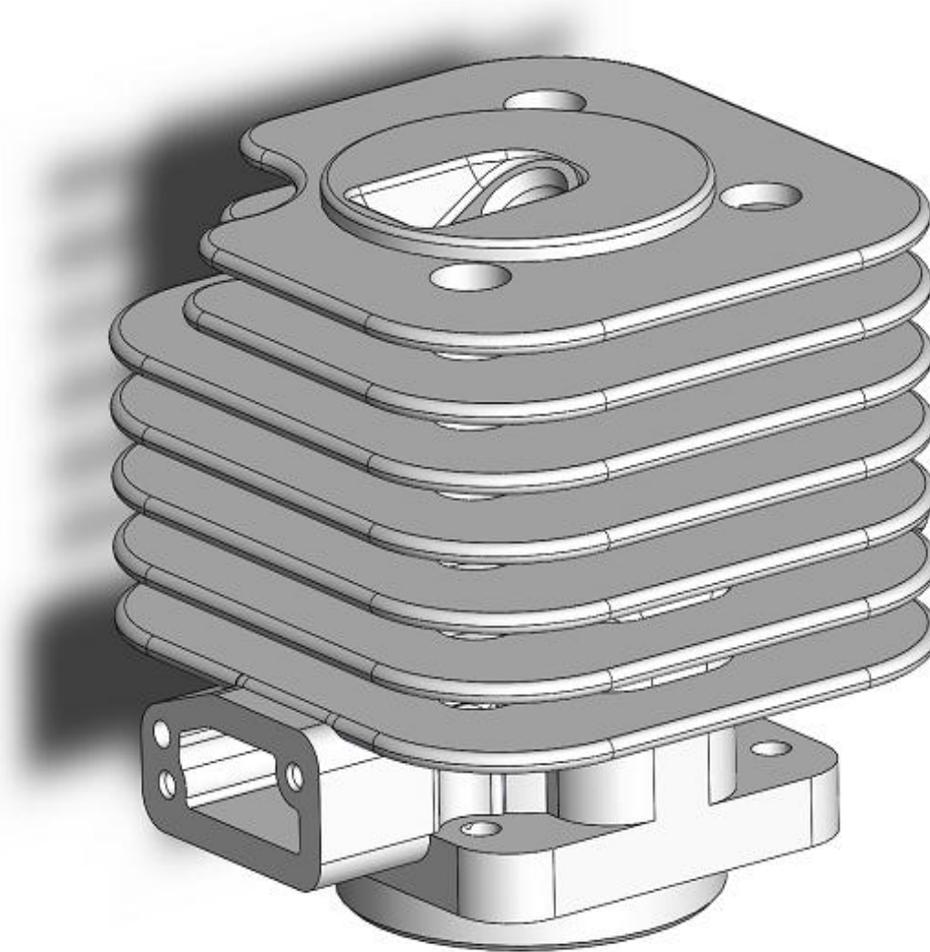
Tableau II.19. : Les éléments du piston

1	segment
2	piston
3	Annaux élastique
4	Axe du piston

### II.24. Le cylindre moteur

Obtenu par le procédé de mise en forme dans la fonderie, précisément en moulage en sable puis à l'usinage : (alésage, surfaçage, perçage, taraudage). Afin de lui donner les caractéristiques qui lui permettent de recevoir le mélange gazeux (air + essence), de le faire bruler, puis les dégager au pot de détente, mais aussi d'assurer l'étanchéité entre les différents organes qui entrent en contact avec le cylindre moteur. Il s'agit aussi d'assurer un refroidissement par des ailettes qui augmentent la surface d'échange du moteur.

La figure suivante montre la modélisation 3D du cylindre moteur.



**Figure II.34: le cylindre moteur**

### II.24.1. Les différentes parties du cylindre moteur

La figure suivante montre les différentes surfaces fonctionnelles brutes et usinées du cylindre moteur.

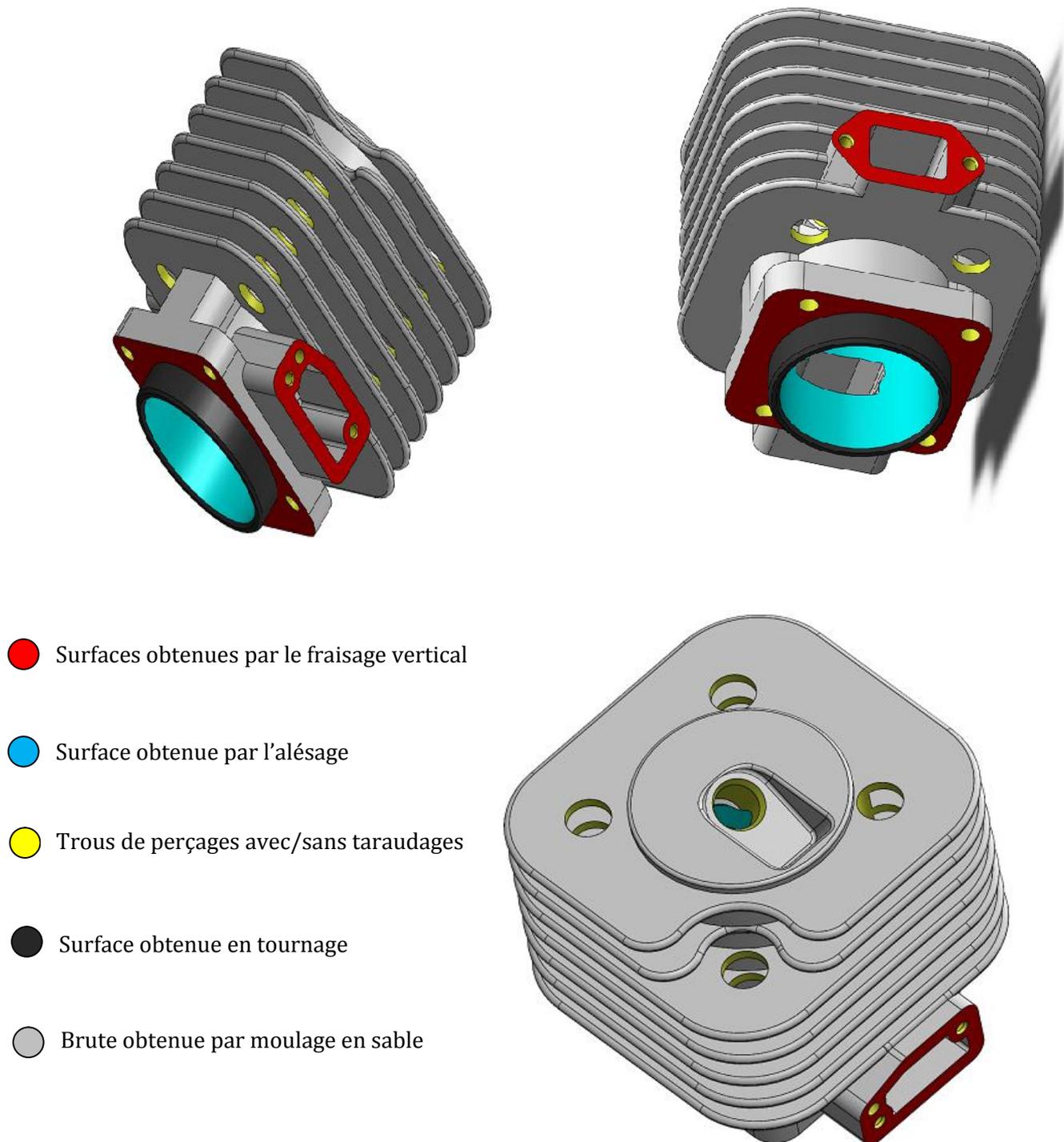


Figure II.35: les surfaces fonctionnelles du cylindre moteur

### II.25. Le système d'allumage

#### II.25.1. Le fonctionnement du système d'allumage

Pour brûler le mélange gazeux air + essence, il faut avoir une étincelle ou créer une étincelle, la solution est comme suit : transformer l'énergie du champ magnétique en un champ électrique à l'aide d'un système rotor stator ; stocker le champ électrique par un dispositif appelé bobine, la génération de l'étincelle est contrôlée par le passage du rotor près du stator, la figure II.36 montre le système d'allumage.

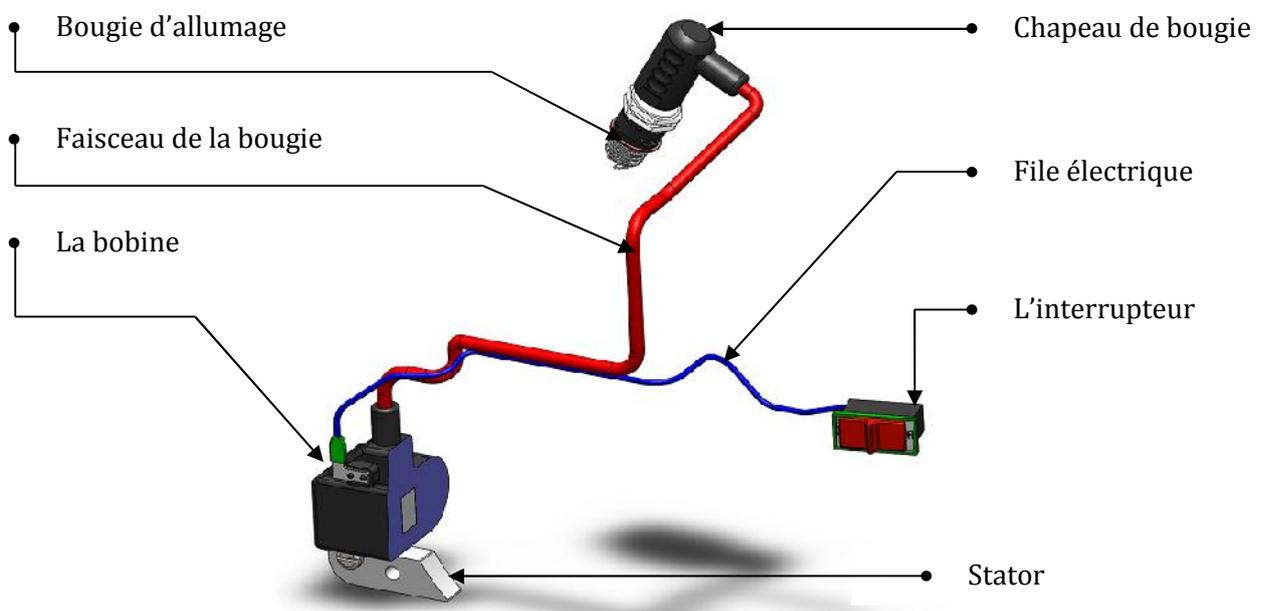


Figure II.36: système d'allumage

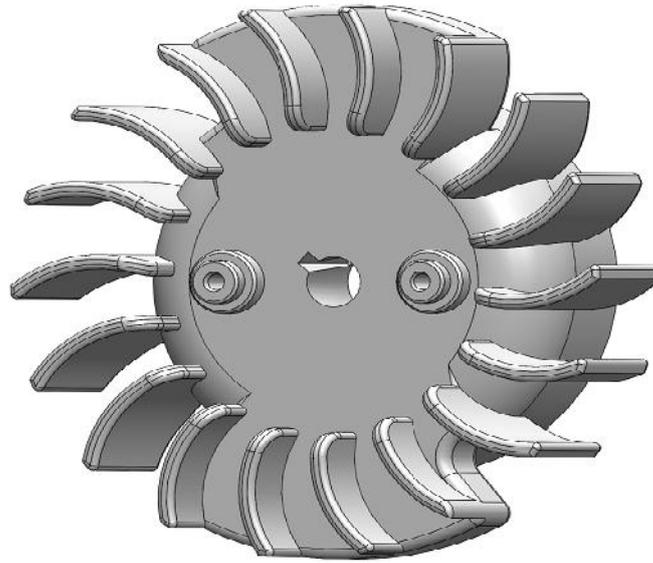
### II.26. Le ventilateur du système de refroidissement (volo magnétique)

Le ventilateur du système de refroidissement de la tronçonneuse assure plusieurs fonctions, au même temps. Sa première fonction consiste à aspirer l'air froid du milieu extérieur et le comprimer pour créer un flux qui sera conduit aux ailettes du cylindre moteur afin de refroidir ce dernier. Sa deuxième fonction est d'assurer la fonction du rotor d'un générateur d'énergie électrique qui consiste à générer un champ magnétique grâce à des aimants plantés sur sa structure pour enrichir la bobine en l'énergie électrique, enfin il assure l'accouplement lors du démarrage grâce à deux

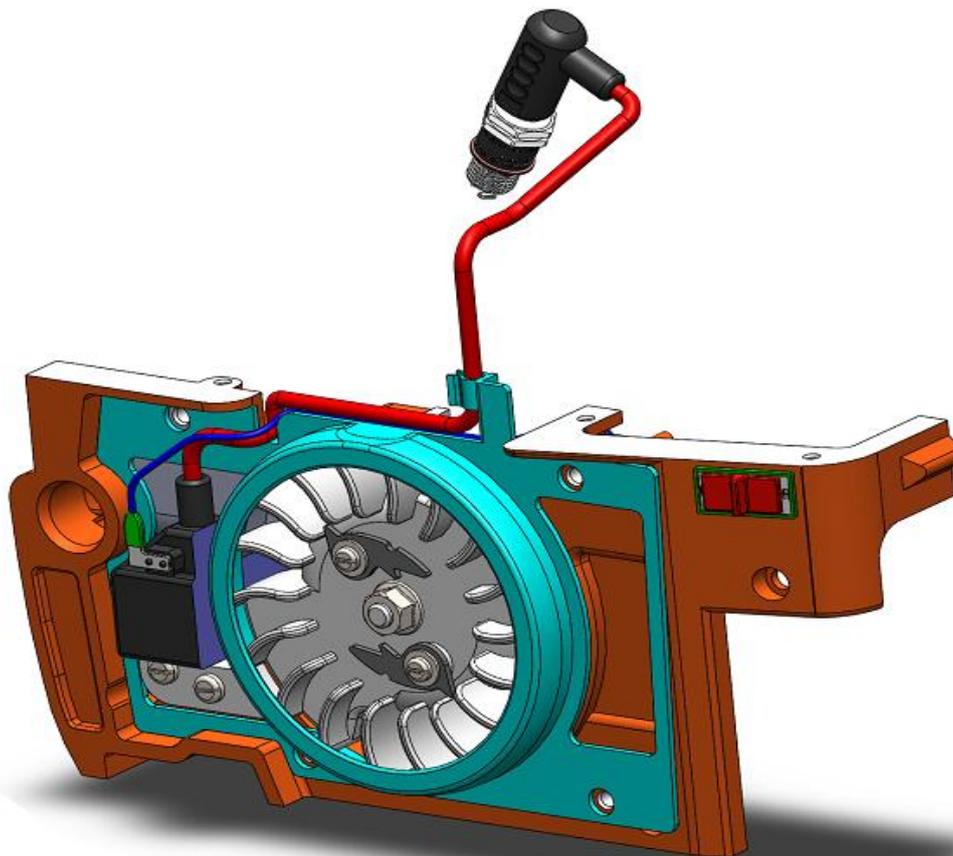
## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

---

crochets montés sur sa structure pour le lanceur à retour automatique. Les figures II.37 et II.38 suivantes montrent la modélisation 3D du ventilateur et sa position.



**Figure II.37: la turbine de refroidissement**



**Figure II.38: la place de la turbine de refroidissement dans son système**

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

La vue éclatée de la figure ci-dessous montre le système de refroidissement avec la **turbine de refroidissement** de la tronçonneuse et tous les éléments qui participent lors de refroidissement du moteur.

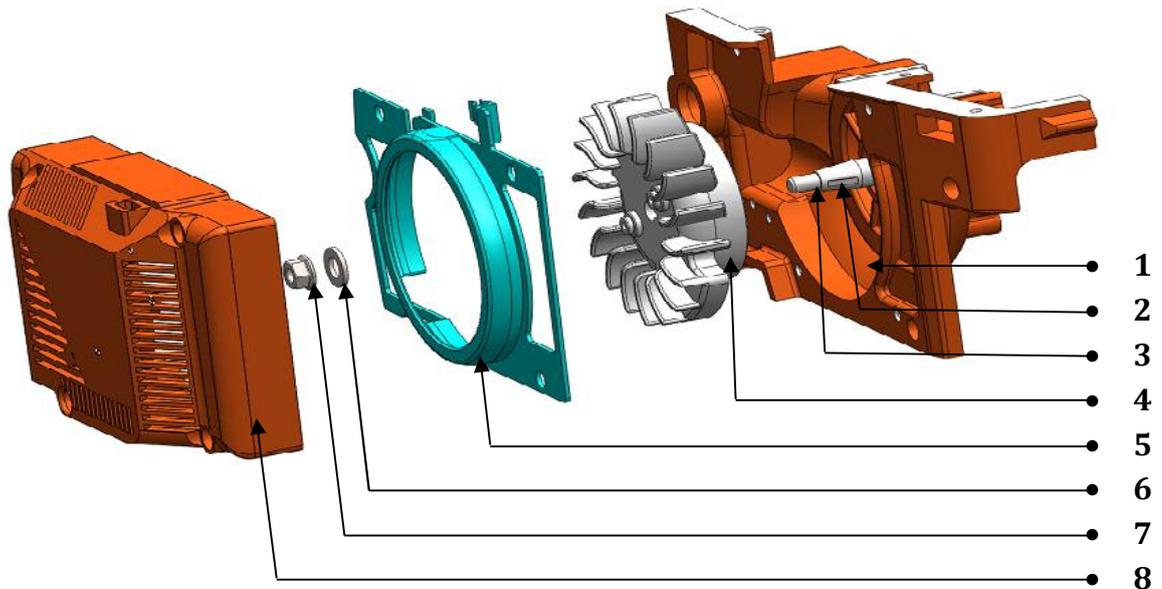


Figure II.39: la vue éclaté du système de refroidissement

Tableau II.20. : Les éléments du système de refroidissement :

N°	Noms des éléments
1	La volute de la turbine
2	Clavette disque
3	Arbre moteur
4	Turbine (volo magnétique)
5	Cache intermédiaire
6	Rondelle plate
7	Ecrou hexagonal
8	Cache de protection

## II.27. Pot de détente catalytique



Figure II.40 : le pot de détente catalytique

### II.27.1. Vue éclatée du pot de détente catalytique

Le pot de détente catalytique est un boîtier en acier qui a pour fonction la réduction des bruit engendrés par le moteur selon des normes, réduire le taux de pollution ou bien le pourcentage des gaz toxiques dégagés par le moteur qui peuvent influencer sur l'environnement et l'utilisateur. La modélisation 3D de la vue éclatée du pot de détente montre les éléments qui le composent dans la figure suivante.

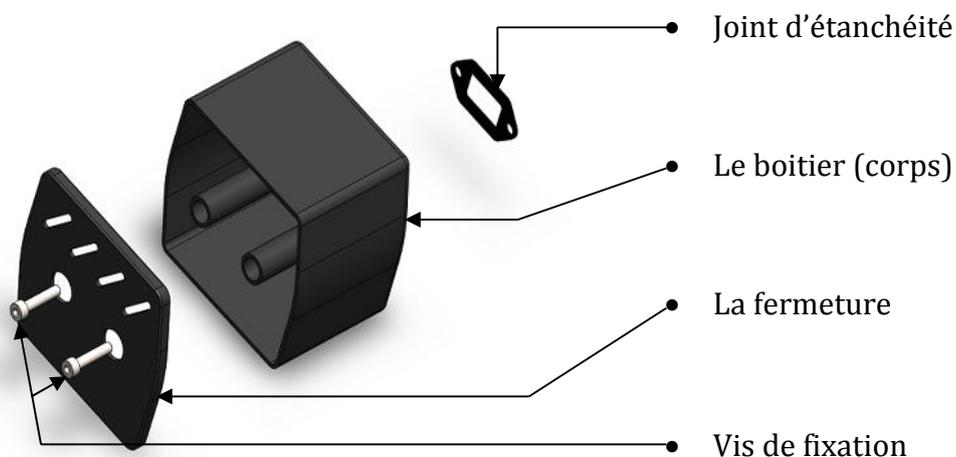


Figure II.41: Vue éclatée du pot de détente

### II.28. Le dispositif antichoc



**Figure II.42: le dispositif antichoc**

Dans le but de réduire les vibrations et d'absorber les chocs engendrés par la rotation des éléments du moteur qui peuvent causer des ruptures et des fissures au niveau des éléments et assemblages (vis), et de protéger l'utilisateur face à ces vibrations et de lui offrir une bonne maniabilité lors de l'utilisation de la tronçonneuse nous avons proposé d'utiliser des Silentbloks pour répondre à la fonction de contrainte : être résistante aux chocs.

