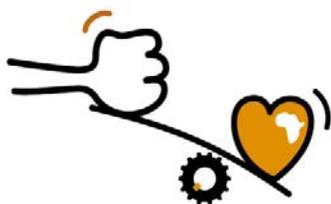


Des machines pour  
nourrir les Hommes



**CODEART**

asbl

CODEART asbl  
15, Chevémont  
B-4852 HOMBOURG  
Tél.: 0032(0)87 78 59 59  
Fax: 0032(0)87 78 79 17  
info@codeart.org

[www.codeart.org](http://www.codeart.org)

Ce document est mis gratuitement à disposition en ligne sur le site internet de [www.codeart.org](http://www.codeart.org).

Il est destiné à être diffusé et reproduit largement.

**CODEART** développe des projets visant à résoudre des problèmes techniques récurrents dans les pays du Sud et en lien direct avec la production et la transformation des productions vivrières par les producteurs locaux eux-mêmes et les artisans locaux qui offrent leur service aux paysans.

**CODEART** complète son appui technique par l'offre de toute information susceptible d'aider les partenaires dans la maîtrise de technologies nécessaires au développement du pays. Les productions, plans et savoir-faire développés sont mis à la disposition de l'ensemble des acteurs du secteur du développement tant au Nord qu'au Sud.

Dans les cas justifiés, une version papier peut vous être envoyée sur simple demande à [info@codeart.org](mailto:info@codeart.org).

Si vous avez des questions, si vous constatez des imperfections ou si vous avez des expériences similaires à partager, nous vous remercions de nous contacter.

## CONCEPTION D'UNE MACHINE SEPARATRICE DE COQUES ET AMANDES PALMISTES

Classification : document d'analyse technique

Fiabilité : F2 – analyse technique – étude exploitable par techniciens locaux

Nom de l'auteur du document : Dang Phuc Tran – stagiaire ingénieur

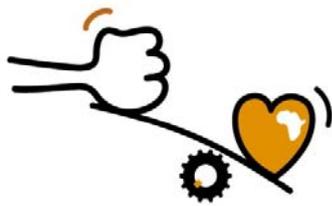
Date de conception : avril 2010

Date de mise en ligne : 2010

Référence interne : T101/03/2/01

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

 [www.codeart.org](http://www.codeart.org) 



Des machines pour  
nourrir les Hommes

**CODEART**

asbl

CODEART asbl  
15, Chevémont  
B-4852 HOMBURG  
Tél.: 0032(0)87 78 59 59  
Fax: 0032(0)87 78 79 17  
info@codeart.org

[www.codeart.org](http://www.codeart.org)

## CONCEPTION D'UNE MACHINE SEPARATRICE DE COQUES ET AMANDES PALMISTES

### Objectifs :

Dans le processus de transformation des fruits du palmier à huile, on exploite les amandes palmistes pour en extraire l'huile : l'huile de palmiste.

La casse des noix palmistes est une opération qui reste encore longue et pénible dans beaucoup de villages en Afrique. De même, après concassage, l'opération de séparation des amandes et des coques est aussi une opération difficile. En effet cette étape du procédé est très ardue. Les deux principales méthodes utilisées sont le tri manuel et la séparation dans un bain d'argile. Ce bain de densité intermédiaire entre celle de la coque et des amandes permet à ces dernières de flotter. Cette méthode n'est pas très appréciée. Elle est assez complexe au niveau du maintien de la qualité du bain. De plus une étape de séchage des amandes est nécessaire.

A la demande d'un de nos partenaires dans le Sud, Le GAB à Butembo, nous avons entamé des recherches afin de proposer une méthode de séparation à sec. L'objectif de ce travail est dès lors d'analyser les possibilités de réaliser cette opération à sec en respectant tous les critères d'appropriabilité de la solution par le milieu local.

### Résultats atteints :

Dang Phuc Tran a réalisé des recherches bibliographiques afin de connaître les diverses techniques qui ont ou sont utilisées. Quelques techniques plus appropriées au milieu rural africain ont été analysées en détail et essayées. Les résultats sont présentés. Certains sont très encourageants mais demandent des recherches complémentaires.

Un autre étudiant, Benoit Grenon, continuera les recherches.

**Dang Phuc TRAN**

**Avril 2010**

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes

Avril 2010

 [www.codeart.org](http://www.codeart.org) 

**Dang Phuc TRAN**

*Stage Technique*

*Formation Franco-Québécoise*

*Promotion 2012*



**Conception d'une machine séparatrice  
de coques et amandes palmistes**



**Du 27 janvier au 23 avril 2010**

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

 [www.codeart.org](http://www.codeart.org) 

SERVICE : Stage effectué chez CODEART asbl. Service technique. Filière de transformation de l'huile de palme.

RESPONSABLE : Mr. Roger Loozen Directeur

TUTEUR : Mr. Roger Loozen Directeur

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010



## Remerciement

Je voudrais remercier monsieur Roger LOOZEN pour son encadrement durant mon stage chez CODEART. Je voudrais souligner l'apport indispensable de Patrick CRUTZEN et Charles MERTENS dans la réalisation des prototypes. Je voudrais aussi remercier les étudiants de l'ISAT de Bruxelles, Serge NEWWO, Dimitri MAIGRET, Steve SADATE, Sidiki KANTE, Kal KEYVAN et Antoine SENPO, pour leur idée de conception. Je voudrais enfin remercier messieurs Jean Michel COTTEREAU, Olivier LEUTHER, Frédéric LEBEAU, et Michel MEUNIER pour leurs idées et suggestions tout au long de ce projet.

## Résumé

CODEART est une ASBL qui se spécialise dans l'aide technique aux pays du Sud. Chez CODEART, j'ai fait un stage qui répond à une question spécifique demandée par leur coopérant dans les pays du Sud. Le problème est la séparation des amandes des coques palmistes. Les amandes palmistes sont une importante source d'huile qui contient une importante proportion d'acide laurique un produit très demandé pour les savons et les cosmétiques. Cette ressource reste inexploitée en Afrique faute de machines pouvant facilement récupérer les amandes palmistes. Nous avons conçu et testé trois machines séparatrices. Une machine basée sur des grilles, une machine basée sur un alimentateur vibreur et une machine basée sur des rouleaux recouverts de jute. La meilleure solution semble la machine basée sur les rouleaux recouverts de jute.

