

Conception, réalisation et mise en place d'un moulin à canne à sucre en Haïti

Ing. L. FOSSION
Ing. R. LOOZEN
Ir C. CHARLIER
GRAMME - Liège

La canne à sucre est une ressource naturelle présente en abondance dans tout le territoire Haïtien. Bien qu'étant l'un des leaders mondiaux de la production sucrière il y a deux cents ans, Haïti importe aujourd'hui, la quasi-totalité du sucre fin consommé par ses habitants. En cause, l'absence d'équipement adéquat permettant de transformer la canne de façon rentable pour les paysans. Le but de ce projet est de concevoir une machine répondant le mieux possible aux conditions locales de travail. La conclusion de ce travail montre qu'il est possible de faire vivre dignement les paysans haïtiens et ce grâce à une mécanisation légère ainsi qu'une formation adéquate.

Mots clés: construction de machines, agriculture, canne à sucre, développement, coopération, tiers monde, ONG

Sugar cane is an abundant natural resource on the whole Haitian territory. Although it was one of the largest sugar producer in the world about two hundred years ago, Haiti is now importing almost all the sugar they need. The main reason for this is the lack of appropriate material in order to turn the sugar cane refining into a profitable activity. The aim of the project is to provide the Haitian farmers a machine responding to their needs. The conclusion of this project shows that it is possible for Haitian farmers to live decently thanks to a light mechanization and an adequate training.

Key words: machine building, agriculture, sugar cane, development, cooperation, third world, NGO

1. Introduction

1.1. Présentation de l'entreprise CODEART

CODEART est une ASBL basée à Hombourg en Belgique, active dans le développement des pays du Sud, notamment, au Congo, en Haïti, au Togo et au Bénin. Son crédo est : « Des machines pour nourrir des hommes ». Dans cette optique, elle tente de mettre en place, dans les zones où elle est active, une activité économique locale et respectueuse des petits producteurs, à l'aide d'une mécanisation légère. L'aide ne se limite pas uniquement au domaine technique, la mise en place et l'accompagnement organisationnel de la gestion locale sont aussi assurés par leur équipe. Le désir profond de CODEART est de former les locaux afin que ceux-ci puissent à terme, devenir autonomes.

1.2. Bref historique de Haïti et de son peuplement

La zone géographique que l'on appelle aujourd'hui Haïti couvre le tiers ouest d'une des principales îles des Caraïbes. Durant plus de 5000 ans, elle a été peuplée par diverses tribus indiennes. Le débarquement de Colomb en 1492, non loin de là sur l'île de la Tortue (au nord), apporte les prémices d'un bouleversement ethnique imminent sur l'île qu'il baptise à l'époque Hispaniola. En effet, il ne faudra pas plus de cent ans aux conquistadors espagnols pour éradiquer les tribus indigènes de la région. Un siècle plus tard, alors que la flotte espagnole est défaite, les Caraïbes se retrouvent occupées par l'Angleterre, la France, la Hollande et l'Espagne. En 1697, un traité de paix est signé et Hispaniola est scindée en deux, Haïti, à l'ouest, est française tandis que Santo Domingo à l'est est espagnole.



Figure 1 : Carte récente de Haïti

Le peuplement actuel d'Haïti est la conséquence de l'introduction en 1506 de la canne à sucre par les Espagnols. En effet, la culture de la canne à sucre, qui fera d'Haïti la colonie française la plus riche d'Amérique au XVIII^e siècle, demande une grande quantité de main d'œuvre. Celle-ci sera constituée essentiellement d'esclaves issus de la traite négrière. À la veille de la révolution, on comptait une quinzaine d'esclaves pour un seul homme libre sur l'île. Alors que la révolution prend fin en 1804, la population d'esclaves affranchie, s'approprie les terres et pose les bases de la petite propriété paysanne que nous connaissons aujourd'hui.

1.3. La filière du sucre en Haïti en quelques mots

Le but d'un moulin à canne à sucre est de compresser la canne afin d'en extraire un jus riche en sucres. Le jus ainsi obtenu est chauffé afin d'évaporer une partie de l'eau qu'il contient. Ce procédé transforme le jus en une pâte sucrée, appelée rapadou (voir figure 2) en Haïti. Comme le montre sa couleur, ce sucre n'est pas pur à l'instar de celui que l'on peut trouver dans les productions industrialisées. En plus du saccharose habituel, il contient une grande quantité de minéraux¹ et de vitamines², ce qui en fait une source non négligeable d'éléments nutritifs au sein d'une population qui souffre de déficits alimentaires.