#### **Remarque :**

L'utilisation des dispositifs antichocs est une technique utilisée dans la plupart des moteurs **fixes** ou **mobiles** pour réduire les vibrations généralement.

### II.29. Principe de fonctionnement du moteur 2temps

Le principe de fonctionnement d'un moteur deux temps consiste à comprimer un mélange air+essence mélangé dans un dispositif dit **carburateur**, puis de faire brûler le mélange gazeux dans un tube cylindrique dit **chambre de combustion**. L'un des éléments de cette chambre de combustion dit **piston** est mené d'un mouvement de translation, il est repoussé violemment vers le bas après avoir été mené vers le haut par les efforts d'inertie d'un système bielle manivelle dit **vilebrequin**, par l'explosion du mélange gazeux provoqué par une étincelle d'une pièce dite **bougie d'allumage**, ce qui donne une rotation pour le **vilebrequin** et donc pour la transmission la reproduction de ce mouvement alternatif nous donne un mouvement rotatif. Ce dernier est contrôlé par l'augmentation ou la diminution du débit du mélange gazeux rentrant dans la chambre de combustion, c'est à dire plus de débit air + essence entraîne plus d'énergie et donc plus de rotation c'est à dire plus de puissance. Ce cycle est caractérisé par quatre phases principales, dans les moteurs **4 temps**, elles sont : **Admission, Compression, Explosion (détente), Echappement**, contrairement aux moteurs 2 temps toutes les deux phases se produisent aux même temps mais le principe reste toujours le même :

#### II.29.1. Définition des phases du moteur deux temps

- **L'admission** : c'est la phase d'entrée du mélange gazeux (essence + air).
- **La compression** : c'est le moment où le mélange contenu dans la chambre de combustion est comprimé sous l'effet de la remontée du piston.
- **La détente** : la bougie crée une étincelle qui enflamme le mélange, le piston est repoussé vers le bas et fait tourner le vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle.
- **L'échappement** : Le mélange brûlé est chassé dans la lumière d'échappement par l'arrivée du mélange frais dans les transferts

### II.29.2. Premier Temps (compression et admission)

Le piston est en phase montante : il y a compression et admission. La lumière d'échappement est découverte, ce qui permet au cylindre de se vider de ses gaz brûlés. Les lumières d'admission de transfert ainsi que les clapets sont fermés, alors le piston crée une dépression dans le bas moteur. Le piston remontant, commence la compression du mélange dans le cylindre. La lumière d'admission et les clapets se découvrent, permettant au mélange gazeux : essence+air en provenance du carburateur de pénétrer dans le bas moteur. C'est la fin de la compression, le piston est en position point mort haut et l'allumage du mélange comprimé au maximum est provoqué par l'étincelle de l'électrode de la bougie. Le volume maximum du mélange essence+air est atteint dans le bas moteur.

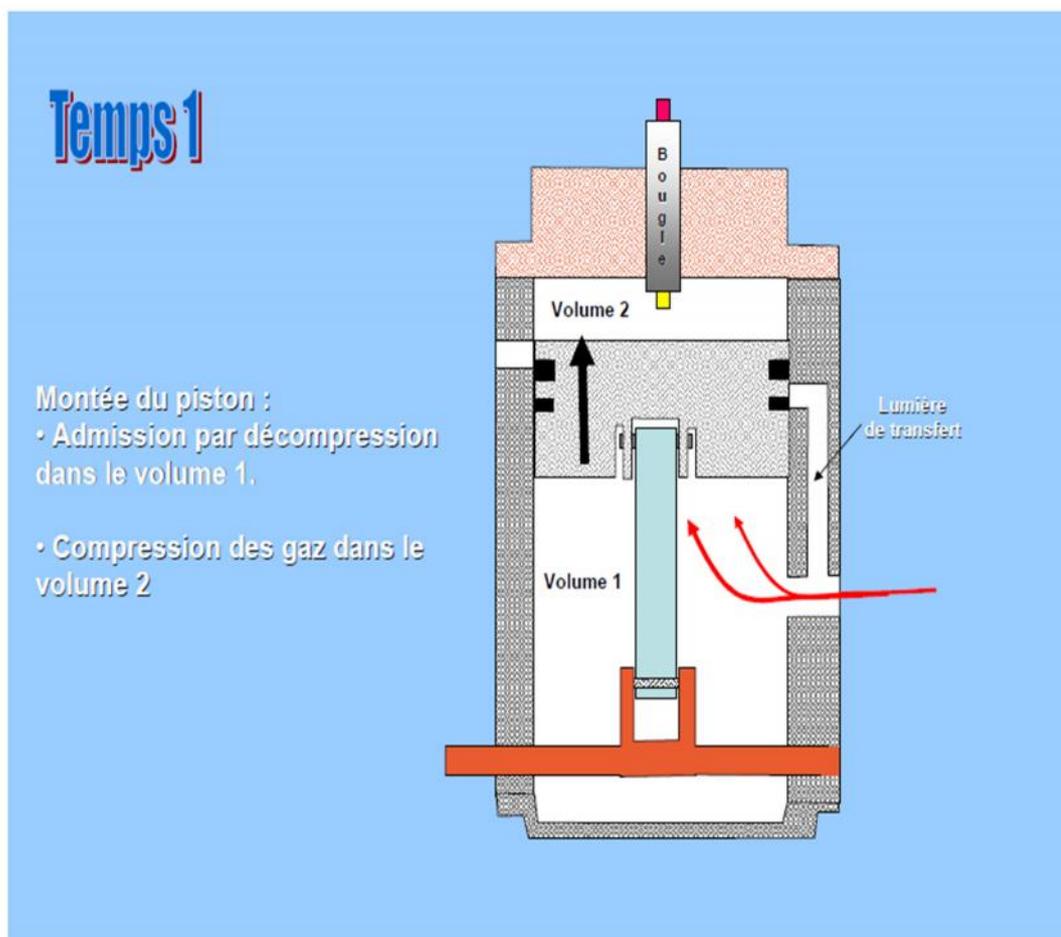


Figure II.43: le premier temps du moteur

### II.29.3. Deuxième Temps (détente échappement)

Le piston est en phase descendante : il y a détente et échappement, la montée en pression du cylindre piston avec l'explosion du mélange gazeux provoque la descente violente vers le bas du piston. En descendant, le piston libère la lumière d'échappement et permet l'évacuation des gaz brûlés, la lumière d'admission et les clapets sont alors fermés. La lumière du canal de transfert entre le bas moteur et le cylindre s'ouvre et, sous l'action descendante du piston qui comprime le mélange dans le bas moteur, le mélange gazeux essence+air chasse les gaz brûlés vers le pot d'échappement. Le piston remontant, ferme alors la lumière du canal de transfert entre le bas moteur et le cylindre. Les derniers gaz d'échappement sont alors évacués et un nouveau cycle recommence.

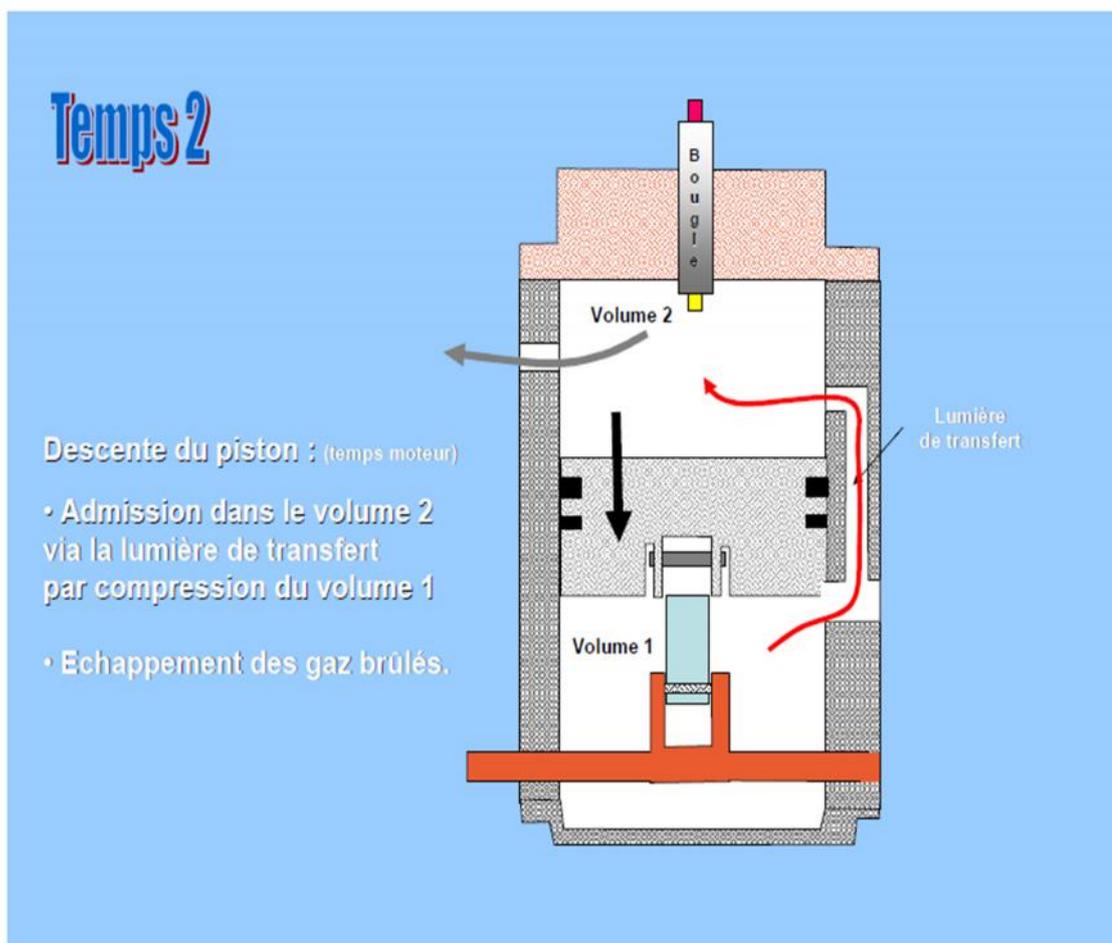


Figure II.44: le deuxième temps du moteur

### II.30. Graissage du moteur

Pour de graisser petits moteurs 2 temps, comme les moteurs des tronçonneuses à bois, les petits groupes électrogènes, les débroussailleuses les mobylettes et à fin d'éviter l'encombrement et réduire le temps et le coût de fabrication, mais aussi pour faciliter l'entretien et le graissage, le mélange se fait directement dans le réservoir à carburant. Il faut ajouter une quantité d'huile lors de l'admission, celle-ci peut facilement atteindre tous les endroits qui nécessitent un graissage. La quantité brûlée lors de l'explosion sera dégagée sous forme de fumée. Le diagramme figure II.46 explique l'utilité de ce type de graissage.

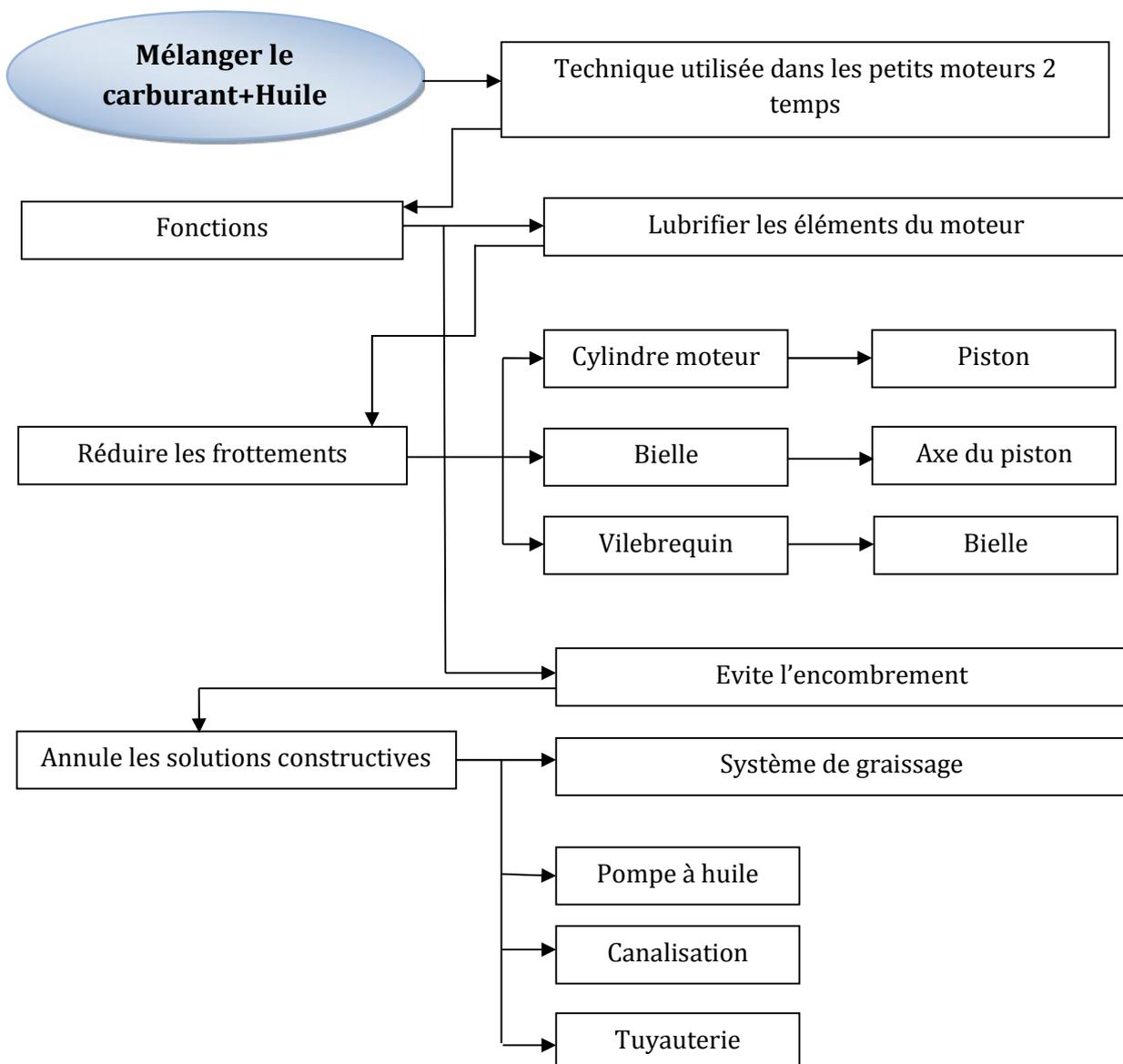


Figure II.45: diagramme pour les fonctions du graissage par mélange

### II.31. Choix de l'outil coupant

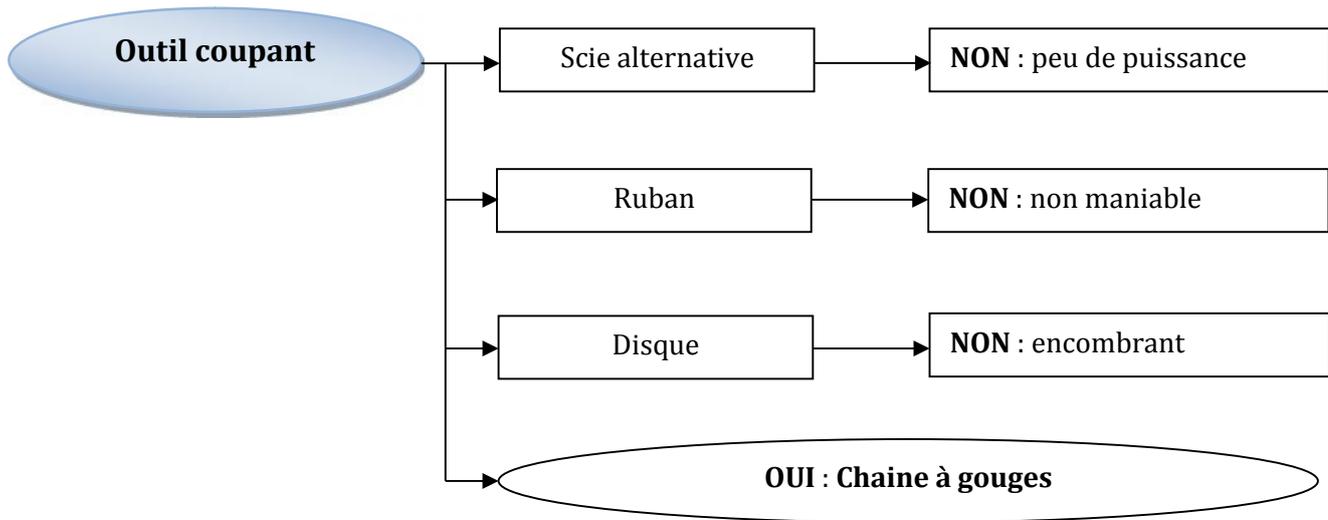


Figure II.46: diagramme pour le choix de l'outil coupant

La figure suivante montre la modélisation 3D de la chaîne à gouges utilisée dans la tronçonneuse à bois, son principe reste toujours le même que les chaînes utilisées dans les transmissions de mouvement, mais avec certaines caractéristiques en plus définies dans la figure II.47 ; II.48 ; II.49 ; II.50.