## Sommaire

Remerciement.....	5
Résumé .....	6
Sommaire .....	7
Introduction .....	9
Présentation de l'entreprise .....	10
Philosophie de l'entreprise .....	10
Historique .....	10
Huile de palme.....	11
Situation de la production palmiste en Afrique. ....	11
Production d'une palmeraie.....	12
Huile de palmiste.....	12
Séparation des amandes palmistes .....	13
Synthèse de la littérature.....	13
Méthode de séparation.....	15
Séparation par densité .....	17
Séparation par alimentateur vibreur .....	18
Séparation par formes et grandeur.....	19
Méthode de Eje (Eje, 2002; EJE, 1998).....	20
Version Oke.....	26
Séparation par texture, friction et roulement. ....	27
Par tapis roulant (EJE, 1998).....	27
Méthode par spirale (EJE, 1998) .....	27
Séparation par rouleau texturé .....	29
Séparation par cylindre gaufré.....	29
Méthode par expulsion d'un disque rotatif (Koya, 2006).....	30
Essais et Prototypage.....	32

Séparation par alimentateur.....	32
Résumé .....	32
Introduction .....	33
Méthode.....	33
Résultats.....	34
Essai avec mélange intégral avec tri par grille après séparation.....	34
Essai avec mélange reconstitué et pré-tamisé entre 8 mm et 14 mm.....	36
Essai préliminaire avec mélange pré tamisé 8 mm-14 mm .....	40
Séparation par fréquence naturelle.....	40
Séparation par roulement .....	40
Discussion et conclusion.....	43
Séparation par grille vibrante. ....	44
Introduction .....	44
Essai de la machine séparatrice à grille. ....	46
Résultats et conclusion des essais par grilles.....	48
Séparation par rouleaux recouverts de jute.....	48
Système à deux rouleaux .....	51
Conclusion .....	52
Bibliographie .....	53

## Introduction

CODEART est une ONG impliquée dans l'appui technique aux pays du Sud. En collaboration avec ses partenaires au Sud, CODEART fournit des solutions directes pour les communautés rurales des pays en développement. Son partenaire au Congo, le GAB a demandé de trouver une solution à sec pour la séparation des amandes et coques palmistes. La solution actuelle implique soit des bains d'argile ou un tri manuel des amandes. Selon Willy, le directeur du GAB et selon Olivier Leuther, notre coopérant au Togo, ces solutions ne sont pas très appréciées si bien que la grande majorité des noix palmistes sont jetées et non transformées.

Parmi les 17 huiles les plus vendues dans le marché mondial, seules l'huile de coco et l'huile de palmiste contiennent une quantité importante d'acide laurique. La demande pour les huiles lauriques est en constante progression. Or cette ressource reste inexploitée en Afrique. (Pantzaris & Mohd, 2001)

La première section de ce rapport décrira CODEART. La deuxième section décrira la situation de l'huile de palme et le mandat du stage. La dernière section décrira le travail effectué pendant le stage. Ce travail se divise en trois grandes parties. La première consiste à la cueillette d'information et la formation de solutions possibles. La deuxième section consiste aux prototypages et essais des solutions et finalement une discussion à propos de la solution retenue.

## Présentation de l'entreprise

### Philosophie de l'entreprise

Sur leur site internet, nous pouvons voir une brève description de leur philosophie.

« Avec elles, nous cherchons des solutions techniques équitables et durables permettant aux gens de vivre dans la paix entre eux et avec leur milieu en développant des outils compatibles avec des objectifs économiquement, socialement et écologiquement durables. »  
(CODEART, 2010)

Le nom CODEART provient de Coopération pour le développement de l'artisanat. Le nom reflète bien la philosophie chez CODEART. L'accent sur l'artisanat est très important chez CODEART. Nous voulons aider les artisans dans les milieux ruraux pour qu'ils puissent continuer à pratiquer leur art de façon rentable. Nous ne sommes pas dans l'industrialisation. Cette philosophie s'exprime dans les types de projets techniques dans lesquels CODEART s'implique. Tout le projet technique se concentre sur des outils simples facilement reproductibles qui répondent aux besoins locaux des communautés rurales. Cette philosophie est au cœur de mon stage chez CODEART et présente des défis spéciaux reliés au milieu rural dans les pays du sud.

Leur slogan est « Des machines pour nourrir les hommes ». CODEART s'implique dans le domaine agricole avec des fermes familiales. Ils aident les artisans et les agriculteurs à transformer leur propre production.

### Historique

En 1986, monsieur Roger Loozen souhaitait créer en Belgique une association permettant de faciliter l'approvisionnement et l'expédition de machines pour les Ateliers-Ecoles de Camp-Perrin (AECF) en Haïti. Les AECF ne disposaient d'aucune présence physique ni de structure juridique en Europe. Cette situation limitait sérieusement leur capacité d'approvisionnement en équipement technique. En plus de l'approvisionnement, les AECF avaient besoin d'aide technique pour la fabrication d'outils et la maintenance. Toutes ces actions très simples pour une entreprise européenne deviennent extrêmement compliquées pour les pays du sud. Après 2 années de collaboration aux AECF (1987 et 1988), Jean Sprumont, Roger Loozen et 6 autres bénévoles créent l'association

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010



CODEART. Le premier bureau de CODEART sera installé au domicile de Roger Loozen à Plombières.

Grâce à un appui de l'Abbaye de Scourmont, l'association a pu engager une secrétaire à mi-temps, Anita Guiot. Les machines seront entreposées dans un hall loué à la Gare de Montzen. En 1991, les bureaux seront transférés à Hombourg à l'adresse actuelle de l'association. En 1998, les activités de CODEART ont pris une dimension plus importante suite à l'adhésion au groupement DTS. En effet, La Direction Générale à la Coopération au Développement belge (DGCD) incite les ONG à se regrouper et à former des groupements d'ONG, l'objectif principal étant l'amélioration du travail des ONG par le partage des expériences. Un plus grand professionnalisme devra être atteint par les synergies développées entre les ONG membres du groupement. Afin d'inciter les ONG à entrer dans cette démarche, la DGCD a prévu un abaissement substantiel de la contribution des membres d'un groupement dans le financement demandé. CODEART a continué son implication avec les AECF en plus de s'impliquer à Butembo en République Démocratique du Congo.

En 2002, DTS est dissous; CODEART s'associe alors à Ingénieur Sans Frontières et ADG Gembloux pour former le regroupement CHAKA. CHAKA est un mot quechua, qui signifie PONT en français. Un pont est un ouvrage d'art qui demande une maîtrise technique importante dans le but de mettre en « relation ».

Actuellement CODEART est impliqué dans plusieurs projets au Congo, au Togo, au Rwanda et en Haïti.