Figure 2 : Galette de rapadou

L'unité utilisée pour parler de la concentration en sucre d'un produit est le degré Brix. Un degré Brix correspond à une concentration d'un pourcent en masse de sucre dans une solution. Dans le cas qui nous concerne, le jus passe d'un degré Brix d'environ 17 à 90, en évaporant environ 90% de l'eau qu'il contient. Le degré Brix est facilement mesurable grâce à un réfractomètre mesurant la déviation de la

¹ Potassium, magnésium, phosphore, calcium, sodium, fer, Manganèse, zinc, fluor, cuivre.

² Provitamine A, Vitamines (A, B1, B2, B5, B6, C, D2, E, PP) [6].

lumière passant au travers d'un échantillon de jus. Plus la lumière sera déviée et plus la concentration en sucre sera élevée.

1.4. Principe de fonctionnement d'un moulin à canne à sucre

Le fonctionnement d'un moulin à canne (voir figure 3) repose sur la combinaison de trois « roles » positionnés en triangle. Les roles sont des cylindres en bois, la plupart du temps, mais aussi parfois en fonte ou en acier, ils forment le cœur du moulin.

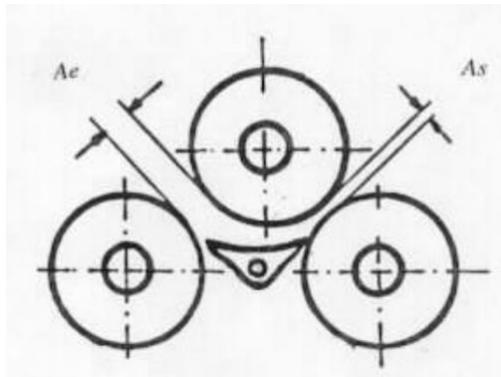


Figure 3 : Principe de fonctionnement d'un moulin à canne

La canne entre dans le moulin et passe d'abord entre le cylindre supérieur et le premier cylindre, appelé aussi « receveur », où elle subit un premier écrasement. Ensuite elle passe entre le role supérieur et le second role, ou « repasseur » et subit un second écrasement. La canne ne va pas spontanément d'une paire de roles à l'autre, pour y arriver, elle est déviée par une pièce arrondie appelée « bagassière », qui tire son nom du résidu de la canne broyée, nommé « bagasse ».

Le moulin doit de plus permettre le réglage de l'espace entre les roles. On voit sur le schéma de la figure 3 que A_e est plus grand que A_s . A_e vaut entre 11 et 15 mm selon le diamètre de la canne, tandis que A_s est compris entre 0.4 et 1 mm [6].

1.5. Problématique des moulins utilisés en Haïti

Les moulins en bois (voir figure 4) affichent un rendement très faible, d'autant plus que la raréfaction de bois dur sur l'île rend leur réalisation de plus en plus compliquée. Cette technologie datant de plusieurs siècles, nous ramène à l'époque des colonies et de l'esclavagisme. Bien qu'elle permette une survie de l'activité sucrière paysanne, elle est à ce jour totalement dépassée, car peu efficace et peu rentable.



Figure 4 : Moulin en bois à traction animale

Le moulin à traction animale en acier le plus courant sur l'île (voir figure 5) est de conception colombienne. Un exemple est le modèle El Panelero qui présente deux inconvénients majeurs.

Premièrement, ce modèle fonctionne avec des cylindres verticaux, le jus va donc percoler le long des cylindres jusqu'à atteindre les paliers inférieurs, ce qui entraîne une pollution du jus de canne par les graisses de lubrification de ces derniers. Pour résoudre ce problème, les Haïtiens ne lubrifient pas leur machine, cela conduit à une dégradation prématurée des paliers.

Deuxièmement, il est quasi impossible de trouver des pièces de rechange pour ces moulins, la moindre panne entraîne donc un arrêt prolongé de la production de jus.



Figure 5 : Moulin en fonte à traction animale

1.6. Cahier des charges

Le but de ce travail est dans un premier temps, de concevoir, réaliser et, si possible, de tester sur place un moulin à canne à sucre qui pourrait à terme remplacer le moulin traditionnel à traction animale, qu'il soit en bois ou en métal. Les principales contraintes auxquels nous sommes soumis sont les suivantes. Le moulin doit :

- être nettement plus productif, rentable et efficace, que les systèmes mis en place actuellement,
- être le moins cher possible afin d'être à la portée des transformateurs haïtiens. C'est-à-dire amortissable dans un délai raisonnable (3 ans),
- être le plus solide possible afin de résister aux conditions d'utilisations locales souvent rudes,
- être simple, pour que les artisans locaux soient en mesure de se dépanner eux-mêmes,
- être conçu afin de pouvoir réaliser un maximum de pièces dans un atelier haïtien,
- être simple d'emploi.