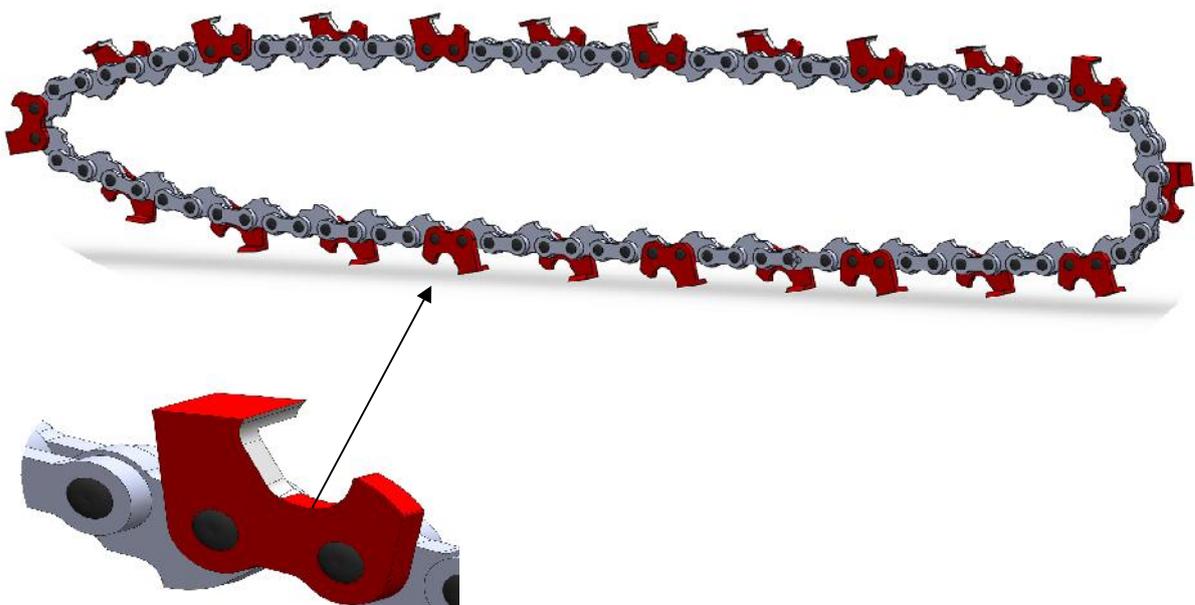


Figure II.47: la chaîne de la tronçonneuse à bois

**II.31.1. Structure de la chaîne** La chaîne est composée de 5 éléments minimum : **gouges de droite, gouges de gauche, maillons intermédiaire, rivets et maillons** comme le montre la figure suivante

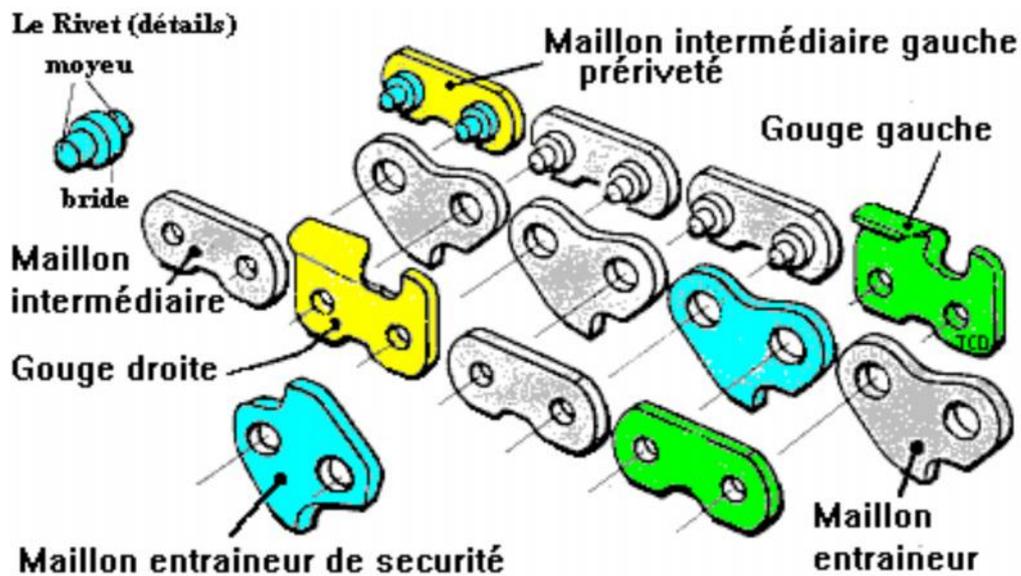


Figure II.48: Les éléments constitutifs de la chaîne

**II.31.2. Les caractéristiques dimensionnelles de la chaîne**

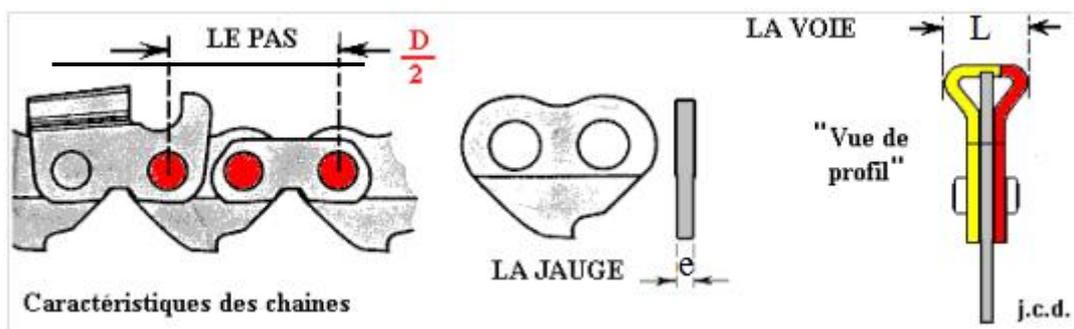


Figure II.49: la caractéristique dimensionnelle de la chaîne

- **Le pas** : distance entre axes de trois rivets consécutifs, divisée par deux.
- **e** : Epaisseur du maillon guide (dans la rainure du guide)
- **L** : Largeur de la découpe faite par les gouges droites / gauche

II.31.2.1. Etude de la gouge

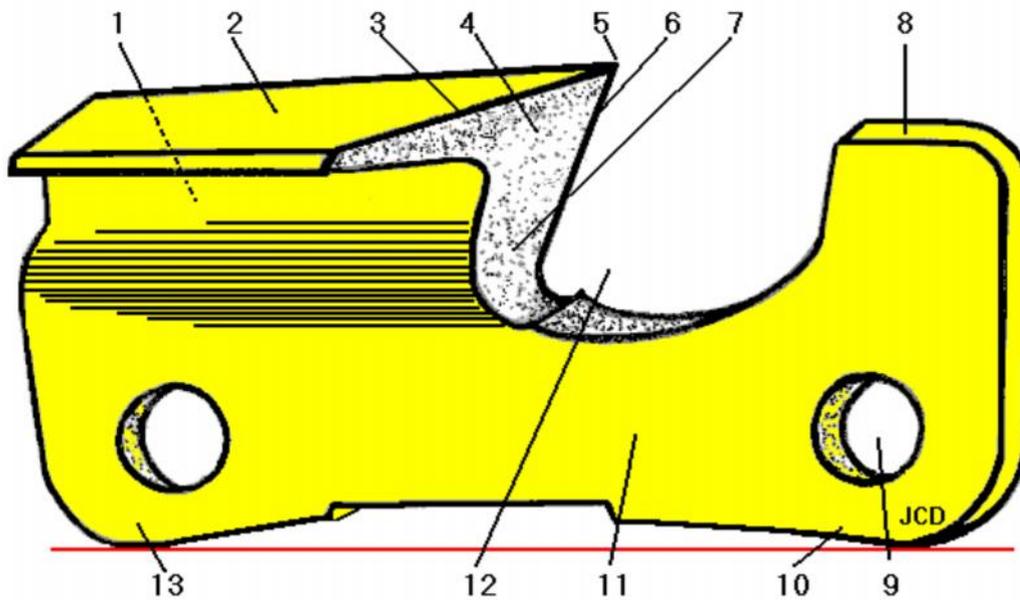


Figure II.50 : Gouge de la chaîne

Tableau II.21. : Les caractéristiques de la gouge

1	platine latérale
2	platine supérieure
3	arrête tranchante de sommet
4	tranchant de sommet
5	pointe ou bec
6	arrête tranchante de front
7	tranchant de front
8	limiteur de coupe ou talon de profondeur
9	trou du rivet
10	semelle avant
11	corps ou châssis
12	le goulet
13	semelle arrière

### II.31.2.2. Géométrie de la gouge

Lorsqu'on observe plus attentivement une gouge, on remarque que ses contours sont plus ou moins inclinés. Elle reçoit différents « angles de dépouille » qui vont lui permettre de mieux « glisser » sur le guide et surtout d'avoir moins de « frottements » dans le bois. Les différents « angles » de la gouge peuvent être identifiés comme suit :

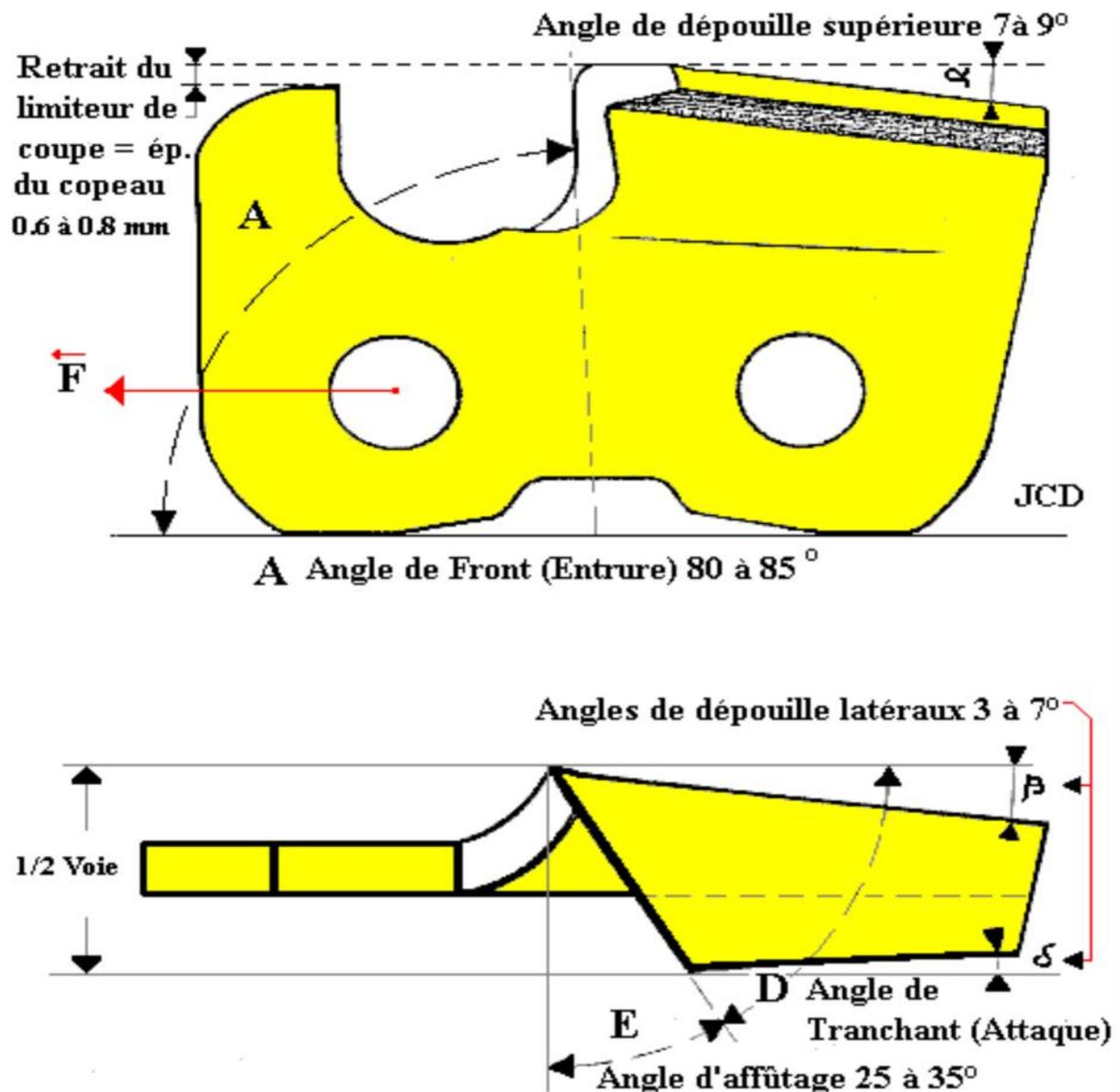


Figure II.51 : la géométrie de la gouge

**Remarque :** La gouge peut avoir différents profils : rond, carré, semi-carré ou semi-Rond

II.31.2.3. Le mode d'action dans le bois

La gouge est un organe métallique complexe qui peut se déplacer à plus de 20 m/s sur le guide. Elle glisse en étant lubrifiée dans la rainure du guide, mais elle ne touche le guide que par les deux semelles

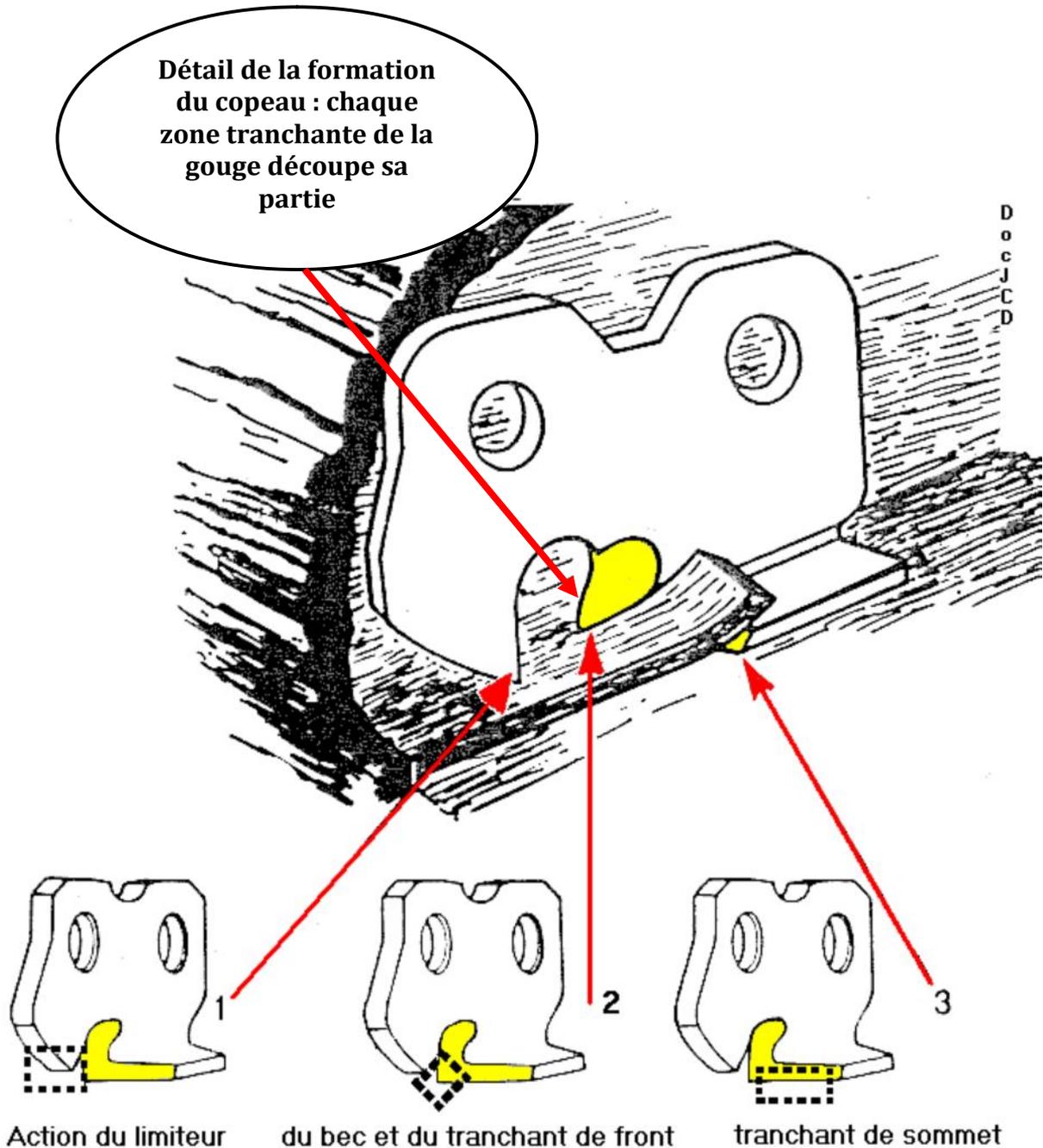


Figure II.52 : le mode d'action lors de la coupe

### II.32. Le tambour d'embrayage

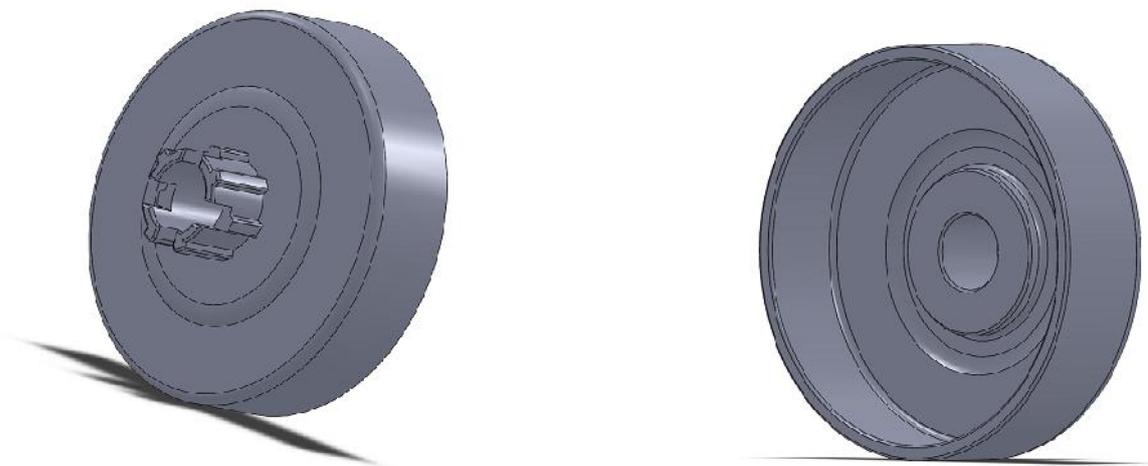
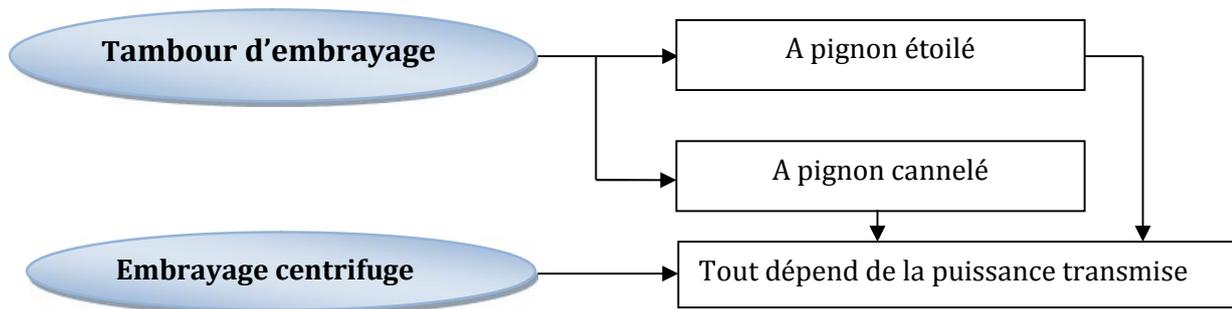


Figure II.53 : le tambour d'embrayage

**II.32.1. Le pignon (1) :** Afin d'avoir un bon engrainement entre le pignon du tambour d'embrayage et la chaîne le montage exige que ces deux derniers soient du même « pas ». En plus il faut respecter le sens de montage de la chaîne dans le guide, la mise en place d'un dispositif de réglage de la tension de la chaîne, montage d'une «**bague gente**» on dit aussi «**auto aligneuse** » afin d'aligner la chaîne et protéger le tambour de l'usure, c'est-à-dire la bague va être usée avant que le tambour s'use mais aussi elle assure l'accouplement entre le tambour et le système de graissage de la chaîne. La figure suivante montre le montage de la bague gente dans le tambour.

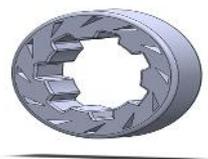


Figure II.54 : la bague gente

### II.33. L'embrayage centrifuge

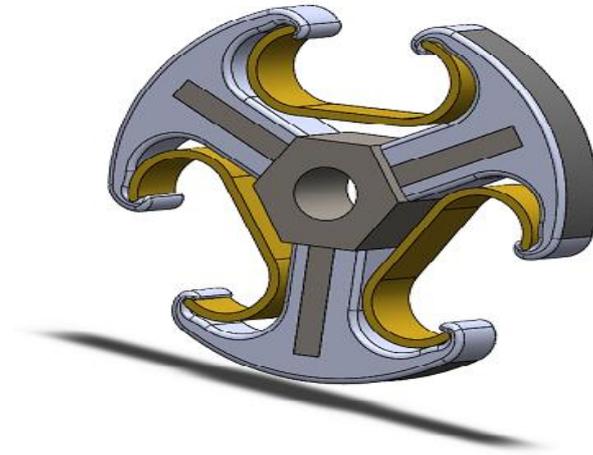


Figure II.55 : l'embrayage centrifuge

Il existe différentes technologies d'embrayages centrifuges. Le principe de base est toujours celui des masselottes qui s'écartent sous l'effet de la force centrifuge à grande vitesse, venant ainsi entraîner le tambour d'embrayage muni d'un pignon. Ce pignon doit être du « pas de la chaîne ». L'embrayage centrifuge ne va embrayer qu'à partir d'une vitesse élevée du moteur, autrement dit la vitesse de ralenti (ne pas confondre avec richesse de ralenti) sera fonction de l'arrêt de l'avancement de la chaîne : moment où la vitesse du moteur passe en dessous du seuil d'embrayage des masselottes. La figure ci-dessous montre le montage de l'embrayage dans le tambour en position de travail.