## Huile de palme

### Situation de la production palmiste en Afrique.

En 1960, le Nigéria était premier producteur d'huile de palme au monde. L'Asie a largement dépassé l'Afrique comme premier producteur mondial. L'huile en Asie est principalement exploitée par les grandes industries. En Afrique, par contre, la majorité de la production des palmeraies reste dans les mains de petits fermiers. Plusieurs projets gouvernementaux pour industrialiser et concentrer la production des palmeraies notamment au Nigéria ont échoué. Comme la production est principalement rurale, elle comporte des défis importants différents de la production industrielle. CODEART intervient directement dans les milieux ruraux.

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes

Avril 2010



Le cas de M. Primez qui dispose d'une presse de CODEART illustre bien les difficultés rencontrées. Il dispose d'un atelier sur le site même de la plantation de palmeraies. Il a une presse palmiste fonctionnant avec un moteur thermique. Pour se rendre sur les lieux, il faut engager un avion privé pour un trajet de 5 heures. Parfois, il y a des camions qui font le trajet. Ce trajet se fait en deux jours. Sur le site, il n'y a ni électricité ni téléphone ni réseaux de téléphones portables. Pour communiquer, il faut se déplacer à 100 km du site pour avoir un réseau GSM. Vu l'isolement du site, les machines fournies par CODEART doivent être le plus simple possible demandant le moins de ressources possibles. Les solutions industrielles ne peuvent être appliquées dans la région. De plus, CODEART est une ASBL impliquée dans l'aide technique plutôt que dans la vente de machines. La presse palmiste produite par CODEART a été copiée à maintes reprises partout dans les régions. Un des buts de CODEART est de donner aux artisans des pays du Sud le pouvoir de transformer eux-mêmes leurs produits et de les accompagner tout au long du processus. Donc, la possibilité de copier les machines produites par CODEART avec des moyens simples est une caractéristique importante de tout projet.

### **Production d'une palmeraie**

Le fruit du palmier produit deux types d'huile distincts. La pulpe produit de l'huile de palme rouge qui est la première huile mondiale en terme de production. Les noix de palme contiennent des amandes produisant de l'huile de palmiste principalement utilisée dans les savons et l'industrie cosmétique. Actuellement, en Afrique, seule l'huile de palme rouge est exploitée à une échelle significative. Notre coopérant au Togo nous a confirmé que la vaste majorité des noix palmistes sont jetées ou brûlées. L'huile de palmiste est une source importante d'acide laurique, un élément important dans la production des savons et cosmétiques.

### **Huile de palmiste**

Des 17 principales huiles produites dans le monde seul, l'huile de coco et l'huile de palmiste contiennent une proportion importante d'acide laurique. (Pantzaris & Mohd, 2001) Les demandes en acide laurique sont en constante augmentation. Pour produire de l'huile palmiste, les artisans doivent concasser les noix palmistes. Le concassage produit un mélange de 75% de coques et 25% d'amandes. Les amandes doivent être séparées des coques et ensuite pressées pour obtenir de l'huile de palmiste. Le principal obstacle à la production d'huile

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes

Avril 2010



palmiste est la séparation des coques et amandes. Tout le reste de la chaîne a été mécanisé. La séparation se fait soit manuellement, soit par bain d'argile. La séparation manuelle est lente. La séparation par bain d'argile n'est pas très appréciée par les artisans et requiert un séchage des amandes. Le besoin d'une séparation mécanique à sec est criant.

## Séparation des amandes palmistes

### Synthèse de la littérature.

### Résumé des documents contenus dans la bibliothèque CODEART (501/10/1)

#### Congo Palm Tome II page 270 (PDF p. 113/117 tome2)

#### Séparation pneumatique (Page 270)

La séparation par colonne d'air soufflé est problématique, car il n'y a qu'une séparation partielle des coques et amandes. Les coques ont une grande variété de formes et profils aérodynamiques donc une plage importante de vitesse est nécessaire pour la sustentation des coques. Pour enlever un maximum de coques, nous devons augmenter la vitesse du jet d'air ce qui entraîne une bonne partie des amandes fractionnées et difformes. Un bon niveau de séparation peut être atteint avec une présélection des noix palmistes. Par exemple avec un tri de noix 16mm, nous obtenons 2-3 % d'impuretés et 0.5 % de perte. Seule une faible portion des noix palmistes sont de moins de 16 mm. Pour un lot de noix sélectionné provenant de croisement Dura X Pisifera (noix de type Tenera), 60 % des noix sont de moins de 16 mm, mais pour les autres lots la proportion est faible.

#### Figure 1 Granulométrie des noix

16 mm

5

Un brevet français a été déposé (Bujou, 1983) pour un procédé utilisant deux phases successives de séparation par colonne d'air. Une première avec une plus grande vitesse d'air et une deuxième avec une moins grande vitesse pour avoir plus de contrôles sur la séparation. L'enchaînement du même procédé avec des

paramètres différents est une tactique souvent utilisée pour affiner la précision de la séparation.

#### **Séparation par hydro cyclone (Congo Palm, 1952-55; IRHO, 1967)**

Dans une usine, jusqu'à 4 hydro cyclones successifs peuvent être utilisés pour avoir une bonne séparation (Congo Palm, 1952-55, p. 272). Cette méthode se base sur la densité des éléments. Le mélange est incorporé dans un jet d'eau qui crée un cyclone dans un cylindre à bout conique. Les éléments les plus légers se déplacent vers le haut et sortent avec le surplus d'eau. Les éléments les plus lourds se retrouvent au bas et peuvent être récupérés. Cette méthode requiert des pompes puissantes. C'est celle qui est utilisée dans l'industrie.

#### **Séparation par bain d'argile (Congo Palm, 1952-55; IRHO, 1967)**

La méthode traditionnelle consiste à mettre le mélange dans un bain d'argile. Les amandes moins denses flottent et les coques denses coulent. Cette méthode requiert un séchage des amandes. Une étape que nous voulons éliminer. Un rapport sur l'efficacité réelle sur le terrain de cette méthode devrait être fait pour la comparer avec l'efficacité des alternatives. Ce rapport peut être fait par le coopérant de CODEART au TOGO, Olivier Leuther.

#### **Le Palmier à l'huile (classé 501/10/1)**

Le sujet est la station expérimentale sur l'huile de palme à POBÉ au Bénin. Il contient une brève mention d'un trieur de coques et amandes sans précision. Article non daté. Il y a mention de l'acquisition de la station en 1946 par l'institut de recherches sur les huiles de palme et oléagineux à Paris. Il discute d'expériences faites dans les années 30. Actuellement, la station expérimentale est sous la gérance de l'Institut national de recherche agricole du Bénin (INRAB).