1.7. Etude préliminaire

Pour démarrer le projet, nous décidons de nous inspirer d'un moulin, entièrement en fonte (voir figure 6). Ce moulin, fabriqué par la firme brésilienne CORRADI, utilisait des cylindres horizontaux, ce qui le rendait très intéressant à nos yeux.



Figure 6 : Moulin CORRADI

Après deux mois d'analyse, de recherche et de conception, nous obtenons un premier résultat comme le montre la figure 7.

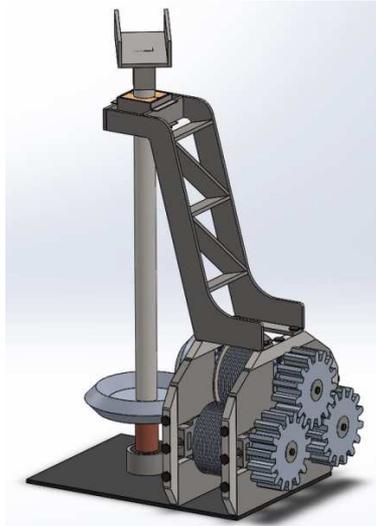


Figure 7 : Première esquisse

Son fonctionnement peut être décrit comme suit :

- le mouvement de rotation arrive sur le plateau supérieur, par une flèche en bois reliée à l'animal. On observe juste en dessous du plateau, la présence d'un palier spécial, il s'agit en fait d'un concept de palier en bois dur que nous avons envisagé dans un premier temps, car il aurait pu être fabriqué localement. Hélas le manque de temps afin de réaliser des tests, nous a contraints à nous tourner vers des paliers industriels.
- le mouvement passe ensuite au renvoi d'angle, qui transmet la rotation vers l'arbre moteur. Celui-ci entraîne à son tour les deux autres roles, grâce aux engrenages droits.
- les roles inférieurs sont montés sur palier tendeur, cela permet le réglage de l'écart entre les roles, indispensables au bon fonctionnement de la machine.

1.8. De la traction animale vers un entraînement motorisé

Après ces deux premiers mois, l'équipe décide de réorienter la conception du moulin en y intégrant un petit moteur thermique. Les motivations de ce changement sont les suivantes :

- l'extraction³ passe de 49 à 59 % fois **1,3**
- la vitesse de passage est multipliée par 3 (2 m/s → 6 m/s) fois **3**
- le nombre de passages dans le moulin passe de deux à un seul fois **2**

Si l'on multiplie le gain de chacun des points ci-dessus on obtient une amélioration globale de la productivité de **7.8** ! Le passage à l'entraînement motorisé est responsable de l'augmentation de vitesse de passage de la canne et à lui seul, représente la moitié du gain de productivité du moulin.

Ensuite, un manège n'étant pas déplaçable, on note que le temps d'utilisation réel d'un moulin par rapport au temps de travail global possible, est estimé à 10%. Un moulin déplaçable permettrait de multiplier ce temps d'utilisation par deux, voire même par trois.

Il y a aussi le problème lié à la force de travail animale. Les bêtes fournissent une puissance faible⁴ et inconstante, de plus elles doivent régulièrement s'arrêter, ne serait-ce que pour se nourrir ou s'abreuver. On remarque aussi malheureusement que la plupart du temps, les animaux sont en mauvais état, ce qui diminue d'autant plus leurs performances. En additionnant à cela, la raréfaction des bêtes et l'augmentation des vols, on se rend compte que la traction animale a laissé ses beaux jours loin derrière elle.

Finalement, en choisissant l'entraînement motorisé, nous supprimons le renvoi d'angle nécessaire en traction animale. Cette pièce, en plus d'être difficile à dimensionner, était hors de prix.

2. Le moulin CODEART

Durant toute la réalisation du projet nous nous sommes concentrés afin de garder à l'esprit que chaque pièce, chaque manipulation, doit être à la portée de nos collaborateurs haïtiens.