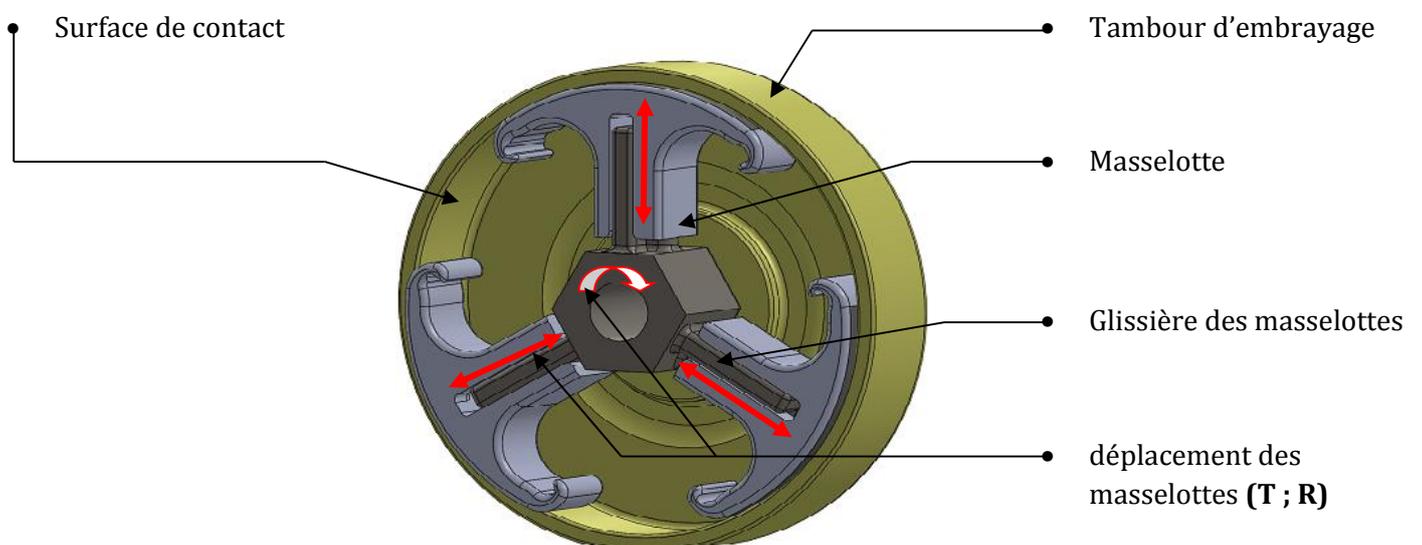


Figure II.56 : Principe de fonctionnement de l'embrayage centrifuge

II.34. Vue éclatée du système de transmission et d'embrayage

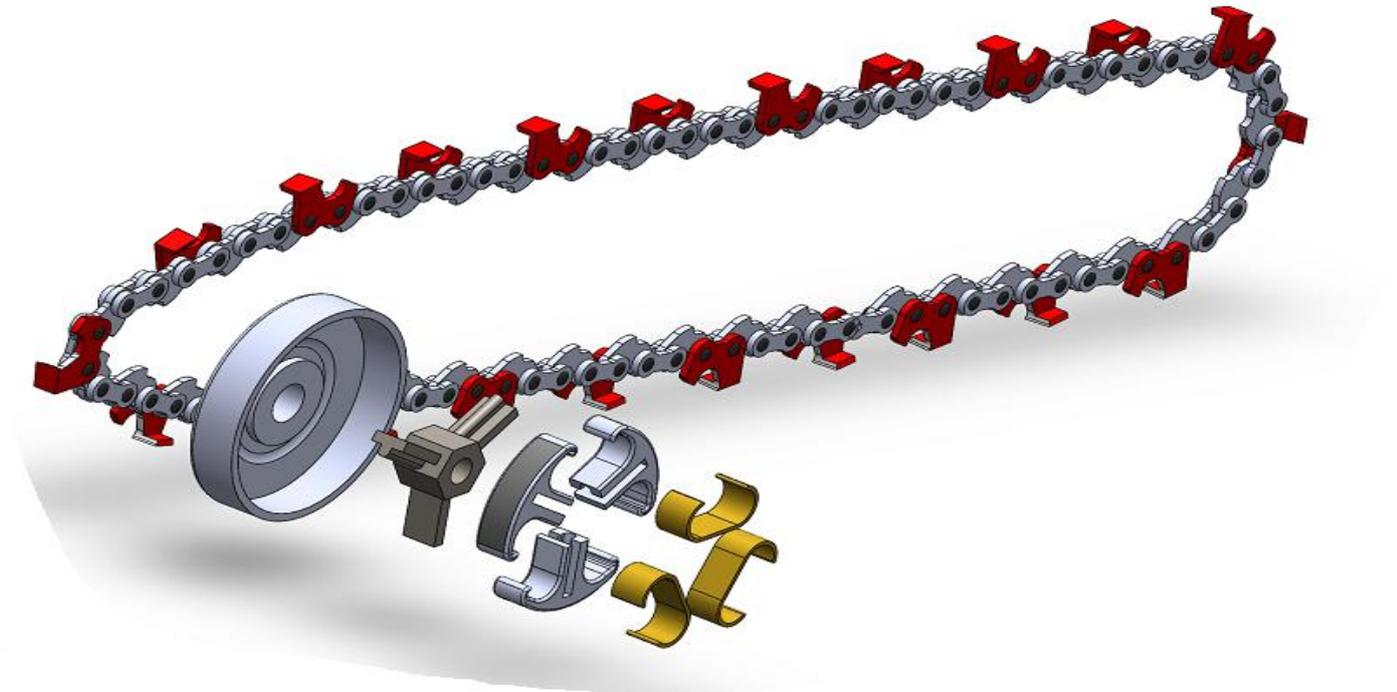


Figure II.57 : Système de transmission de la chaîne

Tableau II.22. : Les éléments du système de transmission de la chaîne

N° :	Composants
1	Chaîne à gauges
2	Tambour d'embrayage
3	Le corps de l'embrayage (glissières des masselottes)
4	Masselottes
5	Ressort de rappelle

### II.35. Le guide de la chaîne

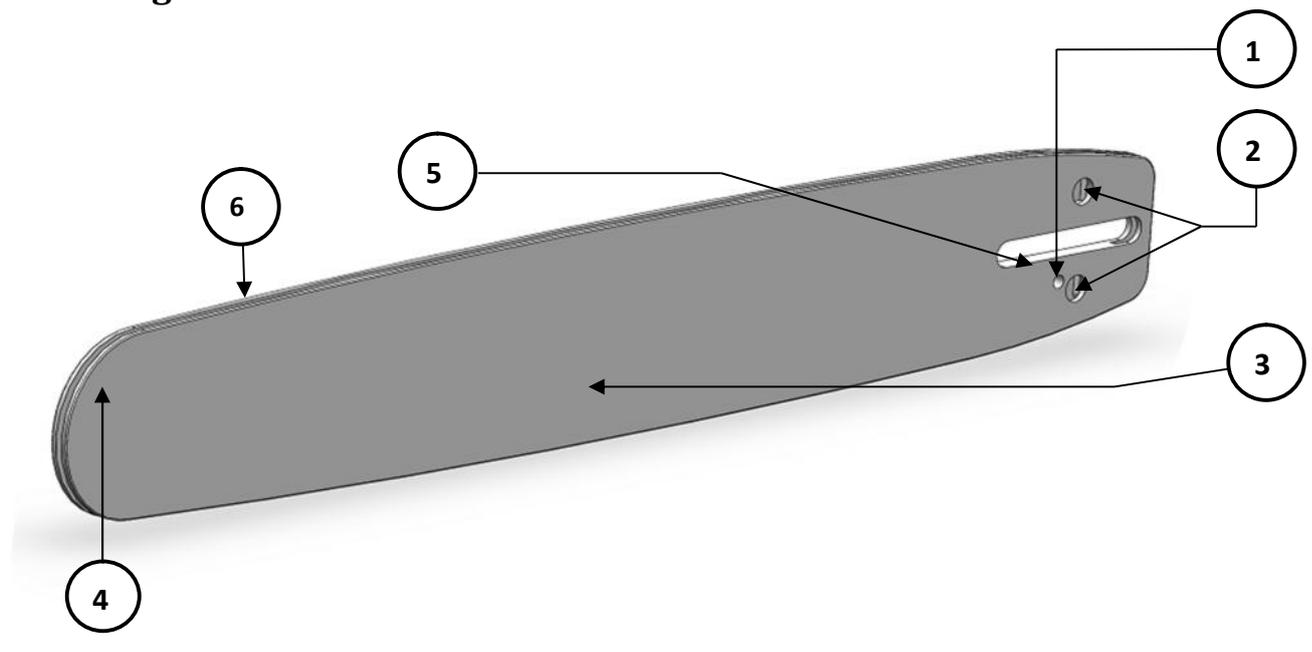


Figure II.58: le guide de la chaîne

Tableau II.23. : Les éléments du guide de la chaîne

N° :	Composants
1	Trous du pion de tension
2	Trous d'arrivée de l'huile de graissage de chaîne
3	Corps du guide
4	Nez du guide traité en «stellite »
5	Passage des gougeons de fixation
6	Passage des jauges de la chaîne (rainure du guide)

Il permet le guidage et le maintien de la chaîne pendant la coupe, il participe à sa tension et à son graissage. Il doit être à la fois solide, léger, mais avoir un peu de flexibilité.

Il y a différents types de guides, plus simplement on peut dire qu'il y a des guides à bords parallèles ou presque et les autres avec des bords convexes. Enfin certains guides ont un nez avec une roulette (pignon) pour faciliter le passage de la chaîne, d'autres ont un nez de guide avec un rayon plus grand, la chaîne frotte directement sur le fer. Ce nez peut être traité (stellite) pour le renforcer. La chaîne circule dans un rail calibré qui est soit creusé dans la masse ou plus souvent créé par une tôle prise « en sandwich » par deux autres, l'ensemble étant soudé par points.

### II.36. Système de transmission de la chaîne

#### II.36.1. Principe de fonctionnement

Pour transmettre le mouvement du moteur à la chaîne, il faut d'abord embrayer cette dernière à l'aide d'un embrayage centrifuge, fixé directement à l'arbre moteur par l'intermédiaire d'un système vis écrou, pour que l'embrayage tourne en permanence avec le moteur. Lorsque le moteur est en régime ralenti, le mouvement ne sera pas transmis à la chaîne grâce aux efforts exercés par le ressort de rappel sur les masselottes en empêchant le contact avec le tambour d'embrayage. Dès que le régime moteur atteint une certaine vitesse de rotation, lors de l'accélération pour couper le bois par exemple, les efforts d'inertie des masselottes engendrent des forces centrifuges qui les conduisent à glisser ou bien translater sur les glissières de l'embrayage, assurant ainsi une liaison d'adhérence avec le tambour d'embrayage grâce aux frottements entre les deux éléments. A ce moment-là, le tambour se met à tourner avec le moteur en assurant la transmission du mouvement de rotation directement à la chaîne. Ce système a pour but la transmission du mouvement mais il joue aussi un rôle important sur la sécurité de l'utilisateur lors du démarrage du moteur, la figure II.59 montre la modélisation 3D du système de transmission de la chaîne.

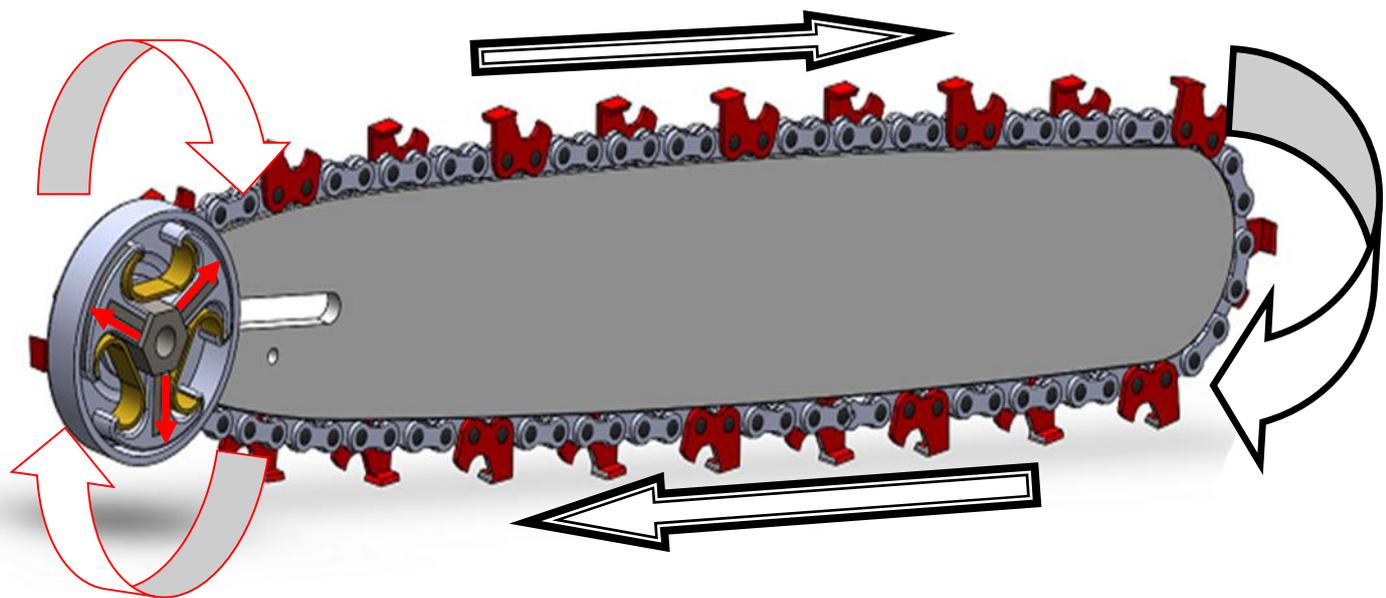


Figure II.59: le système de guidage et de transmission de la chaîne

**II.37. Protéger l'utilisateur :** Pour protéger l'utilisateur, et le rendre mieux sécurisé, en respectant ainsi la norme de sécurité, on a proposé les solutions constructives suivantes définies dans le diagramme ci-dessous :

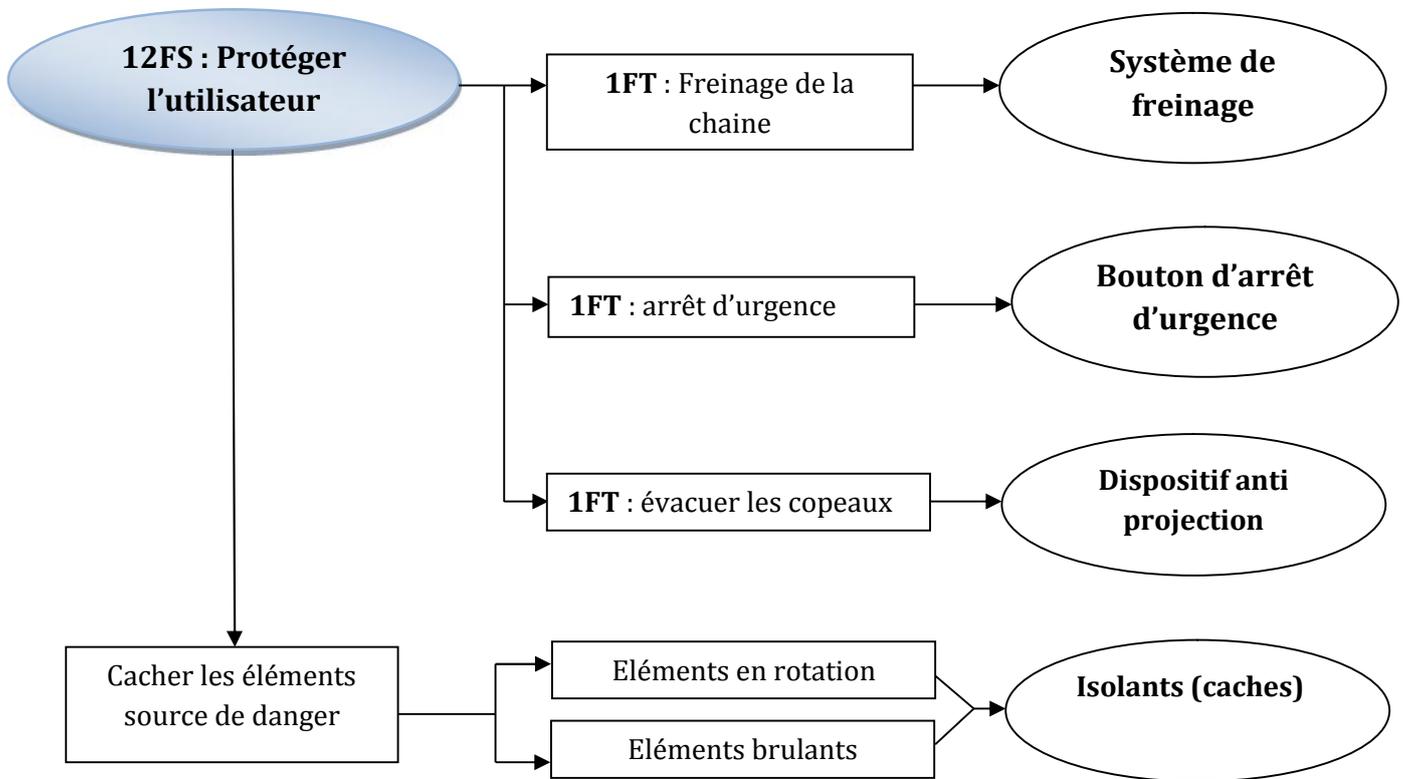


Figure II.60: Diagramme FAST la fonction de service 12 FS

**II.37.1. Choix du système de freinage :**

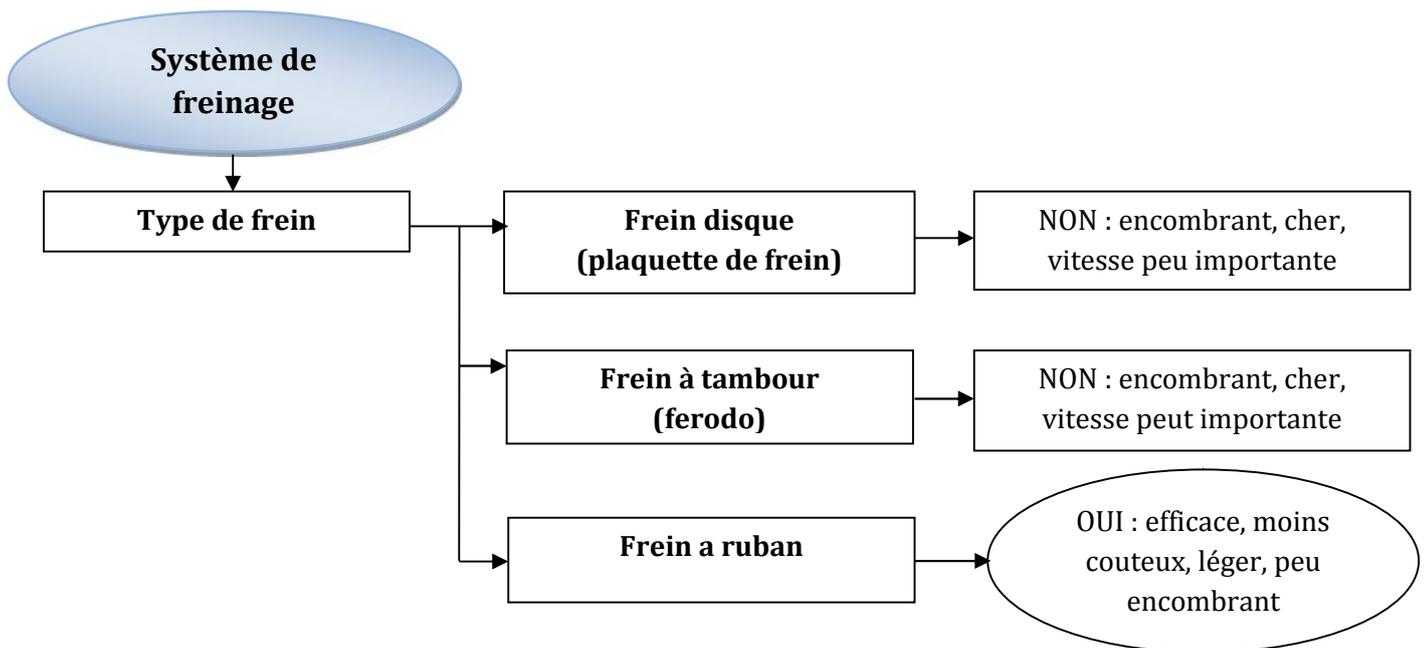


Figure II.61: Diagramme pour le choix du système de freinage

II.37. 1.1 Le système de freinage :