[http://www.bj.refer.org/benin\\_ct/rec/inrab/inrab.htm](http://www.bj.refer.org/benin_ct/rec/inrab/inrab.htm)

#### **Oil Palm processing from Wambeck (classé 501/10/1) (Wambeck, 1999)**

Contient plusieurs descriptions d'usine d'huile de palme. Dans ces usines, une séparation préliminaire se fait par colonne d'air. Ensuite, les coques et amandes sont triées par hydro cyclones ou bain d'argile.

## Méthode de séparation

Technique	Commentaire
<b>Séparation par densité</b>	<p>La presque totalité des séparations par densité moderne requiert une forme de fluidisation ou de suspension. Soit par lit d'air fluidisé par lit de sable ou d'eau.</p> <p>Les techniques de fluidisation sont bien établies dans l'industrie en Europe, mais semblent un peu complexes pour l'adaptation artisanale.</p> <p>Nakazawa a réussi une séparation par simple agitation de fragments d'aluminium d'un mélange de condensateurs broyés. Cette méthode pourrait être adaptée aux amandes palmistes. Il faudrait savoir si l'agitation seule peut séparer efficacement les amandes ou s'il faut nécessairement une fluidisation.</p> <p>Une agitation simple pourrait être utilisée après la séparation par d'autres techniques pour un nettoyage final à la main.</p> <p>Question : Est-il possible de créer une technique de fluidisation assez simple avec un ventilateur qui peut être utilisé de façon artisanale?</p>
<b>Séparation par forme</b>	<p>Le problème principal est qu'un bon nombre de coques sont de forme similaire aux noix et ne peuvent pas être différenciées par grille. Une pureté de 80 % peut être atteinte avec la machine de Eje.</p> <p>Question : Quel est le niveau acceptable de contamination de coques? Peut-on mettre un mélange de 80 % d'amandes et 20 % de coques et obtenir une extraction d'huile efficace?</p>
<b>Séparation par texture et roulement</b>	<p>Nous pouvons construire des machines très simples avec ce système de séparation.</p> <p>Il n'y a pas de donnée sur l'efficacité de ces méthodes de séparation.</p> <p>La principale incertitude est le niveau réel de friction et de roulement dans un mélange sorti du concasseur. La différence est-elle suffisante pour une séparation efficace?</p> <p>Quelle est l'efficacité réelle en termes de pureté du produit recueilli et de pourcentage récupéré?</p>

Il existe plusieurs méthodes qui exploitent cette différence

Koya a découvert qu'en couvrant les surfaces de fibre de jute il est possible d'augmenter la différence de friction entre les coques et les amandes. Selon Koya, le coefficient de friction des amandes sur du jute est de 0.68 et le coefficient des coques est de 0.95

## Séparation par densité

L'hydro cyclone et le bain d'argile utilisent la différence de densité pour séparer les éléments. La difficulté dans ce type de séparation est de trouver un équivalent à sec suffisamment simple. La grande majorité des méthodes à sec utilisent un lit d'air fluidisé ce qui est déjà un peu plus complexe. Nakazawa a réussi en laboratoire à séparer des particules d'aluminium provenant de condensateur broyées à l'aide d'un agitateur de laboratoire. (NAKAZAWA & al, 2006)

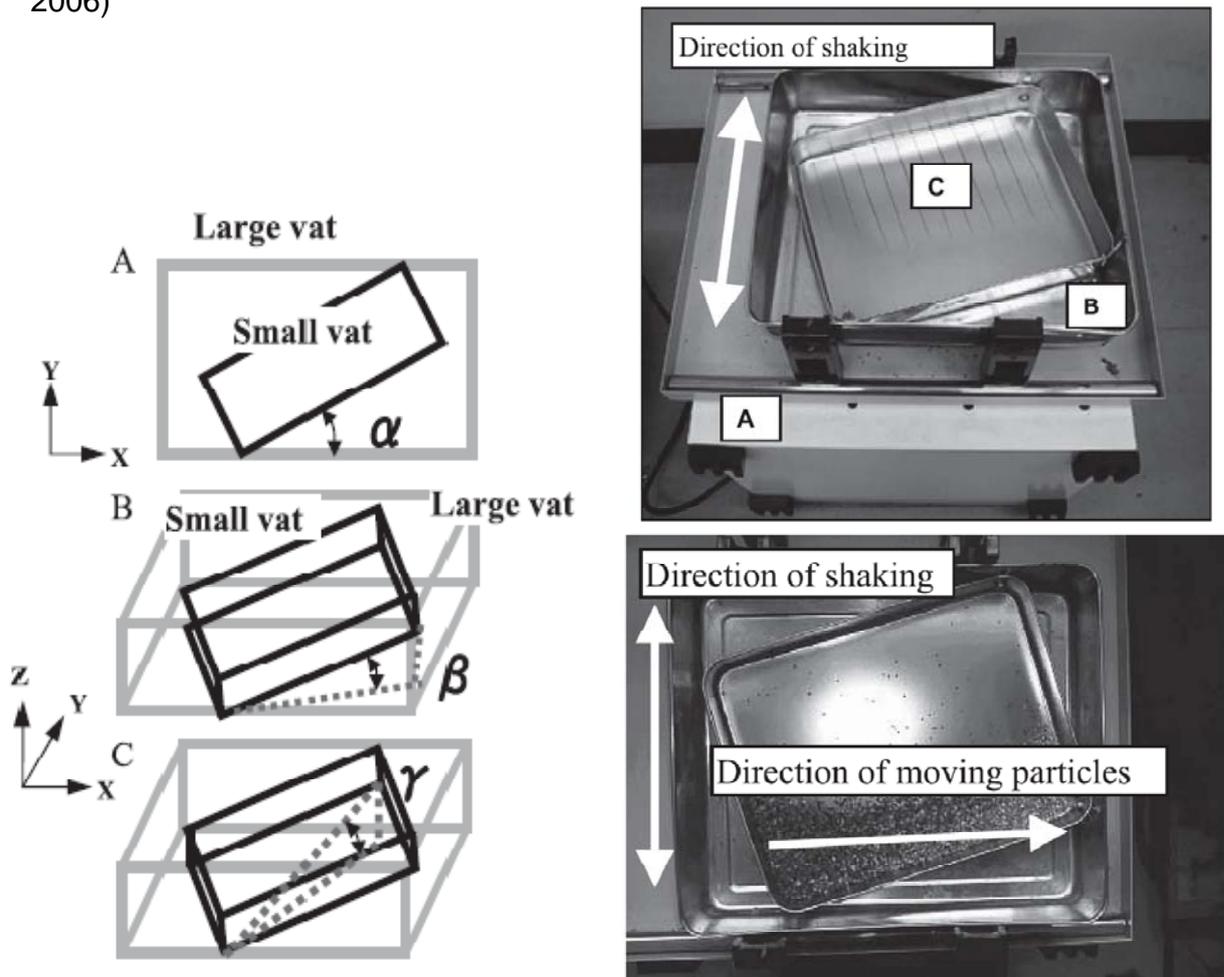
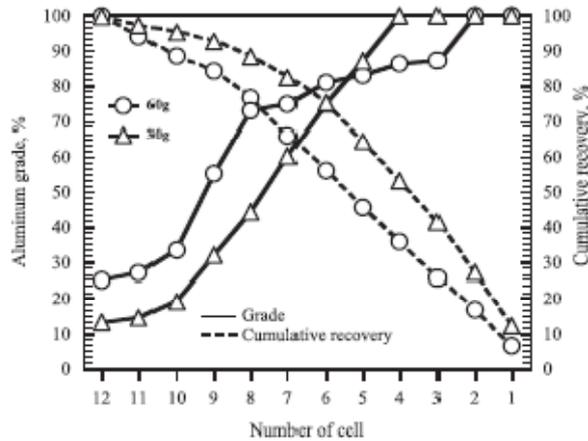