2.1. Vue d'ensemble

Le moulin se décline en trois parties distinctes (voir figure 8) :

- la partie « moteur » qui fournit la puissance de la machine (1),

³ L'extraction est le rapport en kilogrammes, entre la quantité de jus extraite et le poids total de la canne avant le passage au travers du moulin.

⁴ Âne (75-200) Watts, bœuf (300-500) Watts, cheval (400-800) Watts.

- la partie « réducteur » qui permet d'avoir la bonne vitesse en entrée du moulin (2),
- la partie « moulin » à proprement parler (3).

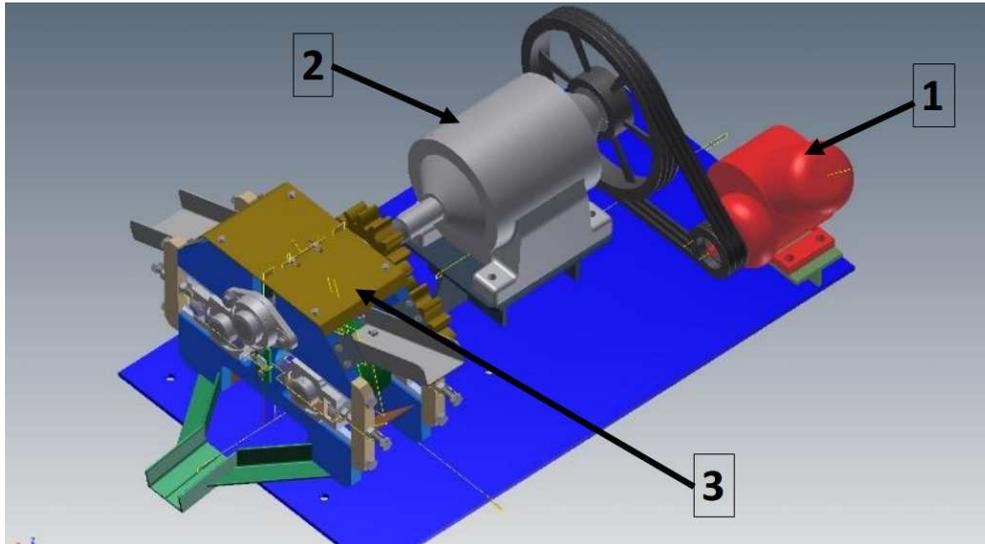


Figure 8 : Vue d'ensemble du moulin 3D

Par la suite, nous allons décrire les différentes pièces et leur raison d'être.

2.2. Les paliers

La robustesse de la machine repose en grande partie sur le choix des paliers (voir figure 9). Deux modèles seront nécessaires :

- le palier applique en fonte UCFL 210 est fixe et sera utilisé pour maintenir le role supérieur,
- le palier à coulisseau tendeur en fonte UCT 210 est mobile et monté sur les roles inférieurs.

En plus de leur résistance, ces paliers ont été choisis pour d'autres raisons :

- leur coût (< 20 €/pièce),
- ils sont équipés de flasques métalliques assurant l'étanchéité, cela nous permet d'éviter la contamination du jus par la graisse de lubrification, ainsi que la détérioration des roulements par ce même jus (acide, ph environ 5.2),

- ils font partie de la gamme auto-aligneur, ce qui veut dire qu'ils autorisent un léger désalignement au montage. Les techniciens locaux ont en effet du mal à respecter un parallélisme parfait, lors du réglage des roles. S'ils ne l'étaient pas, nous verrions apparaître des concentrations de contraintes dans les paliers, suivies d'une dégradation accélérée de ceux-ci.



Figure 9 : Vue des paliers

2.3. Les roles

Les roles constituent le cœur du moulin. Ils sont le siège de la compression de la canne permettant d'en extraire le jus. Nous avons donc été très attentifs à leur réalisation.

La plupart des moulins disponibles actuellement (de provenance indienne), utilisent des roles en fonte. Les constructeurs justifient ce choix par la rugosité plus prononcée de la fonte, qui lui permettrait de mieux accrocher la canne, et ainsi d'éviter des phénomènes de glissements dans le moulin. Nous nous sommes donc renseignés auprès de nos partenaires en Haïti pour avoir leur avis. Il s'avère qu'une fois les roles en fonte usés, ceux-ci sont inutilisables, et sont donc démontés et remplacés par des roles de récupération en acier, facilement rechargeable à la soudure. Aucun problème de glissement n'a été signalé. Nous pouvons donc utiliser de l'acier pour nos roles (voir figure 10).