Figure II.62: Le système de freinage

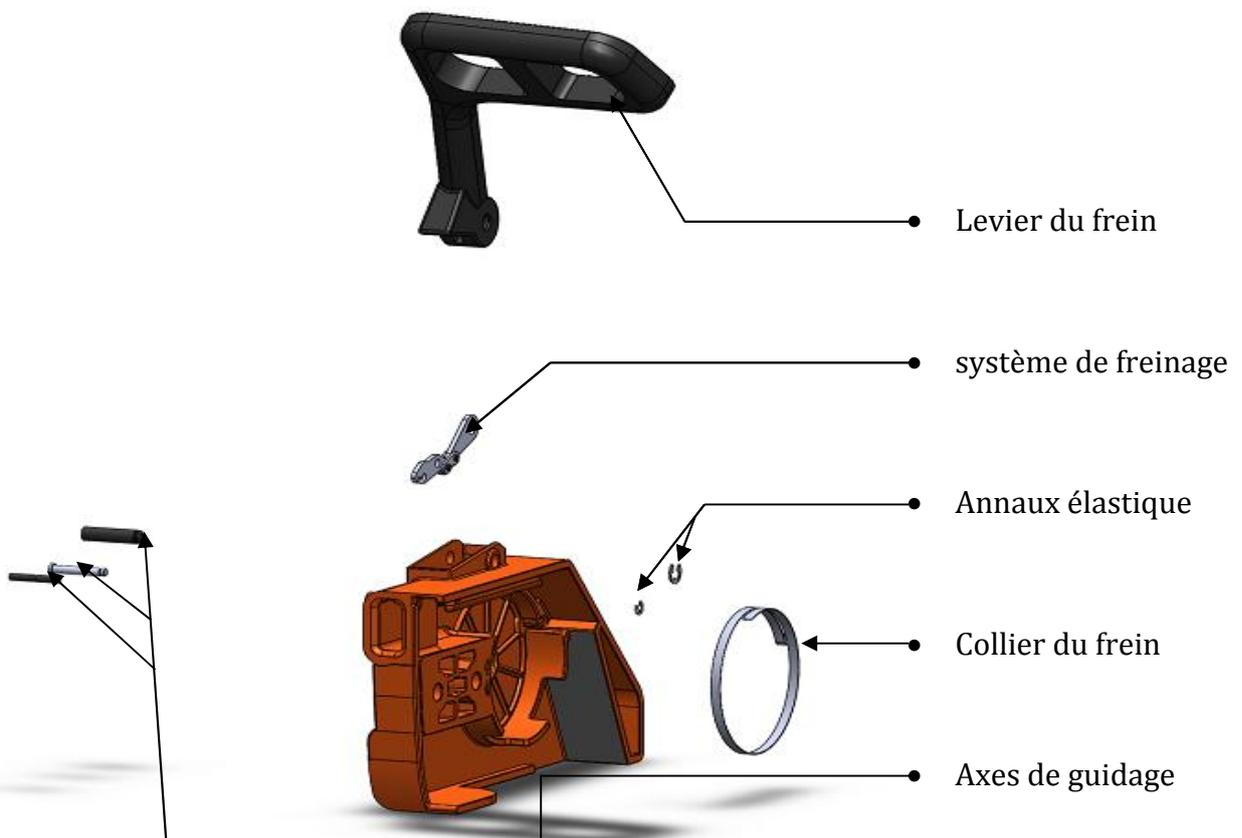


Figure II.63: Vue éclatée du système de freinage

II.37.1.1.1 Diagramme SADT du système de freinage de la chaîne :

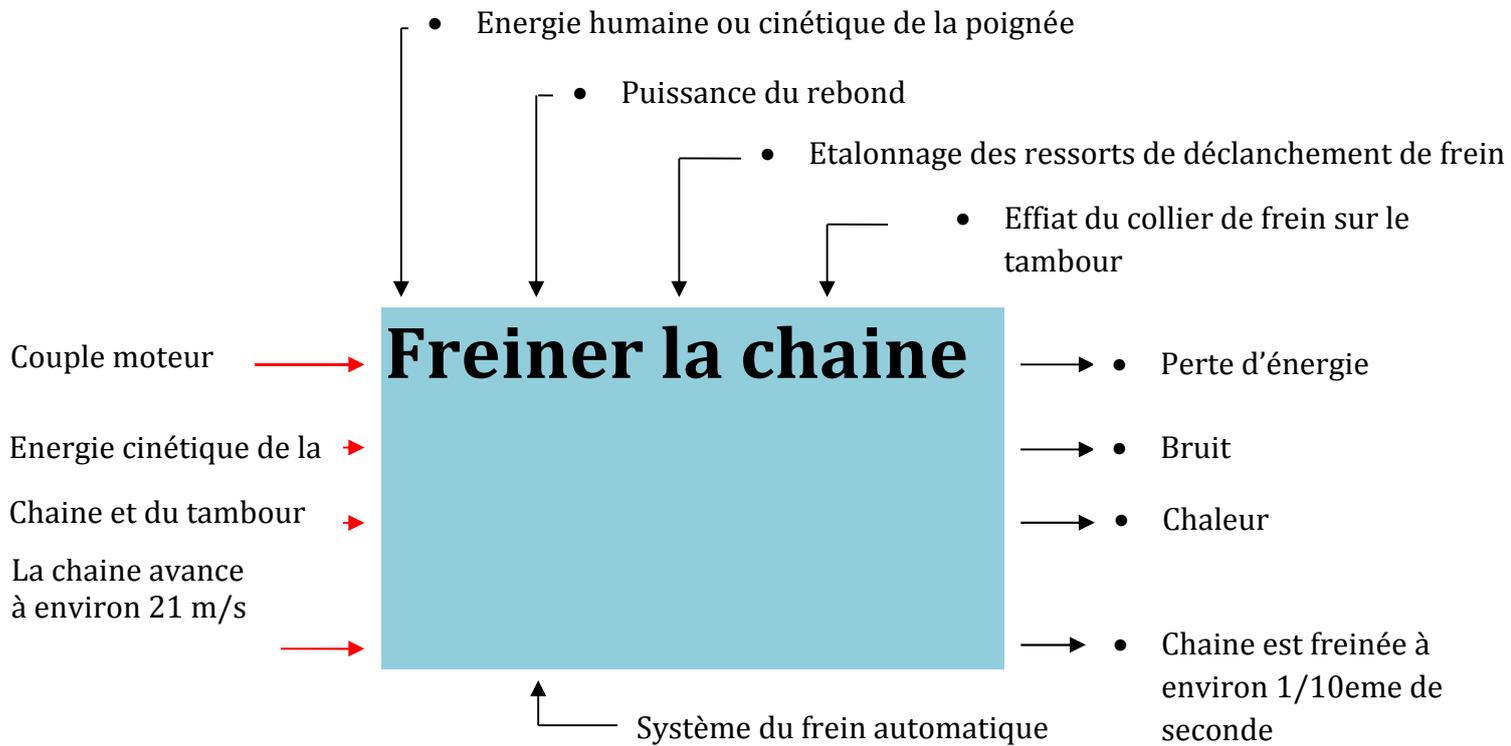


Figure II.64: diagramme SADT du système de freinage

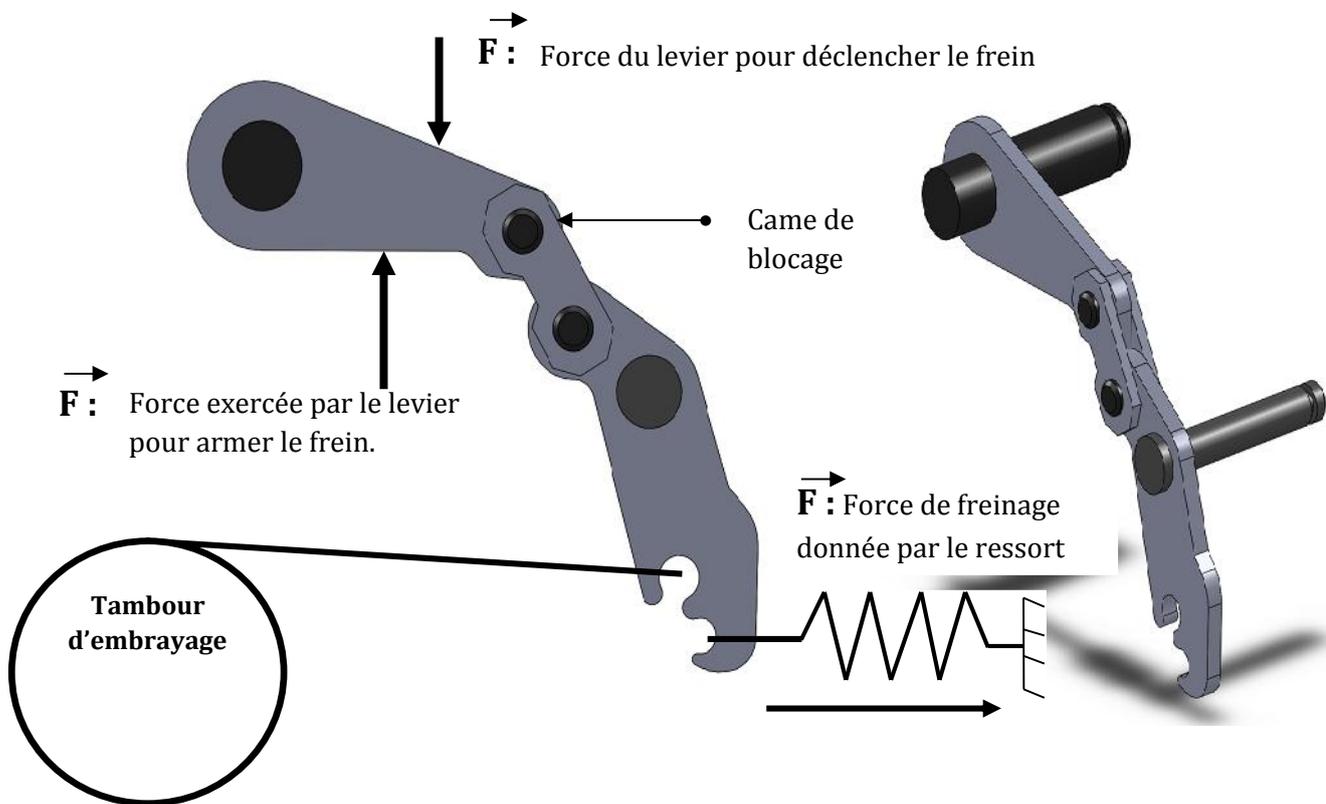


Figure II.65 : Modélisation du principe de fonctionnement du frein

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

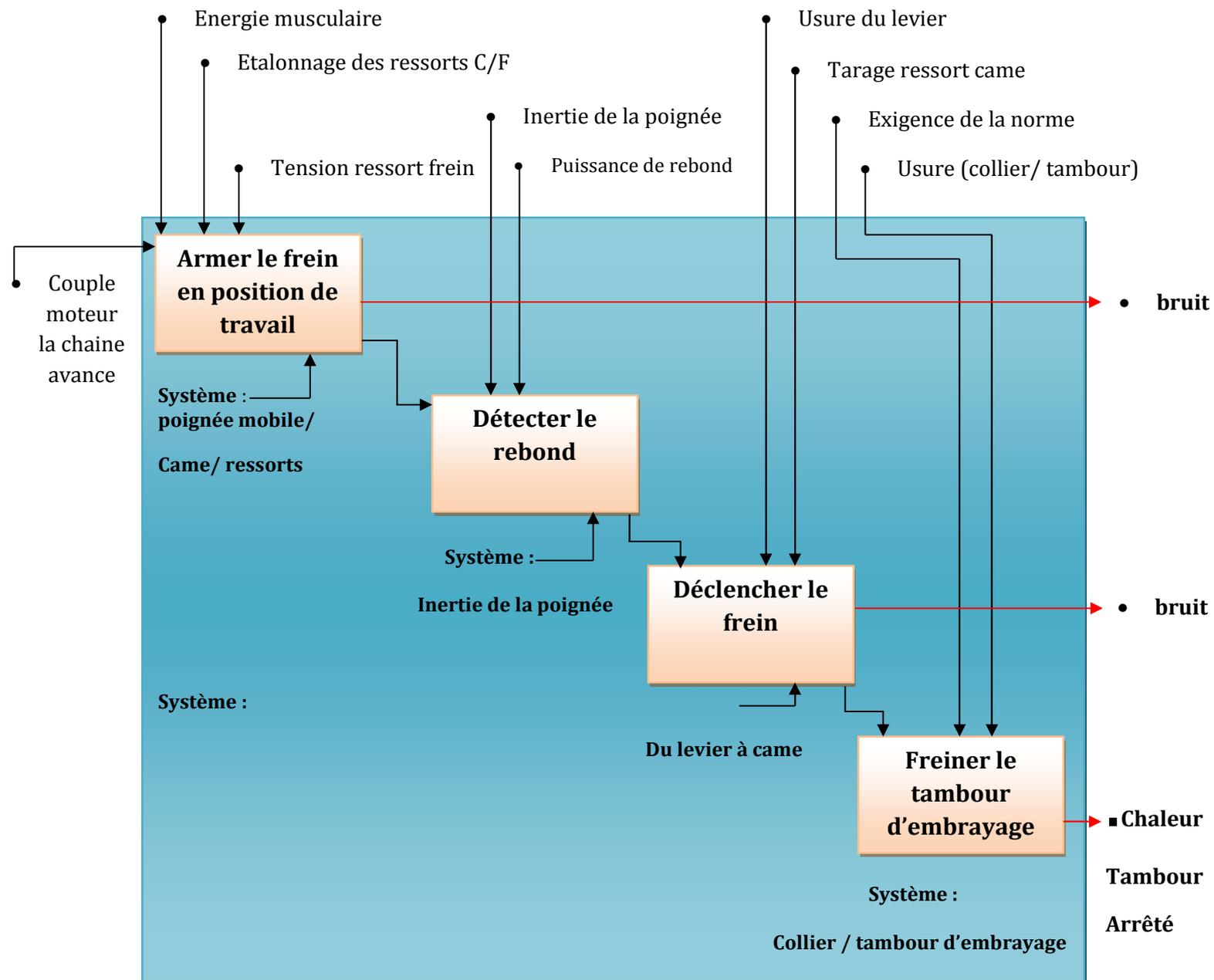


Figure II.66: Diagramme SADT du système de freinage utilisé par (STIHL et HUSQVARNA)

Depuis début 1983, (**puisNORMEEN608**) dans un souci de sécurité maximum, la loi impose au système de la tronçonneuse à bois d'avoir un sous-système d'arrêt de la chaîne en moins d'un  $10^{\text{ème}}$  de seconde. (**La vitesse moyenne d'avancement de la chaîne est généralement située aux environs de 20m/s**) Cet arrêt de la chaîne doit survenir suite à une **force ou réaction intempestive** qui risque de faire échapper la maîtrise de l'engin à son opérateur. Depuis son obligation par la loi, la plupart des fabricants ont rendu ce système automatique.

### II.37.1.1.2. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement est donc naturellement basé sur l'utilisation de cette force intempestive en **force de réaction/déclenchement** du système de freinage. L'observation des différentes pièces du système est importante pour expliquer son fonctionnement. La poignée de protection et de frein devient le déclencheur du système. Cette poignée s'articule sur son axe (**axe de la poignée**), elle a une liberté de rotation vers l'arrière de quelques degrés. Lors de l'utilisation anormale de la tronçonneuse (**volontairement ou involontairement**) d'un choc (tel que le rebond), la poignée(**1**) est projetée par une force de réaction vers l'arrière, ce qui engendre instantanément **une force de réaction (R)** de la poignée vers l'avant. Cette poignée agit comme un bras de levier. Cette réaction déclenche la came(**7**) et l'ensemble du système de frein, où on peut répertorier trois leviers sous bras de leviers supplémentaires (**7, 2,3**). Cette dernière réaction est due à l'action d'un puissant ressort(**5**). La figure ci-dessous montre le système de freinage utilisé par les fabricants : **HUSQVARNA** et **STHIL** dans leurs modèles de tronçonneuses.

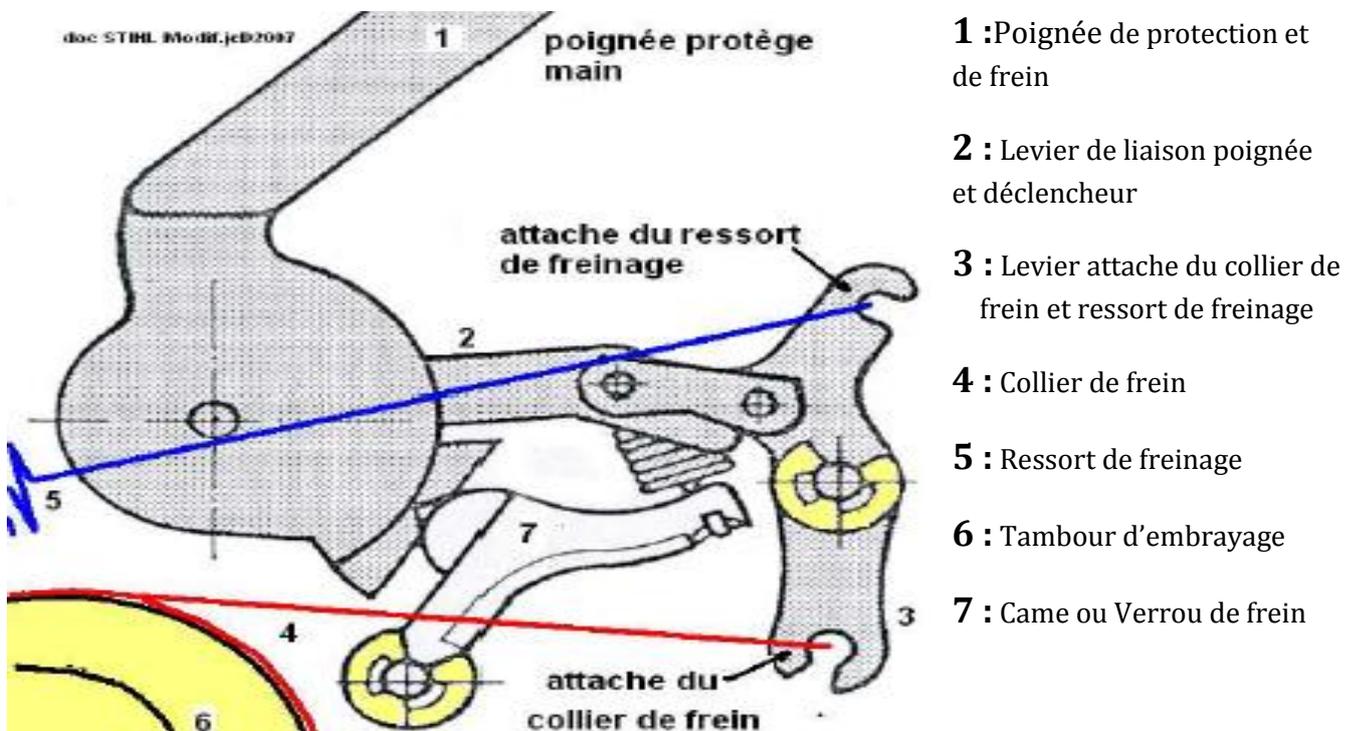


Figure II.67: Modélisation 2D sur le principe de fonctionnement

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

déplacement :  $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$  ou « énergie cinétique est égale à un demi de la masse multipliée par le carré de la vitesse ». On note qu'à ce jour certains constructeurs comme **STIHL** et **HUSQVARNA** ont installé deux freins de chaîne plus ou moins automatiques sur quelques modèles.