Figure 1 Séparation par agitation

Pour un échantillon de 30 g et une agitation de 270 oscillations par minute pour une durée de 5 minutes.



L'axe de gauche représente la pureté de l'aluminium. Les lignes pleines sont les données pour la pureté.

L'axe de droite représente le taux de récupération de l'aluminium par rapport au total du mélange. Les lignes pointillées sont les données associées au taux de récupération.

Figure 2 Ségrégation des particules d'aluminium dans le bac.

Le taux de récupération est très bas pour un passage, mais le taux de pureté atteint presque 100 % pour les fractions 1-4 avec 30 g de condensateur broyé.

Avec 4 rondes consécutives, Nakasawa a pu récupérer 82 % de l'aluminium.

Tableau 1

No.	Concentrate	Cumulative Recovery
Run 1st	No. 1-4	52%
Run 2nd	No. 1-3	70%
Run 3rd	No. 1-2	79%
Run 4th	No. 1	82%

### Séparation par alimentateur vibrateur

Sarig et Blas (Sarig & Blas, 2000) ont rapporté l'utilisation d'un alimentateur par vibration électromagnétique pour la séparation des coques et amandes des noix de macadam. Nous avons testé un alimentateur Tuxel LEX3 fourni par AUDIMAT de Bruxelles. L'article propose une séparation par différence de friction et de

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes

Avril 2010

fréquence naturelle. Selon Sarig (Sarig & Blas, 2000) la valeur de la fréquence naturelle par rapport à la fréquence de vibration de l'alimentateur détermine si les particules vont plutôt glisser ou flotter. En mettant une inclinaison sur le couloir, certaines particules vont monter, d'autres descendre. Les résultats par la méthode de fréquence naturelle ne sont pas concluants. L'article propose de mettre du papier verre grain de 60 pour certains tests. Avec le papier abrasif et en augmentant la fréquence de vibration, les amandes se mettent à rouler et les coques montent. Cette méthode donne une bonne piste pour la séparation

### **Séparation par formes et grandeur.**

La séparation par grilles est une méthode simple. La difficulté est de trouver des grilles qui peuvent efficacement différencier les coques des amandes. Le concasseur produit une fraction de coques de taille similaire aux amandes qui contamine le lot final d'amandes.

Voici une image d'Eje pour voir la forme et grandeur des amandes et coques.

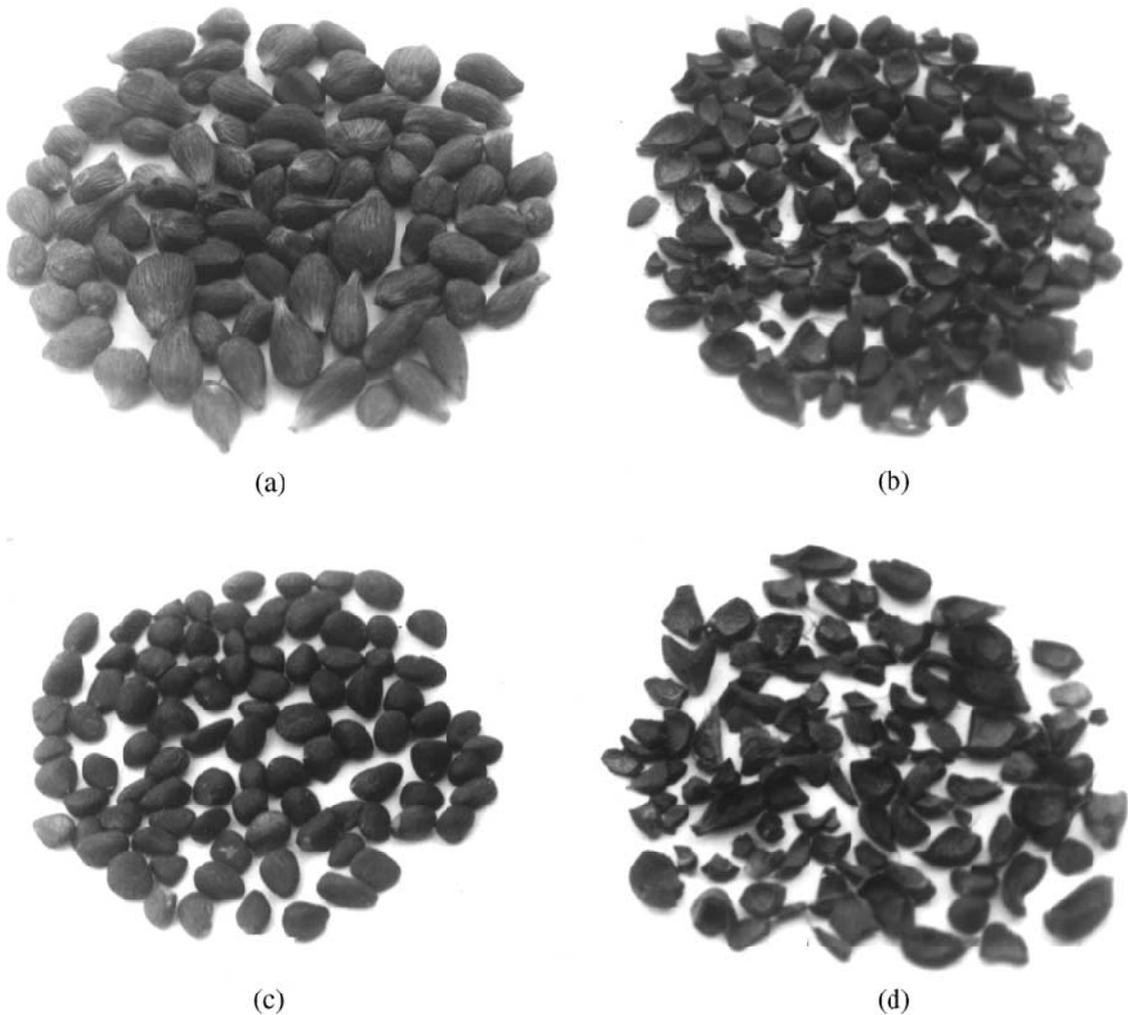


Figure 3 A : Noix non concassées, B : Mélange noix coques, C : Amandes seules, D : Coques seules.