Ils ont été réalisés en acier Ck 45 plein. Nous avons choisi cette nuance d'acier, car tout en restant commune, elle présente une bonne résistance mécanique. Nous espérons grâce à ce choix, augmenter considérablement la durée de vie des roles.

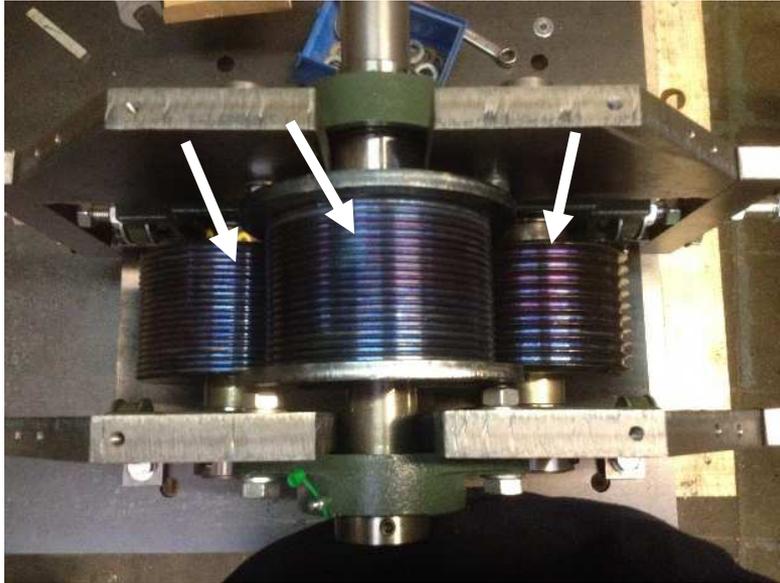


Figure 10 : Vue des roles

2.4. Les chapelles

Les chapelles constituent le squelette du moulin. Ce sont elles qui supportent l'ensemble des pièces et qui vont de ce fait reprendre les efforts internes résultant de la compression de la canne. Elles doivent donc être solides et réalisées avec précision, car d'elles vont dépendre l'alignement général de la machine. Elles ont été découpées au laser dans de la tôle d'acier ST-52 d'épaisseur 25 mm.

On peut voir sur la figure 11, les deux chapelles lors de leur réception dans notre atelier. Au vu des faibles quantités de matières au centre de celle-ci, on comprend pourquoi une épaisseur de 25 mm est nécessaire. Les trois rainures principales accueilleront les paliers, tandis que le trou carré au centre servira de logement au support de la bagassière. Pour rappel la bagassière est l'élément qui va guider la canne à sucre d'une paire de roles vers l'autre.



Figure 11 : Chapelles découpées au laser

2.5. L'accouplement

La vitesse linéaire de passage de la canne dans le moulin est une caractéristique majeure de celui-ci. Une vitesse trop faible engendre un manque à gagner, car la machine est utilisée en dessous de ses capacités de production. Une vitesse trop élevée quant à elle, en plus d'accélérer l'usure des paliers, est à l'origine d'un phénomène de réabsorption du jus par la canne en sortie de roles. Cet effet est comparable à une éponge que l'on presserait pour en extraire l'eau, si on la comprime doucement, l'eau a le temps de s'écouler, tandis que si l'on relâche la pression trop rapidement, une partie de l'eau est réabsorbée par l'éponge. L'expérience a montré que les rendements sont optimaux entre 6 et 8 m/min.

Dans le cas de notre moulin, où les roles ont un diamètre de 156 mm, la vitesse de rotation requise est de 14 rpm, ce qui donne en vitesse linéaire, un peu moins de 7 m/min. Pour arriver à cette vitesse, il a bien entendu fallu la réduire, étant donné que le moteur tourne à 2000 tours/min.

Nous arrivons donc en entrée de moulin avec une vitesse de 14 tr/min. Le couple de 10 Nm, fourni par le moteur, aura, lui, été multiplié par 150 et atteint 1500 Nm.

Il existe une multitude d'accouplements fabriqués en série, mais il a été difficile d'en trouver un, adapté à notre projet et répondant à nos exigences, ou alors, ils étaient hors de prix. Notre accouplement doit en effet :

- supporter un couple de maximum 1,5 kNm,

- permettre un léger désalignement propre aux conditions d'utilisation locale,
- supporter une utilisation en extérieur,
- être facile à réaliser et à réparer,
- être peu onéreux.

Nous avons donc décidé de concevoir et de fabriquer notre propre accouplement.