**STIHL** avec la **036QS** double frein sur la poignée **AR** (sécurité/accélérateur).

**HUSQVARNA** avec le «trio break» double frein au-dessus de la poignée arrière

### II.37. 1.1.3. Représentation géométrique des leviers

L'équilibre des moments de forces

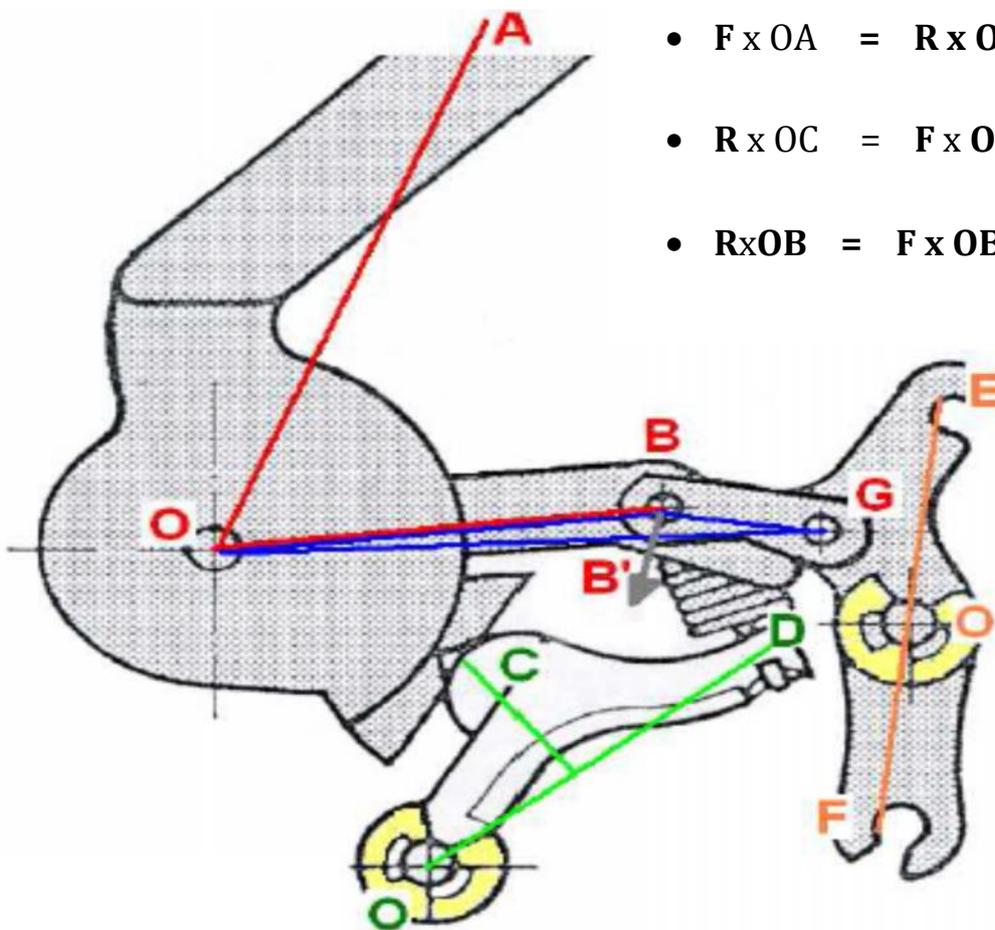


Figure II.68: Présentation géométrique des leviers du système frein

### II.37.1.1.4. Rôle des Leviers et du levier à came

Chaque levier agit pour augmenter une force capable de bloquer la chaîne en moins de **1/10ème** de seconde, l'ensemble est en « équilibre » sur une came, ainsi le système permet au frein de chaîne d'être soit :

- en position déclenchée donc actif.
- en position débloquée donc inactif.

A partir de la position inactive ou de repos, le frein peut être déclenché soit manuellement par appui de la main sur la poignée, soit automatiquement par inertie de la poignée elle-même.

### II.37.1.1.5. Caractéristiques des leviers

Ce système est composé d'un ensemble de leviers que l'on peut identifier ainsi :

**AOB** : *est un levier du premier genre*, il capte l'énergie de déclenchement, il fait gagner en force, mais son déplacement est court.

**EOF** : *est un levier du premier genre*, presque symétrique, il transmet directement l'énergie du ressort de freinage au collier de frein.

**OCD** : *est un levier du deuxième genre*, il tient le système en équilibre, il fait gagner en force, son déplacement est très court.

**OBG** : *est un levier du troisième genre*, il permet d'armer le frein, le tient dans cette position, c'est un levier intermittent. Ce type de levier fait perdre en force mais gagner en déplacement. [7].

#### Bilan de l'action des forces au niveau de ce système :

A la position débloquée le levier **AOB** est le capteur déclencheur d'un danger.

L'équilibre ou neutralité du système se fait sur le levier à came **OCD**. A la position débloquée on constate que le levier **OBG** forme un triangle dont l'angle **B** est situé au-dessus de la base **OG**.

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

---

A la position déclenchée on constate que le levier **OBG** est rompu sous la force du levier **AOB**, en effet le triangle alors formé à son sommet **B** sous la ligne **OG**. Cette position permet de libérer le levier **EOF**. Ce levier est relié par **E** au ressort de tension, le levier **EOF** bascule et tire instantanément le collier de frein par **F**.

### Remarque :

- Le ressort du levier à came n'est pas fixé à **B**, il a son propre point d'encrage. Les ressorts sont les « moteurs » du système.
- La pièce de liaison **BG** est un maillon intermédiaire de chaîne au pas **3/8ème**.
- La force maxi du ressort de frein est de **17 DaN**, l'efficacité du frein est renforcée par le fait que le collier enserre la cloche d'embrayage sur plus de **360°**.
- Cet ensemble de leviers permet dans un tout petit espace de déclencher manuellement ou automatiquement le frein comme cela est exigé dans **la Norme EN 608**. Il permet de vaincre la force d'inertie du tambour d'embrayage et de la chaîne en moins de **1/10ème** de seconde.

### II.37.2. Le bouton d'arrêt d'urgence

Le bouton d'arrêt d'urgence est un dispositif électrique fabriqué en matière plastique pour lui offrir une isolation électrique nécessaire dans le circuit qui le contient afin d'assurer à la fois la fonction d'un bouton d'arrêt d'urgence et un interrupteur pour assurer le contact lors du démarrage du moteur, généralement ces dispositifs sont fabriqués par d'autres sociétés spécialisées dans ce genre de produit.

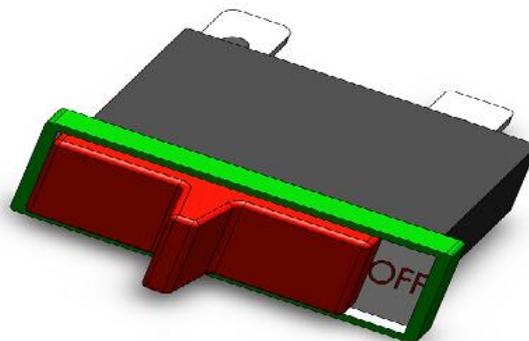


Figure II.69: Bouton d'arrêt d'urgence

II.37.3. Le système du lanceur à retour automatique

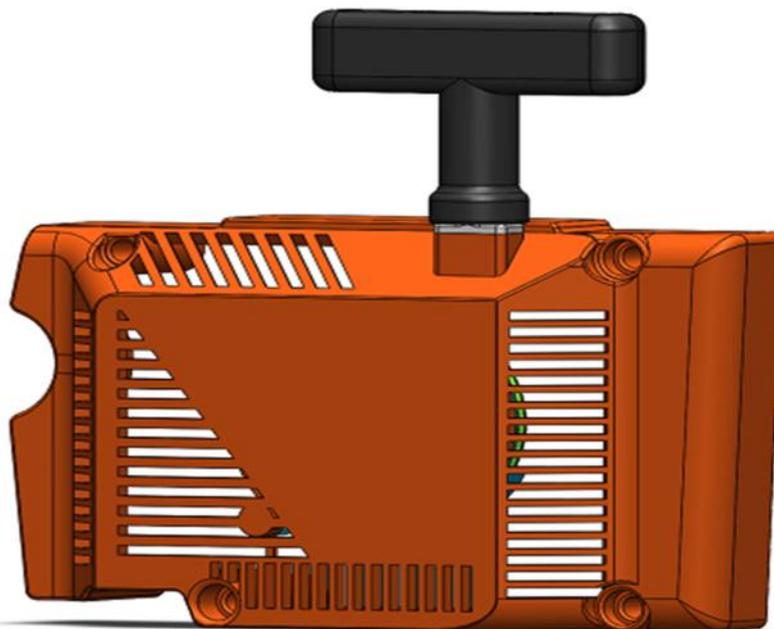
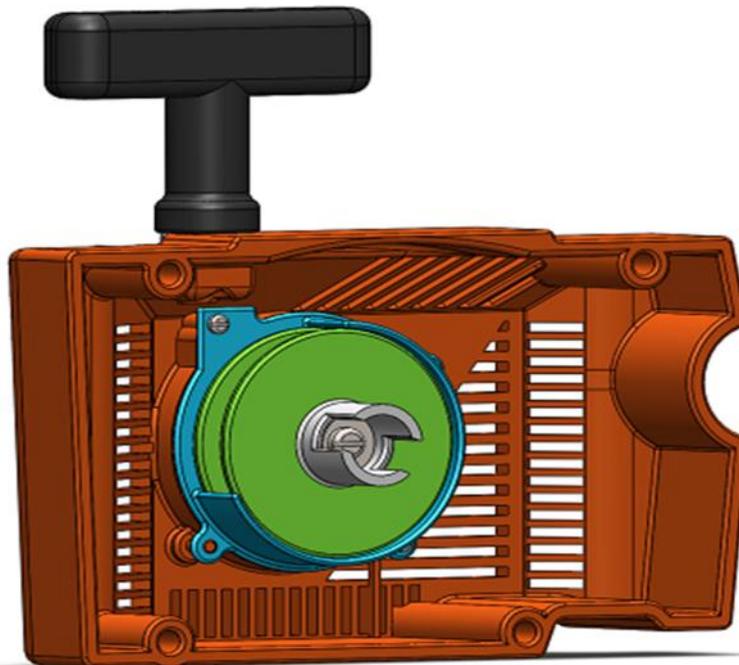


Figure II.70 : Lanceur à retour automatique

II.37.3.1. Etude du lanceur à retour automatique :

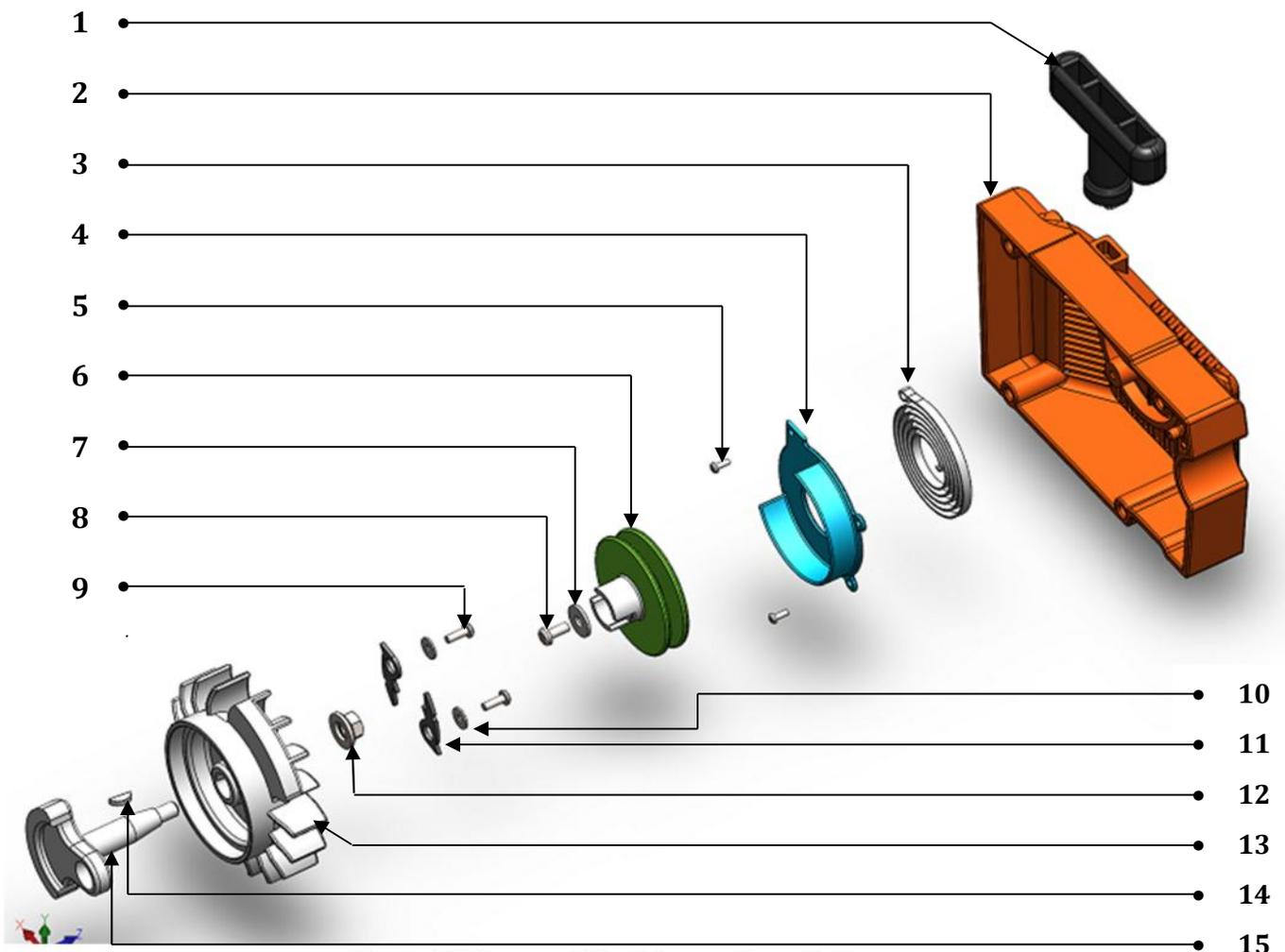


Figure II.71 : vue éclaté du système du lanceur  
 Tableau II.24.Eléments du lanceur à retour automatique

N :	Eléments
1	Poignée du lanceur
2	corps
3	Ressort spirale de rappelle
4	Corps de la poulie
5	Vis à tête fondue
6	poulie
7	Rondelle plate
8	Vis à tête fondue
9	Vis à tête fondue
10	Rondelle plate
11	Crochet de blocage
12	Ecrou hexagonale
13	Volo magnétique
14	Clavette disque
15	Arbre moteur

### II.37.3.2. Le principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du lanceur à retour automatique est le même principe de la masse accrochée à un fil et qui est tout de même roulé dans une poulie sauf que dans notre cas la force est donnée par l'utilisateur (énergie musculaire) et le retour est donné par un ressort spiral (**énergie potentielle « Epe »**) comme le décrit le schéma et la figure ci-dessus

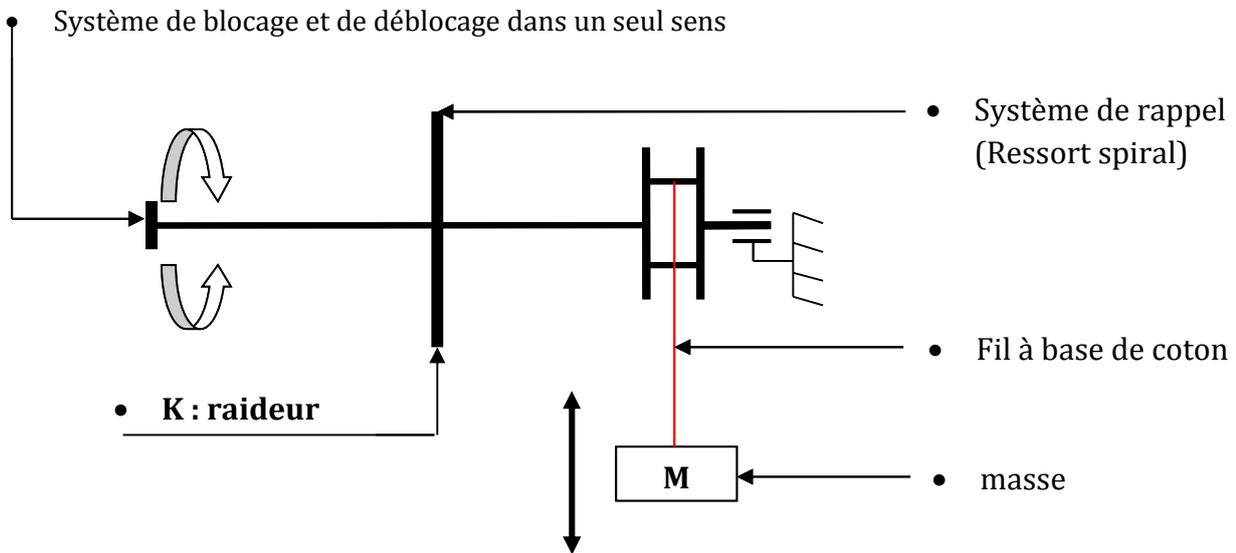


Figure II.71: Schéma équivalent du système du lanceur

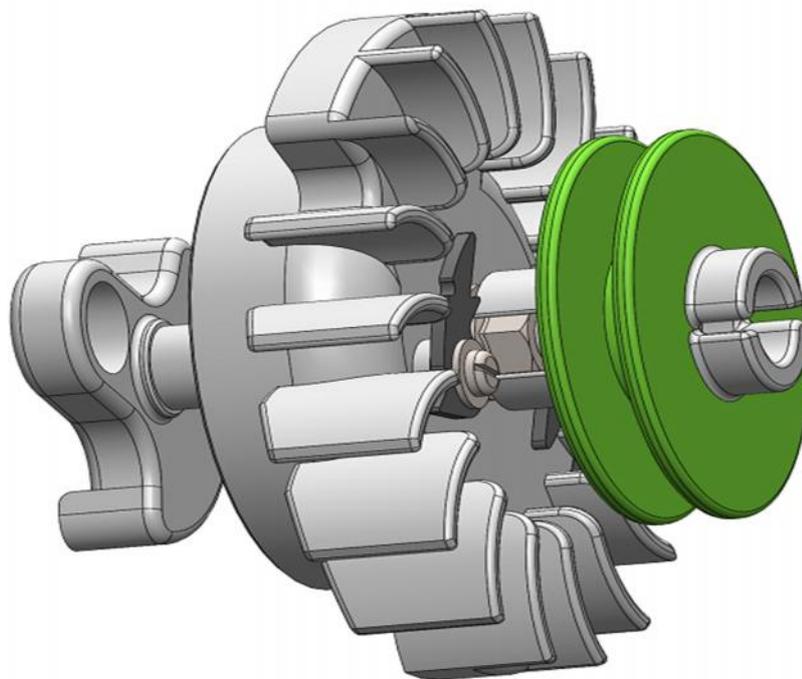


Figure II.72: Modélisation 3D de l'élément intervenant lors du démarrage du moteur

### II.37.4. Pompe à l'huile automatique

Le principe de fonctionnement de la pompe à huile automatique est le même de celui du piston du moteur mais avec des caractéristiques un peu différentes dont l'admission et le pompage de l'huile ne seront pas assurés que pendant la rotation du tambour d'embrayage et le déplacement de la chaîne. Le diagramme suivant explique son fonctionnement.