**Méthode de Eje (Eje, 2002; EJE, 1998)**

Un concept avec des tiges uniformément espacées pour recueillir les coques plus plates et une tôle perforée pour récupérer les amandes rondes.

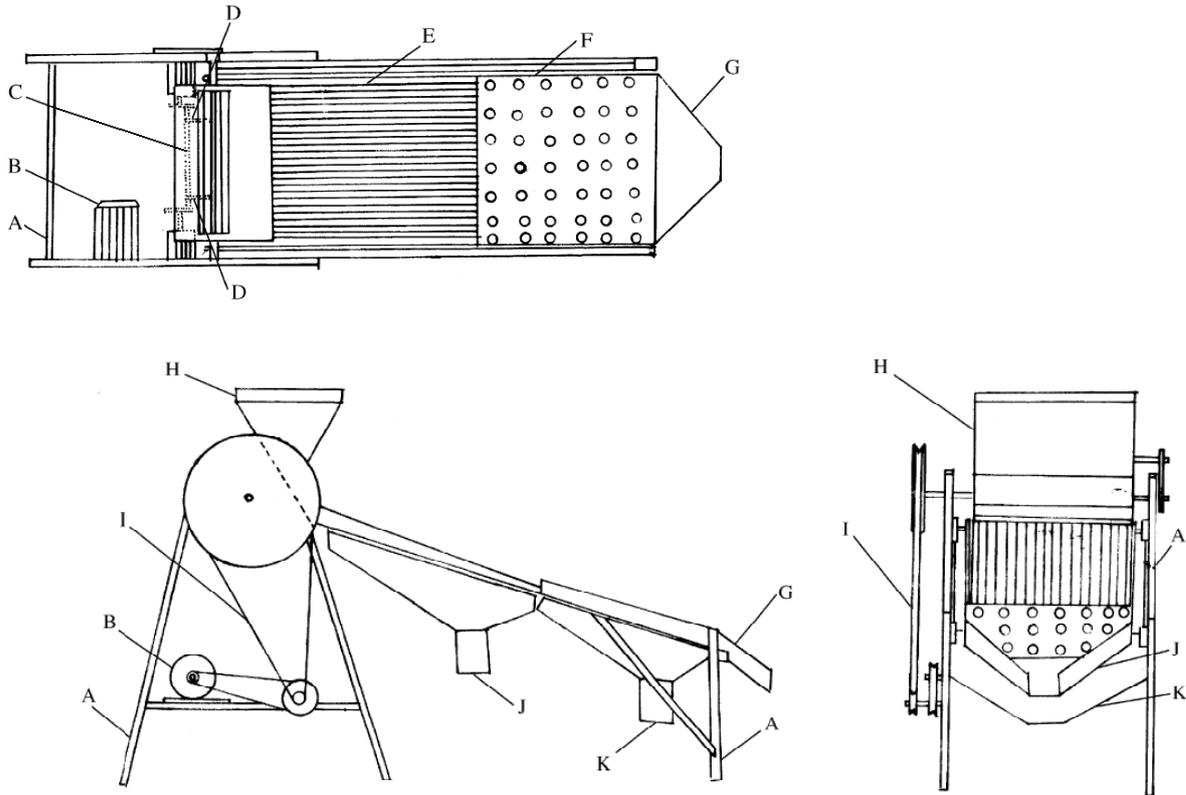


Figure 4 : Séparateur de coques et amandes: A, bâti; B, moteur électrique; C, vilebrequin; D, barre de connexion; E, section coques; F, section amandes; G, chute de sortie; H, entrée du mélange; I, courtois; J, sortie coques; K, sortie amandes