Un modèle sur SolidWorks est réalisé afin de visualiser nos idées (figures 12 et 13).

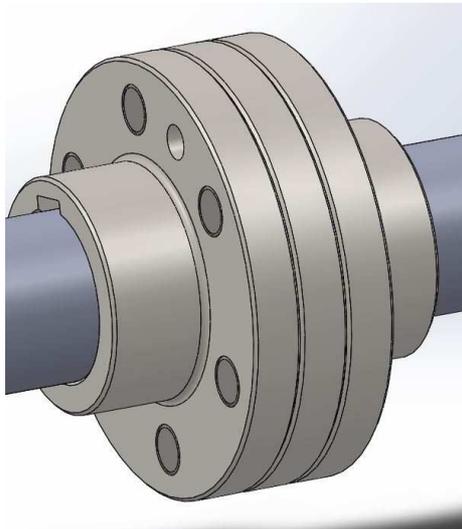


Figure 12 : Ensemble 3D fermé

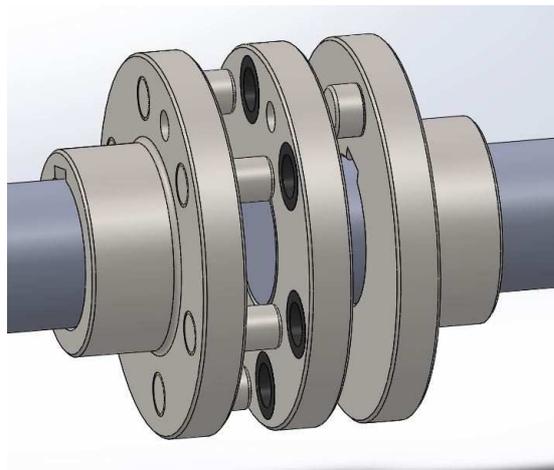


Figure 13 : Ensemble 3D éclaté

La première pièce (figure 14) se place sur l'arbre moteur et est liée en rotation à celui-ci grâce à une clavette. Elle est munie de six⁵ « tétons » destinés à transmettre le mouvement d'un arbre à l'autre. Ils sont réalisés à partir d'une barre d'acier Ck45 étiré (15 mm h9). Après avoir été découpés à mesure, ils sont maintenus en place par un point de soudure.

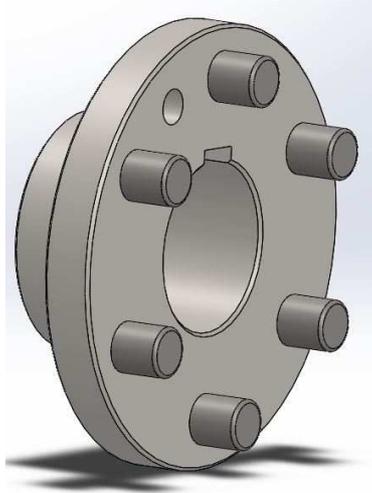


Figure 14 : Flasque gauche

Il vient ensuite une pièce centrale percée par six trous (figure 15). Dans ces trous sont enchâssés de petits morceaux de caoutchoucs de quatre millimètres d'épaisseur. Ces caoutchoucs doivent permettre un léger désalignement lors du montage, à l'instar des couronnes en polymère utilisées dans les accouplements industriels. Faire mouler ces pièces en polyuréthane 90° shore, revenait à environ 50€ la pièce, ce qui était évidemment trop cher pour nous. Nous avons alors trouvé comme alternative, l'utilisation de tuyaux hydrauliques⁶, ceux-ci allient une bonne résistance mécanique avec un prix très bas (7 €/m).

⁵ Bien qu'il y ait six vis, en pratique on ne considèrera jamais plus de deux vis travaillant en même temps. Cela est dû aux imprécisions de positionnement inévitable avec ce type d'assemblage.

⁶ Tuyaux Trelleborg HYDRO'K



Figure 15 : Flasque centrale

Cette pièce ne possède pas de rainures de clavette et est donc libre en rotation vis-à-vis de l'axe, ainsi, en cas de fracture de la goupille⁷, l'arbre moteur pourra continuer à tourner sans endommager l'accouplement.

Enfin, il vient une troisième (figure 16) pièce liée en rotation, par une clavette, à l'arbre entraîné. Elle possède, à l'instar de la pièce centrale, un logement dans lequel vient se positionner une goupille de sécurité. Cette goupille est dimensionnée pour se briser lors d'un blocage brutal du moulin. Nous espérons ainsi éviter de détériorer des pièces plus onéreuses telles que le réducteur ou le moteur.