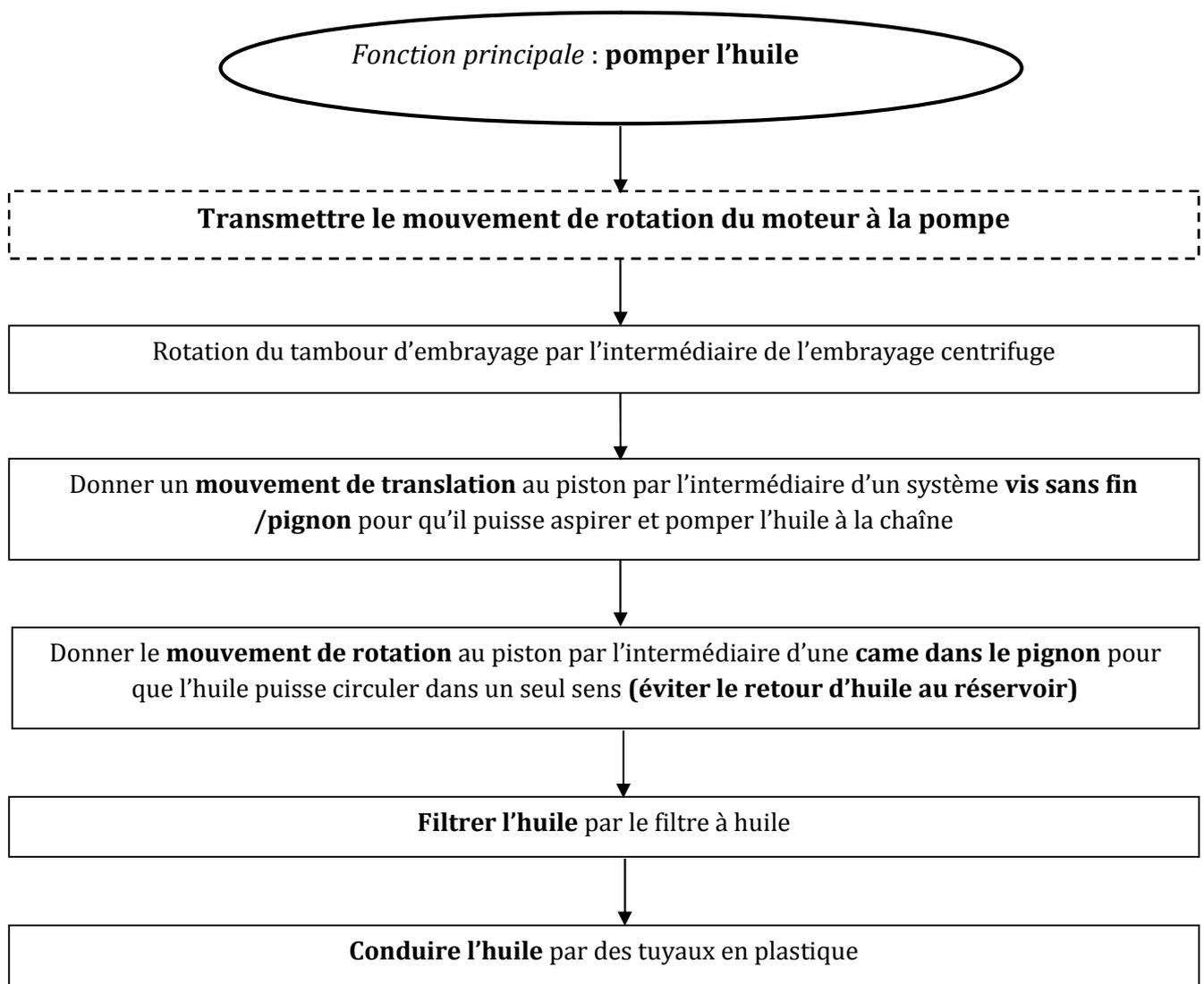


Figure II.73: Diagramme pour le principe de fonctionnement de la pompe

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

La modélisation 3D et la vue éclatée dans la figure ci-dessous de la pompe à huile automatique montre le principe de fonctionnement de cette dernière et explique le rôle de chaque élément intervenant lors du pompage de l'huile du réservoir à la chaîne.

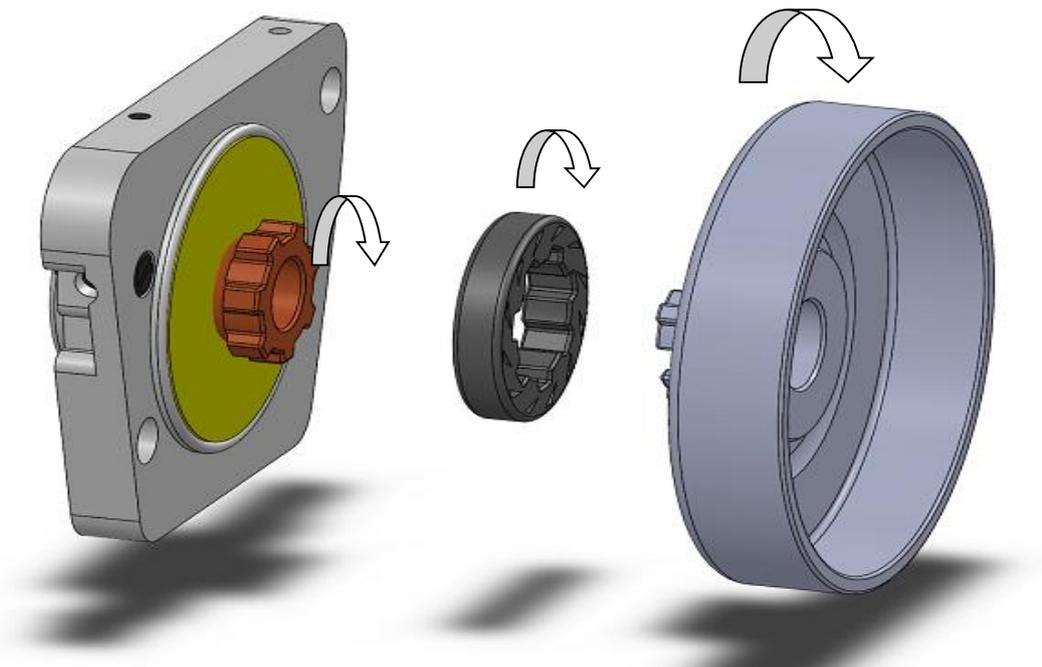


Figure II.74: transmission du mouvement du moteur à la pompe

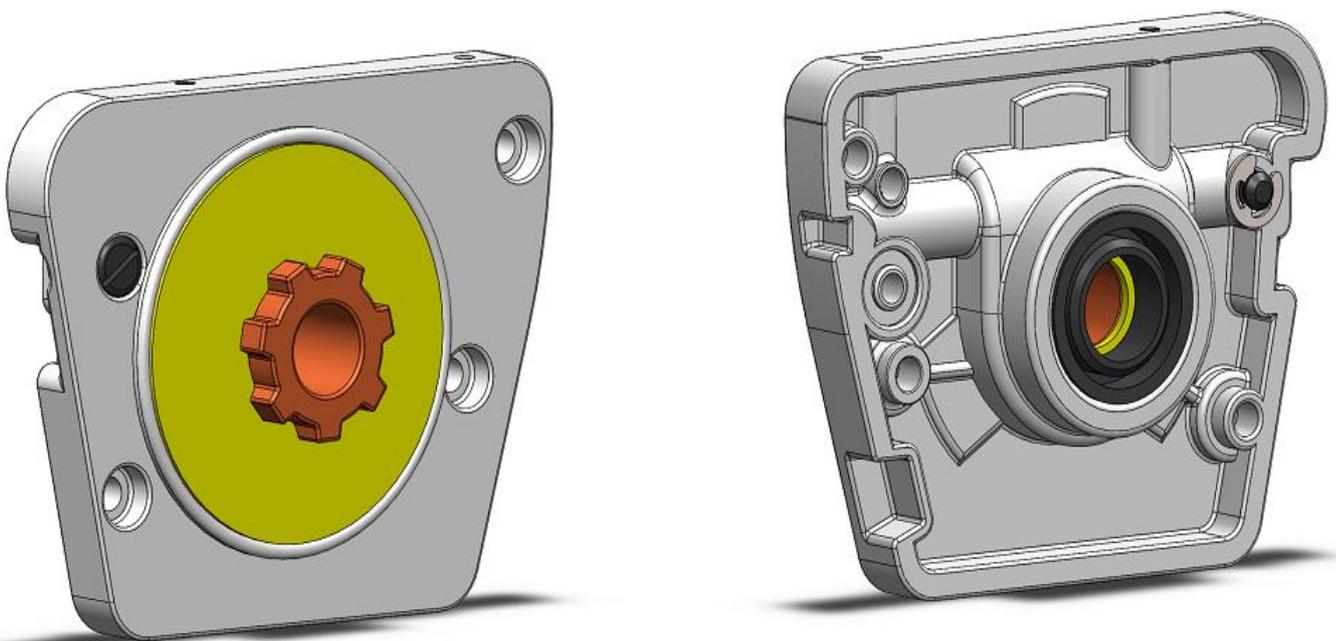


Figure II.75: Pompe à huile automatique dans ses deux vues avant et arrière

II.37.4.1. Etude de la pompe à huile automatique

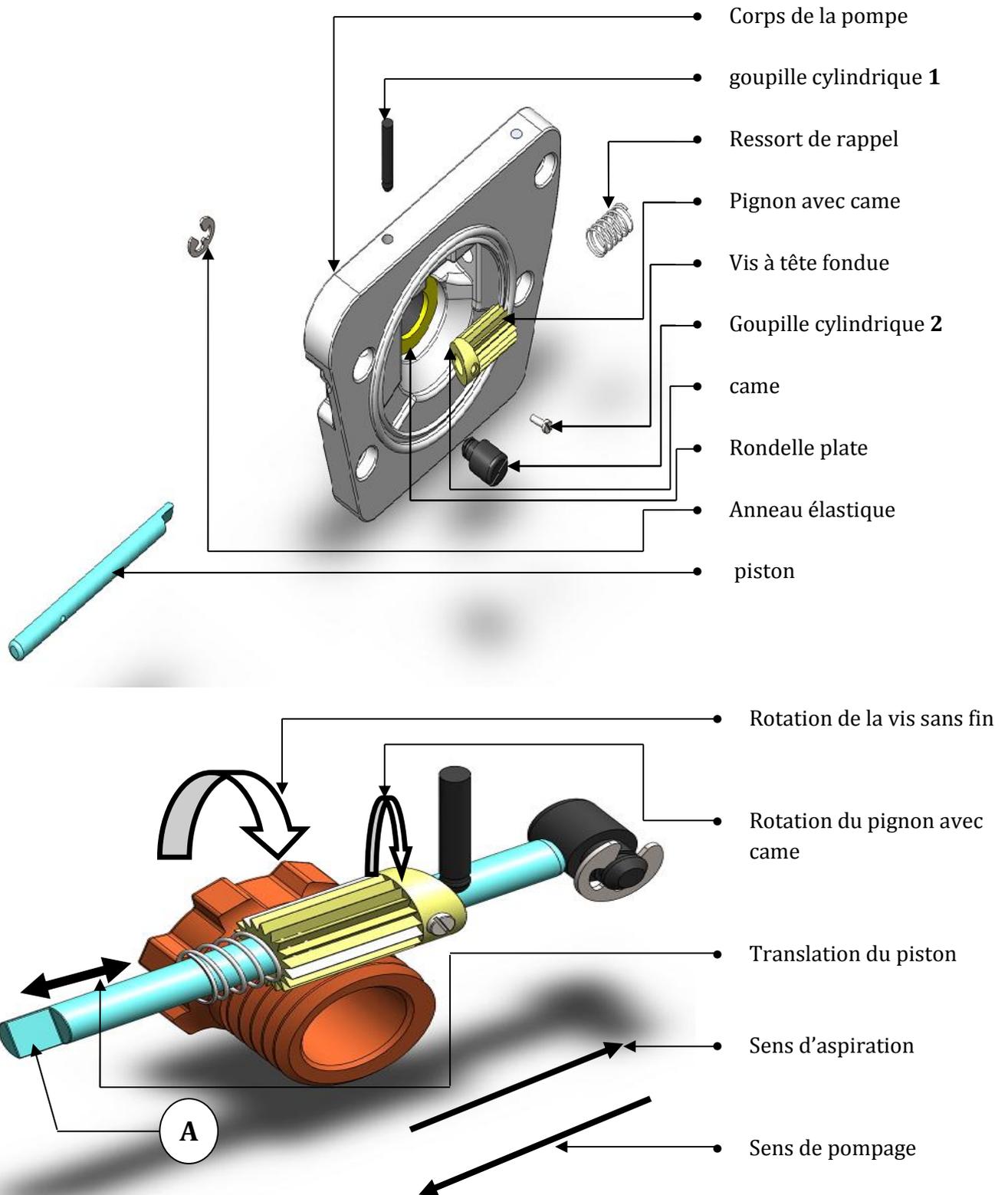


Figure II.76: Eléments de la pompe à huile automatique

## CHAPITRE II : Etude de la conception de la tronçonneuse à bois

La force d'aspiration de l'huile est donnée par le ressort, la rotation du tambour d'embrayage entraîne le pignon avec came, ce qui assure une transmission par système vis sans fin. Une fois le pignon est en rotation, va se mettre automatiquement à translater par l'intermédiaire de la came du pignon et la goupille cylindrique<sup>1</sup>. Le mouvement de translation du piston est limité par la goupille cylindrique<sup>2</sup> fixée par un anneau élastique, le pignon lui-même est fixé par une vis à tête fondue au piston donc tous les mouvements du pignon sont ceux du piston, le sens de déplacement de l'huile est assuré par le piston, plus exactement la partie du piston nommée **(A)** dans la figure précédente. La figure ci-dessus montre le circuit et le sens de déplacement de l'huile

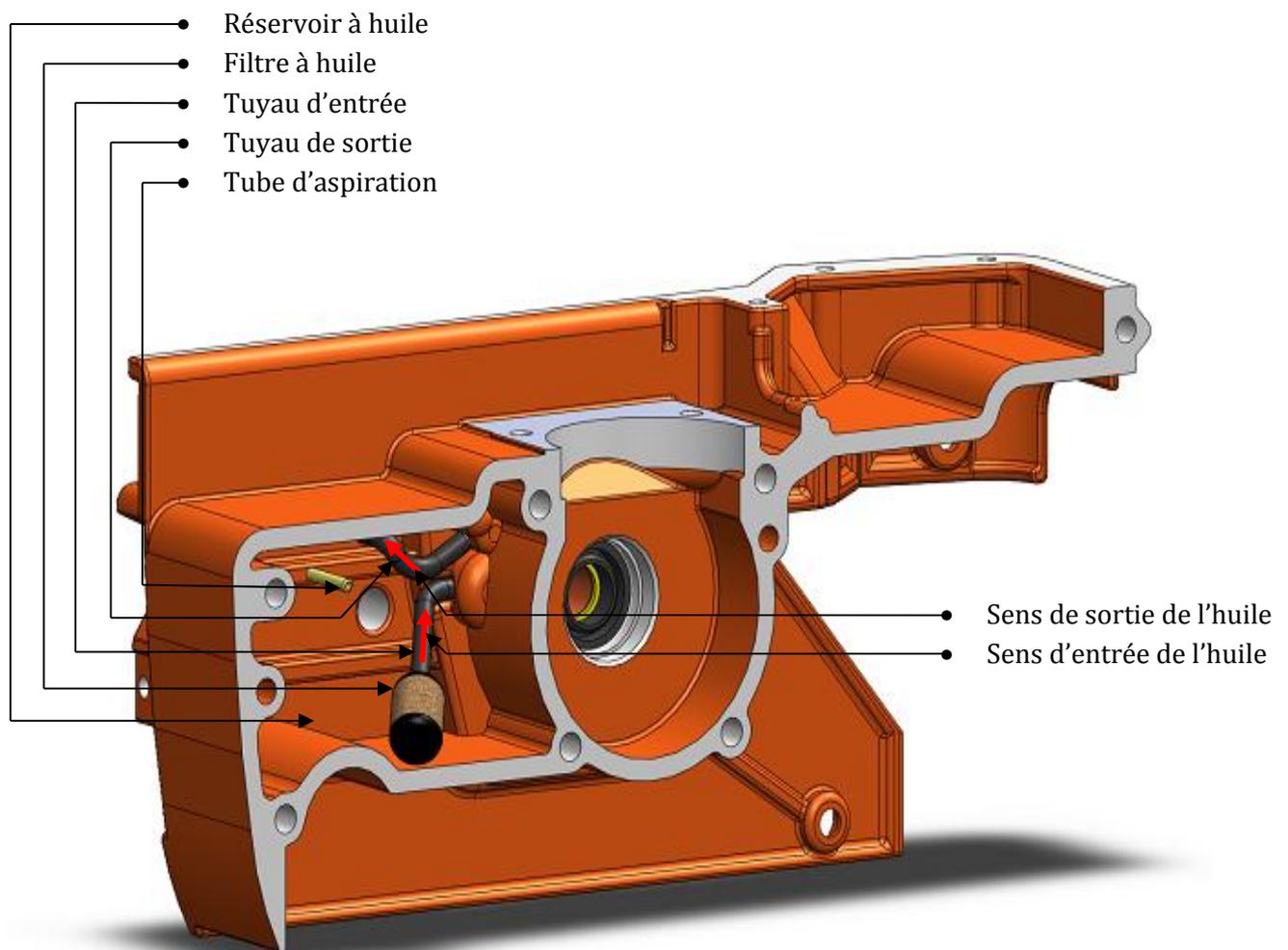


Figure II.77: Aspiration dans le réservoir à huile

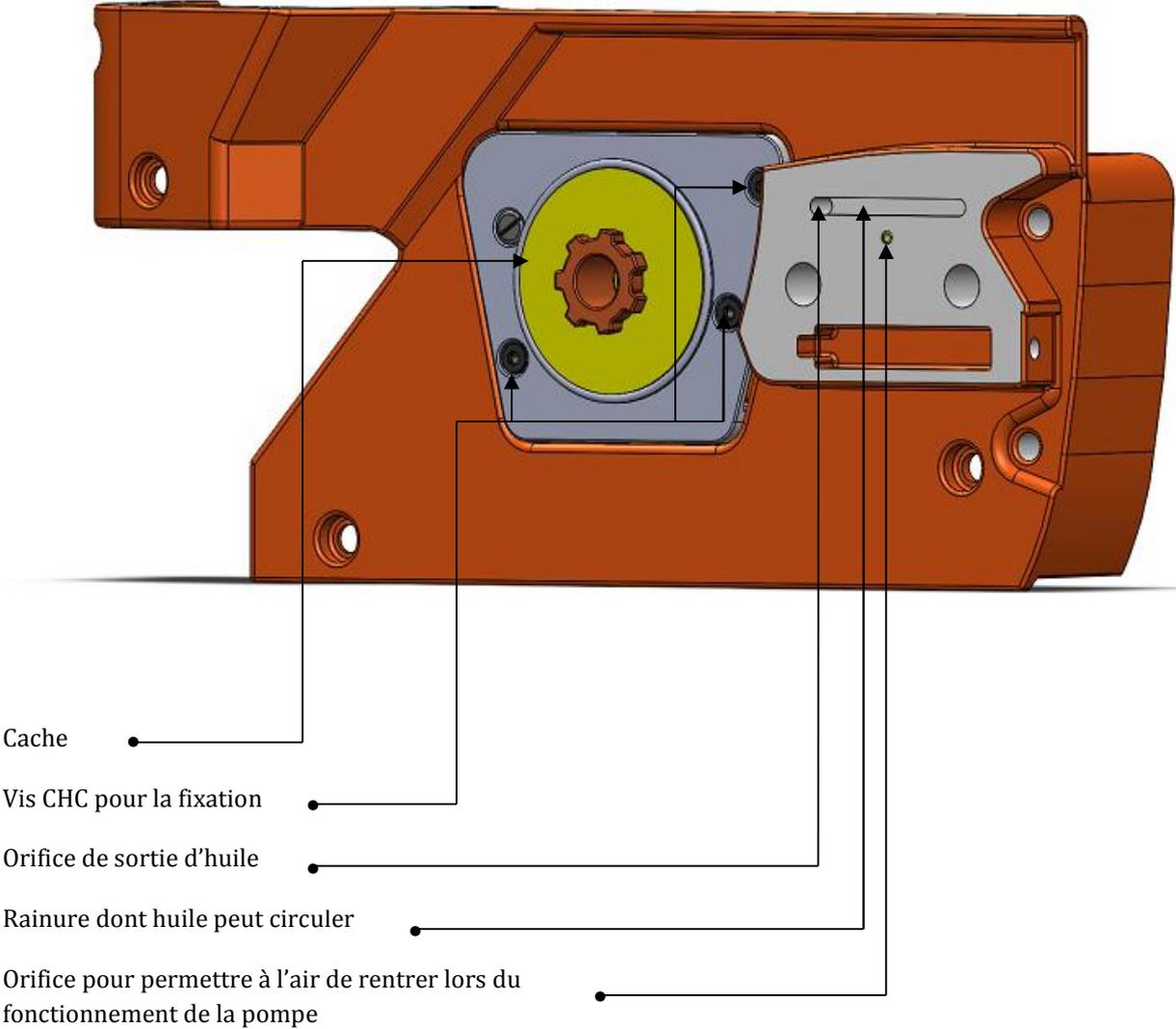


Figure II.78 : Sortie de l'huile

### II.38. Le cache de protection

Il joue un rôle important sur la sécurité de l'utilisateur face aux éléments du moteur qui présentent des températures qui peuvent causer des brûlures mais aussi assurer une isolation des éléments face aux poussières et copeaux projetés lors de la coupe et assure une étanchéité pour éviter la perte de débit du flux d'air créé par le système de refroidissement pour que le refroidissement soit efficace. La figure ci-dessous montre sa modélisation 3D.