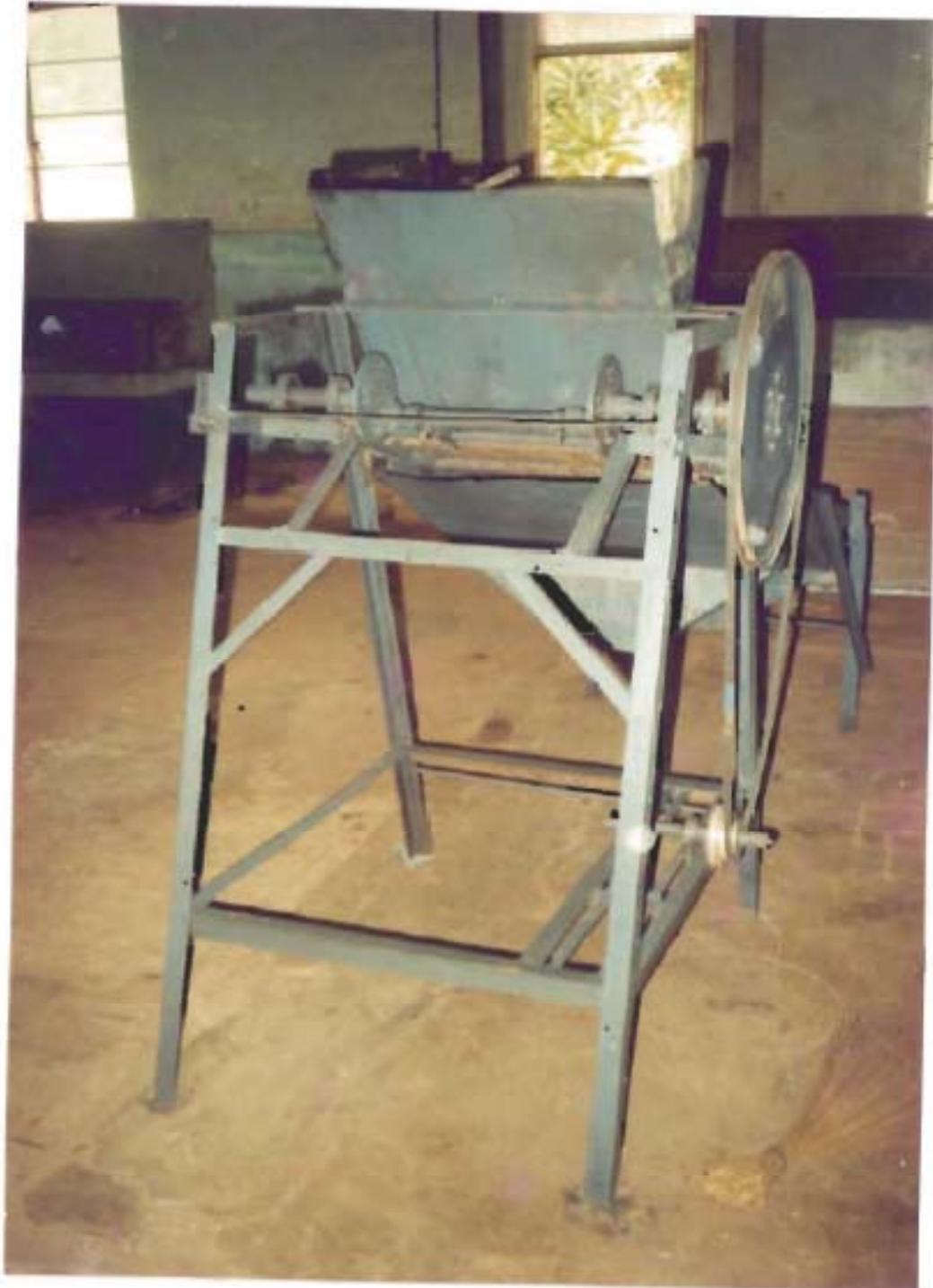


Figure 5 : Photo du séparateur

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

 [www.codeart.org](http://www.codeart.org) 

Voici un résumé des résultats d'EJE, 1998,

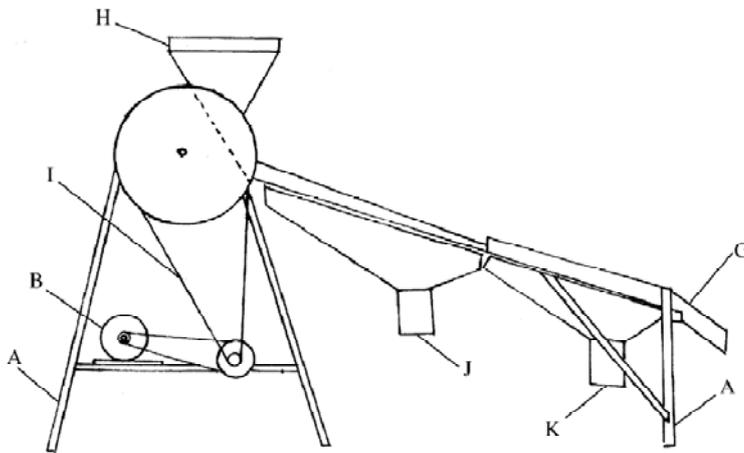


Figure 6 Séparateur

Le mélange est entré en H. Les coques sont recueillies en J et les amandes en K. Le mélange qui n'est passé dans aucune grille est recueilli en G.

Tableau 2 Résultats pour une rotation de 93 RPM (source OKE)

Rayon du vilebrequin		Chute J	Chute K	Chute G	Total	Pureté des amandes récupérées en j	(%) d'amandes récupérées en J
20 mm	Poids des coques (kg)	6,65	0,65	0,2	7,5	79,37 %	86,21 %
	Poids des amandes (kg)	0,25	2,5	0,15	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>6,9</b>	<b>3,15</b>	<b>0,35</b>	<b>10,4</b>		
25 mm	Poids des coques (kg)	6,5	0,7	0,3	7,5	78,13 %	86,21 %
	Poids des amandes (kg)	0,2	2,5	0,2	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>6,7</b>	<b>3,2</b>	<b>0,5</b>	<b>10,4</b>		
35 mm	Poids des coques (kg)	6,6	0,55	0,35	7,5	81,97 %	86,21 %
	Poids des amandes (kg)	0,15	2,5	0,25	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>6,75</b>	<b>3,05</b>	<b>0,6</b>	<b>10,4</b>		
40mm	Poids des coques (kg)	6,1	0,75	0,65	7,5	73,68%	72,41%
	Poids des amandes (kg)	0,15	2,1	0,65	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>6,25</b>	<b>2,85</b>	<b>1,3</b>	<b>10,4</b>		
45mm	Poids des coques (kg)	6	0,75	0,75	7,5	71,15%	63,79%
	Poids des amandes (kg)	0,05	1,85	1	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>6,05</b>	<b>2,6</b>	<b>1,75</b>	<b>10,4</b>		

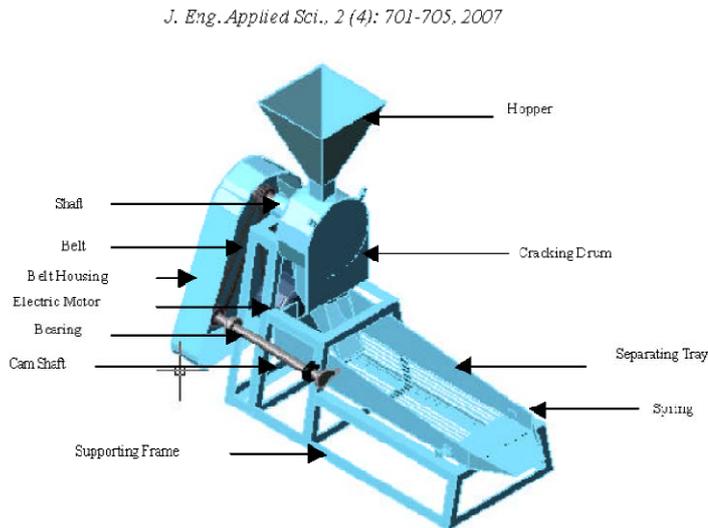
Tableau 3 Résultats pour un rayon de vilebrequins de 35mm (source OKE)

Vitesse de rotation RPM		Chute J	Chute K	Chute G	Total	Pureté des amandes récupérées en j	(%) d'amande récupérées en J
93	Poids des coques (kg)	6,6	0,55	0,35	7,5	81,97%	86,21%
	Poids des amandes (kg)	0,15	2,5	0,25	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>6,75</b>	<b>3,05</b>	<b>0,6</b>	<b>10,4</b>		
120	Poids des coques (kg)	6,15	0,6	0,75	7,5	68,42%	44,83%
	Poids des amandes (kg)	0,2	1,3	1,4	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>6,35</b>	<b>1,9</b>	<b>2,15</b>	<b>10,4</b>		
200	Poids des coques (kg)	5	0,8	1,7	7,5	55,56%	34,48%
	Poids des amandes (kg)	0,15	1	1,75	2,9		
	<b>Poids total (kg)</b>	<b>5,15</b>	<b>1,8</b>	<b>3,45</b>	<b>10,4</b>		

Les meilleurs résultats sont pour un rayon de vilebrequins de 35 mm et une vitesse de 93 RPM. La prochaine machine Oke 2007 utilise le même principe avec d'autres paramètres. Ce qui indique qu'une optimisation peut être faite. Peut-être deux vilebrequins à rayons différents pour optimiser la vibration de chaque grille indépendamment.