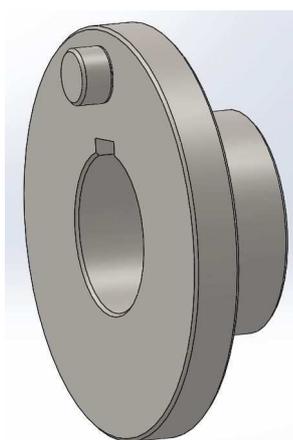


Figure 16 : Flasque droite

⁷ Voir pièce suivante pour l'utilité de la goupille.

Une rainure est pratiquée au milieu de la goupille ($d = 18 \text{ mm}$) pour servir d'amorce à la rupture. Les calculs⁸ donnent un diamètre critique de 16 mm lorsqu'on les effectue sans marge de sécurité. La profondeur de la rainure permet en sorte d'atteindre ce diamètre.

Il est difficile de prévoir la surcontrainte produite par le blocage du moulin, nous avons donc, par sécurité, prévu une série de goupilles de rechange, ayant chacune un diamètre de fond de rainure différent.

3. Utilisation en conditions réelles

Une mission de quinze jours en Haïti sera mise sur pied afin de réaliser l'installation et la mise en service du moulin à canne.

Notre partenaire technique sur place est Monsieur Augustin Mèlès, directeur de l'atelier de mécanique *Cadeau de dieu*. C'est là-bas que nous espérons, dans un futur proche, pouvoir produire le moulin.

En premier lieu, nous avons voulu analyser les performances du moulin. Pour ce faire nous avons mis en place un dispositif assez simple pour mesurer les différentes données dont nous avons besoin, à savoir :

- les débits de canne et de jus,
- le rendement,
- la consommation en carburant.

Lors de chaque phase de test nous préparons cinquante kilos de canne à sucre à l'aide d'une balance suspendue et d'un fût.

Une fois la canne prête nous réalisons le plein complet du réservoir d'essence. Ainsi, à la fin du test, en remettant de l'essence jusqu'à ce même niveau, à l'aide d'un récipient gradué, nous pouvons mesurer la quantité de carburant brûlée. Les débits, quant à eux, sont obtenus immédiatement à l'aide d'un chronomètre.

Pour le rendement⁹ la démarche était un peu plus longue. Il fallait dans un premier temps, peser la quantité de jus récolté ainsi que la bagasse humide, et définir le degré Brix. Ensuite il fallait faire sécher la bagasse au soleil en veillant bien à ne pas en perdre ni en rajouter et revenir le lendemain afin de peser la bagasse sèche. Une fois toutes ces mesures réalisées, nous obtenons le rendement réel du moulin.

⁸ Le détail des calculs se trouve dans le mémoire et ils ne sont pas explicités ici par concision. Ces calculs se basent sur les efforts de cisaillement pour de l'acier Ck 45.

⁹ De même, le détail des calculs se trouve dans le mémoire, ils se basent sur la quantité de sucre récupérée par rapport à la quantité de sucre total contenu dans la canne.

Nous avons réalisé deux séries de deux tests. Les résultats sont repris dans le tableau 1 ci-dessous.

| Données | Test 1 A | Test 1 B | Test 2 A | Test 2 B |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Âge de la canne ¹⁰ | 18 h | 18 h | 66 h | 66 h |
| Degré Brix | 21° | 21° | 21° | 21° |
| Quantité de cannes | 50 kg | 50 kg | 50 kg | 50 kg |
| Écart des roles en sortie | 1 mm | 1 mm | 0,4 mm | 0,4 mm |
| Durée du test | 12'29'' | 9'34'' | 6'51'' | 5'49'' |
| Poids bagasse humide | 29 kg | 30 kg | 25 kg | 25 kg |
| Poids de bagasse sèche | 13.5 kg | 13 kg | 11 kg | 11 kg |
| Poids de jus | 21 kg | 20 kg | 25 kg | 25 kg |
| Essence consommée durant le test | 120 ml | | 90 ml | |
| Résultats | Test 1 A | Test 1 B | Test 2 A | Test 2 B |
| Extraction | 42% | 40% | 50% | 50% |
| Rendement du moulin | 49.3% | 49% | 59.6% | 59.6% |
| Débit de canne | 250 kg/h | 300 kg/h | 430 kg/h | 500 kg/h |
| Débit de jus | 100 kg/h | 120 kg/h | 215 kg/h | 250 kg/h |
| Consommation essence | 313 ml/h | | 427 ml/h | |

Tableau 1 : Résultats de deux tests

Il apparaît deux variations importantes entre le test 1 et le test 2.