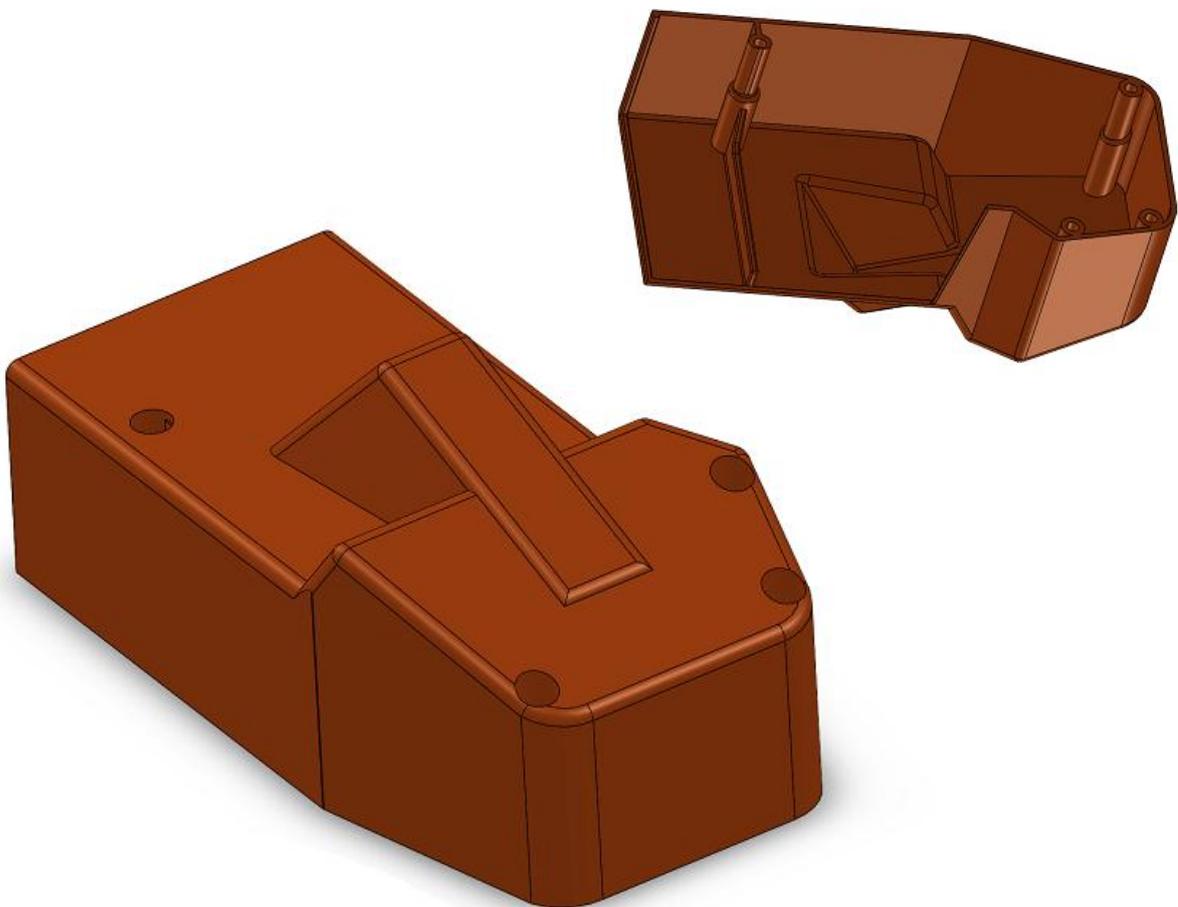


Figure II.79: Cache de protection

### II.39. Assemblage final

Après avoir défini l'ensemble des éléments qui constituent tous les sous-systèmes de notre tronçonneuse et après avoir assemblé tous ces derniers, la figure ci-dessous montre l'assemblage final de la machine.

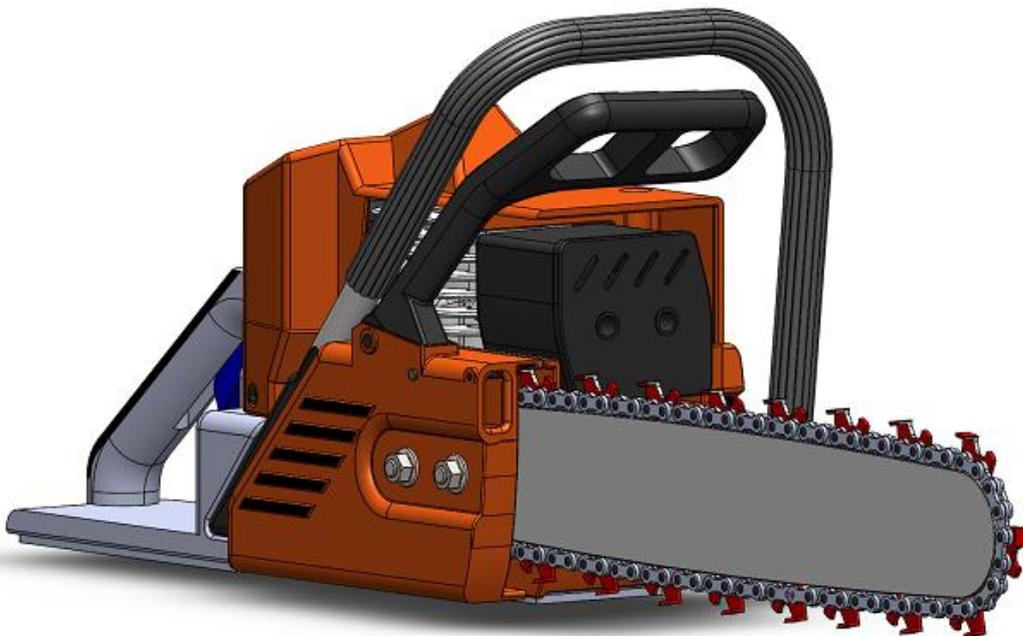
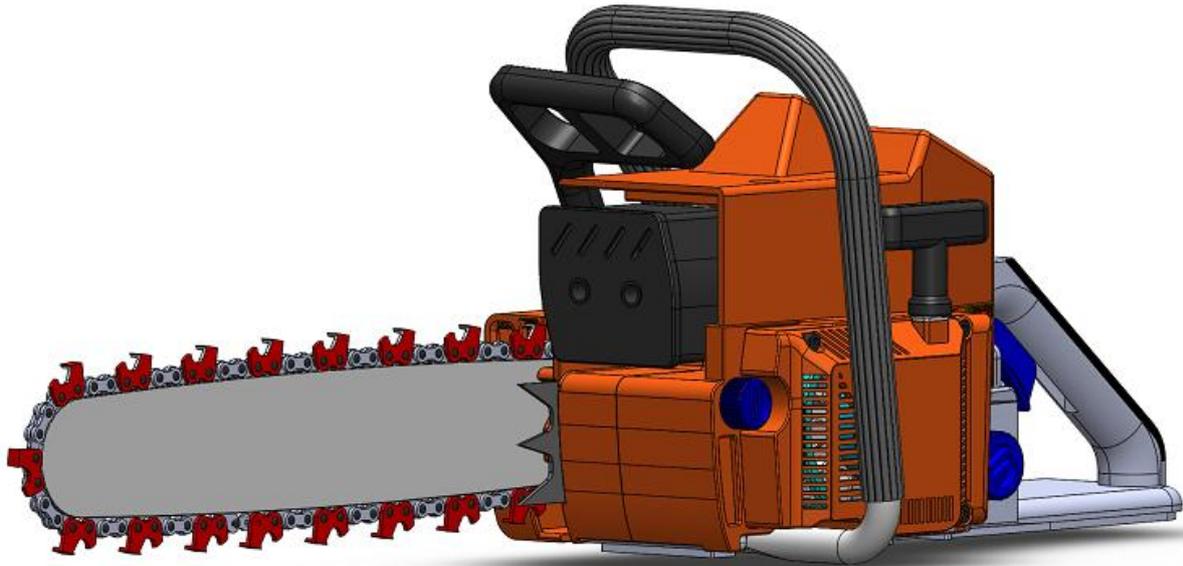


Figure II.80: Assemblage finale de la tronçonneuse

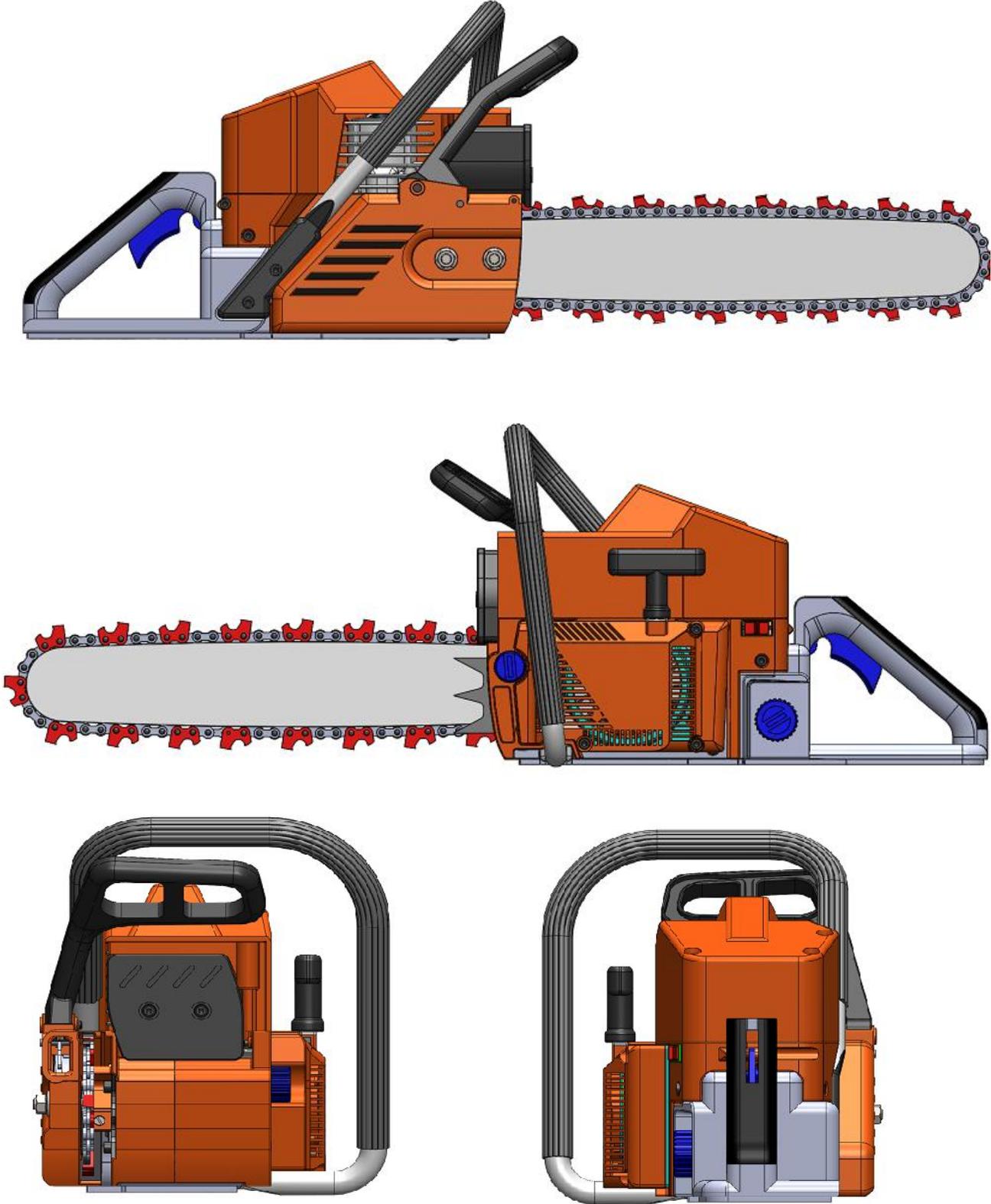


Figure II.81: les différentes vues de notre système

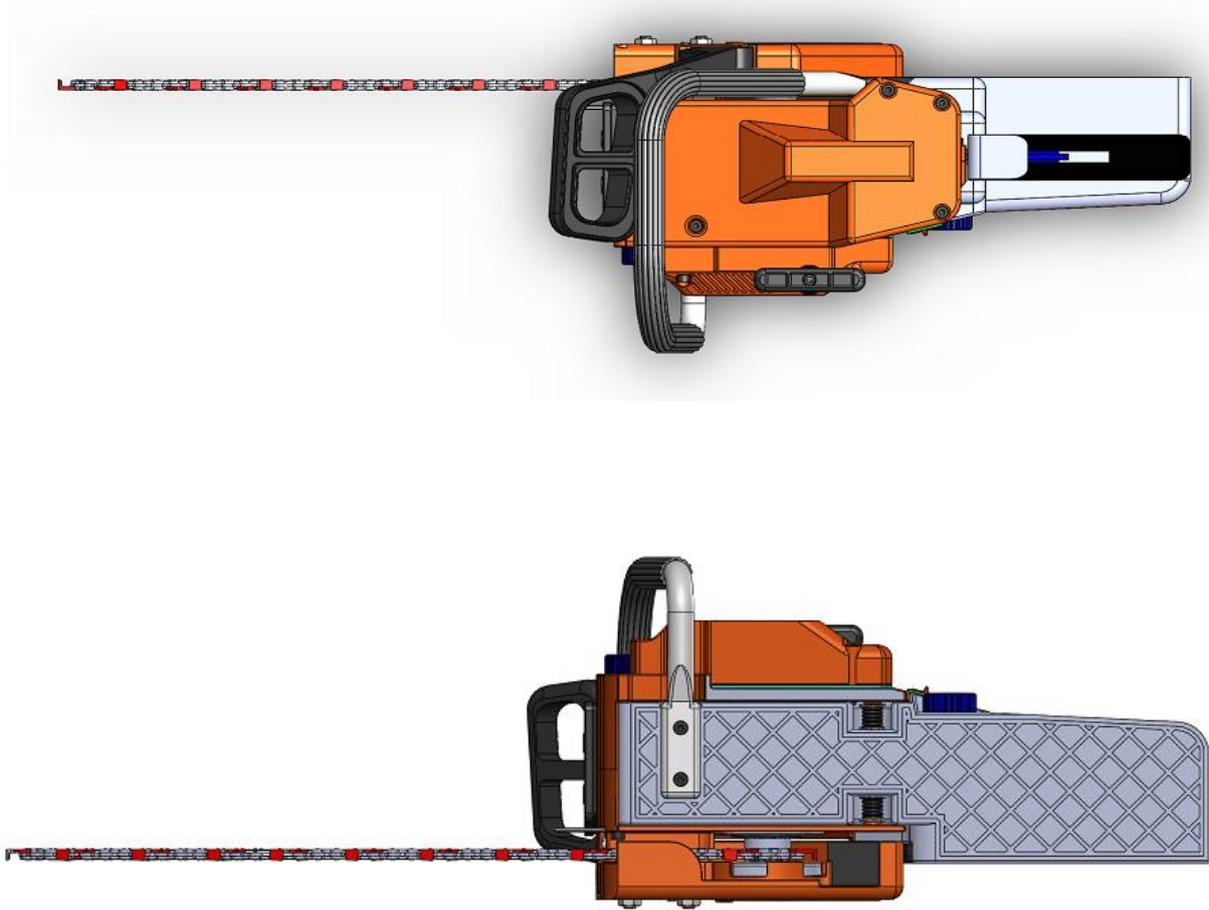


Figure II.82: Vues de dessus et de dessous de notre système

### II.40. Conclusion

Lors de l'analyse de notre système il était important de connaître le besoin, les éléments du milieu extérieur intervenant, le cycle de vie du produit et de connaître les fonctions de contrainte et de service de notre produit qui nous ont conduit vers les fonctions techniques puis les solutions constructives et enfin la modélisation 3D par le logiciel de conception assistée par ordinateur CAO **Solide Works 2013** des différents sous-systèmes de notre produit.

### **Conclusion générale**

La conclusion que J'ai tiré d'après mon expérience qui découle de mon projet de fin d'études est que : avant l'existence d'un produit quelconque qui peut être un produit industriel, un programme informatique, un service à la personne ou un service financier doit impérativement passer par des étapes très importantes, qui consistent en l'étude de sa conception, son élaboration, ou bien sa fabrication, et enfin sa commercialisation. Mais ce n'est pas la fin, car ce produit doit être suivi pendant son utilisation afin de déterminer ces points faibles pour pouvoir les améliorer, ce qui donne un nouveau produit plus efficace et plus rentable. En ce qui concerne l'étude d'un produit quelconque, elle ne s'arrête pas à celle de la résistance des matériaux qui le compose mais aussi à celle du marché pour garantir sa commercialisation et celle des anomalies qui peuvent nuire à son fonctionnement ou porter atteinte à la réputation de la marque. L'étude doit être partagée en différentes spécialités. Il est toujours conseillé de travailler en des groupes pour le partage des idées ce qui influe positivement sur la forme finale du produit et sa rentabilité ainsi que son efficacité. La conception assistée par ordinateur des pièces doit obier à des normes spécifiées dans des ouvrages de références tels que les guides du dessin industriel. Il est important aussi de connaître le procédé d'élaboration et de mise en forme de la pièce à dessiner et prendre en considération toutes les contraintes qui peuvent se poser lors de la mise en forme soit par usinage, ou par d'autres procédés.

Le travail accompli nous a permis de concevoir en CAO une tronçonneuse à bois selon plusieurs modèles (HUSQVARNA 268 comme modèle de base, STIHL, CROWN, OLIO MAC.). La conception obtenue est le fruit d'un travail d'analyse selon une démarche normalisée : Analyse de la valeur : analyse du besoin, analyse fonctionnelle du besoin, analyse fonctionnelle technique et enfin la modélisation.

Le résultat n'est certes pas prêt à la réalisation mais assez développé pour entreprendre les calculs de construction mécanique.

### ❖ **Références bibliographique :**

[1] **Maurice CHALAYER**, Histoire du sciage, conférence : Les outils de la première transformation du bois.

[2] <http://www.motoculture-jardin.com/tronconneuse.php>, petite histoire des matérielles, Débuts de la motoculture.

## ❖ Références bibliographique :

- [3] Site officiel ; [http// www-methode-apte.com](http://www-methode-apte.com)
- [4] **REMI BACHLET**, à partir : document de, VALERIE Capron ; 01/09/2008
- [5] **PTAILLARD** ; Analyse fonctionnelle ; Guide pour le professeur ; 07/02/2010
- [6] **A. CHEVALIER** et **J.LECRINIER** ; Guide du dessinateur industriel ; 2003
- [7] **JEAN CLAUDE** ; Bilan de fonctionnement du frein de chaine ; 24/11/2009