Tout d'abord, le rendement du moulin augmente de 10%. Cette première variation s'explique par un réglage, de l'écart entre les roles de sortie, différents (nous sommes passés de 1 à 0.4 mm). En effet lors du premier test, la bagasse n'était pas assez sèche, c'est-à-dire, qu'elle n'avait pas été pressée suffisamment.

Ensuite, on observe une augmentation considérable du débit. Lors du premier test, nous avons demandé à l'opérateur de mettre les cannes une à la fois. Pour le second test, après réflexion, nous avons décidé de laisser faire l'opérateur comme si nous n'étions pas là. Ainsi nous avons pu voir le moulin travailler à plein régime. L'opérateur pousse jusqu'à trois cannes à la fois, c'est pour cette raison que le débit a presque doublé entre les deux tests.

Les performances du moulin peuvent être résumées de la sorte :

- Débit de canne : 500 kg/h
- Débit de jus : 250 kg/h
- Rendement : 59,4 %

¹⁰ Depuis la coupe.

- Consommation essence : ≈ 11 / tonne de canne

Ces chiffres dépassent nos prévisions et sont très encourageants pour la suite. La dernière inconnue est la longévité du moulin, mais seul le temps nous apportera une réponse.

4. Conclusion

Il est permis de dire dans un premier temps, que le projet dans son ensemble fut un succès. Le moulin fonctionne au-delà de nos espérances, et ce malgré une légère correction à apporter aux plans. Les réactions de notre partenaire local et de l'exploitant sont autant d'encouragements à poursuivre ce projet. Voir le moulin fonctionner en conditions réelles a été l'aboutissement d'un travail d'équipe mené sur plus de six mois, et pour ma part, une grande fierté.

Alors que ce travail s'arrête ici, il reste encore beaucoup à faire. Il y a désormais tout un travail d'optimisation à réaliser. Nous sommes persuadés que les prix peuvent encore être rabotés et que certaines pièces peuvent être améliorées. Par exemple, la chaîne cinématique du moulin doit être revue, en effet, pour le prototype, nous avons utilisé le matériel à notre disposition. Il faut maintenant définir les pièces normalisées ainsi que leur coût et redessiner les supports nécessaires. Il faut aussi terminer et améliorer les modes opératoires d'usinage, ainsi que les gabarits dont les mécaniciens haïtiens auront besoin.

Au-delà de l'aspect technique du stage, on ne peut s'empêcher de mettre en exergue l'extraordinaire côté humain de ce projet. J'ai eu la chance de rencontrer toute une série de personnes, que ce soit ici ou en Haïti, extrêmement intéressantes et aux qualités humaines exceptionnelles. J'ai découvert, avec joie, cette philosophie de travail qui ne place pas l'argent au centre de tout, mais bien l'humain. Grâce à cela j'ai eu l'opportunité de pouvoir participer à ce projet qui, je l'espère, va permettre à d'autres personnes de vivre dignement de leur travail.

Ils restent encore des tonnes de choses à réaliser dans les pays du tiers monde, et trop peu de personnes pour s'y intéresser. La plus importante de toutes est l'éducation mais attention, l'éducation dans le sens des connaissances, pas seulement du savoir-vivre. S'il y a une chose que je veux retenir de ce voyage, c'est la bonne humeur, la générosité et la gentillesse de ces gens. Pour ma part, j'espère avoir la chance de repartir, un jour ou l'autre, partager mes connaissances et découvrir les leurs.

5. Sources

- [1] ATELIER ECOLE DE CAMP PERIN (AECPP), *La filière canne à sucre en Haïti*, 2007.
- [2] DROUIN, G., *Éléments de machines*, Ecole polytechnique de Montréal, 1986.
- [3] FAO (page consultée le 18/10/2014), *Les machines élévatoires*,
<http://www.fao.org/docrep/010/ah810f/AH810F09.htm>
- [4] FONDERIE VINCENT (page consultée le 06/02/2015), La fonte à graphite sphéroïdale
<http://www.fonderie-vincent.com/News/Info-61/Fonte-a-graphite-spheroidal.html>
- [5] HUGOT, E., *La sucrerie de canne*, Paris : Technique et documentation - Lavoisier, 1987.
- [6] LOOZEN, Roger, *La production de sucre artisanal*, 1995.