### Version Oke.

Oke P.K. (Oke, 2007) a proposé une machine similaire intégrée directement à un casseur de noix.



**Figure 7 Séparateur et concasseur intégré**

Le séparateur utilise une méthode identique avec quelques variations sur les paramètres des grilles. Cet article spécifie un angle de 20 degrés comme idéal et une séparation de 9 mm des bâtons et des trous de 16 mm.

L'article se concentre sur le niveau d'efficacité de cassage de noix plutôt que l'efficacité du tri.

### Séparation par texture, friction et roulement.

Cette séparation se base sur le fait que les amandes peuvent rouler et les coques glisser. Les méthodes les plus simples pour cette séparation sont : le tapis roulant, la spirale et les rouleaux texturés. La principale question est le comportement du mélange qui sort d'un concasseur. Quelle est la proportion des amandes qui roulent et quelle est la proportion des coques qui glissent? Un plan incliné couvert de jute par exemple serait un moyen simple de tester le coefficient de friction. Un échantillon de mélange concassé serait déposé sur le plan pour tester le roulement des amandes et la vitesse de glissement des coques.

### Par tapis roulant (EJE, 1998)

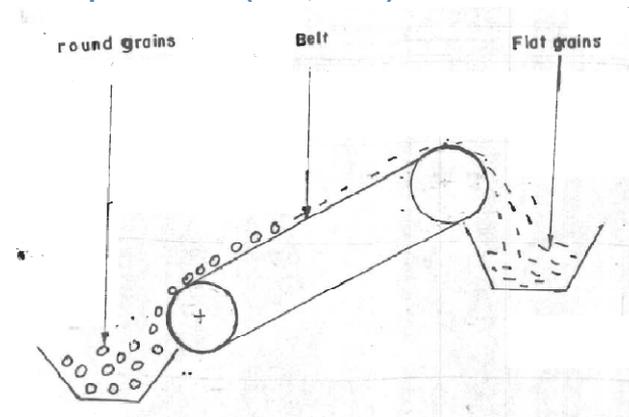


Figure 8 Séparation par tapis

Notes of the Industry 1931, (Note of the industry, 1931)([Journal of the American Oil Chemists' Society Volume 8, Number 7 / juillet 1931](#)) Une société britannique utilise ce genre de tapis pour séparer les coques. Ils prétendent arriver à une impureté de 3 % de coque dans les amandes triées avec un tapis double.

Je n'ai pas accès à l'article complet car il ne comporte qu'un bref résumé et peu d'informations. L'article aborde d'autres sujets après la brève mention.

### Méthode par spirale (EJE, 1998)

Le mélange est déposé dans une chute en spirale. Les éléments ronds peuvent rouler et prennent de la vitesse tandis que les éléments non ronds glissent. Avec la vitesse et la force centrifuge, les éléments ronds tombent à l'extérieur de la spirale.

La méthode par spirale ne requiert pas de pièce mobile.

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes

Avril 2010

Il est possible d'éliminer la spirale extérieure et simplement de mettre la spirale intérieure dans un cylindre.

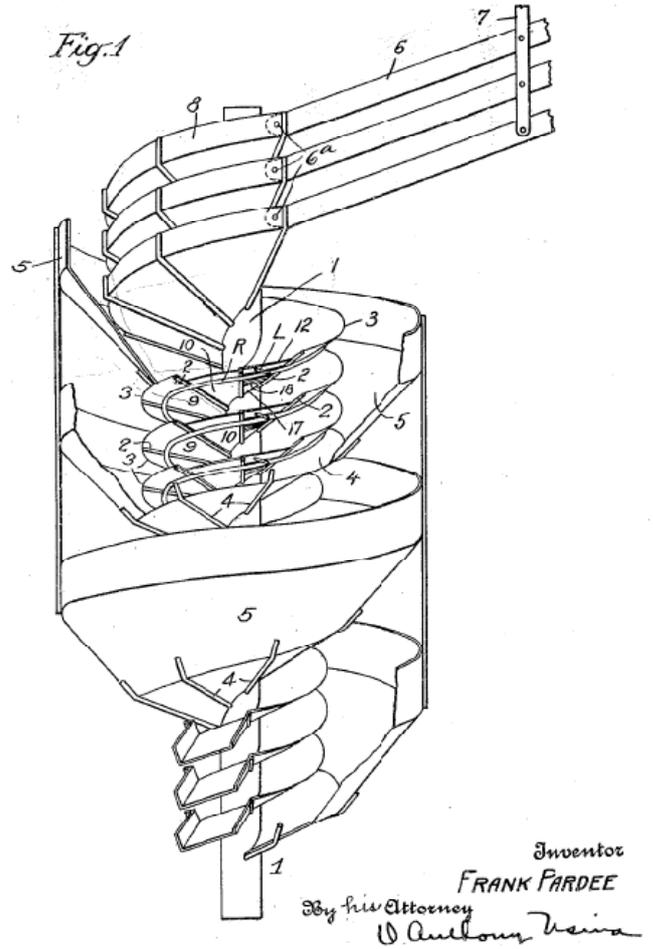


Figure 9 Séparateur à spirale

(Pardee, 1931)

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

### Séparation par rouleau texturé

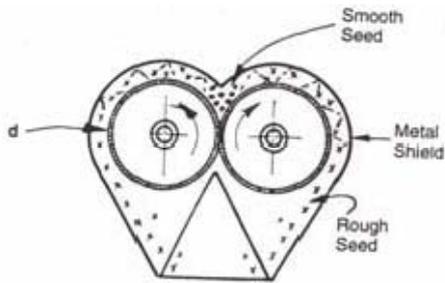


Figure 10

Le mélange est déposé au milieu de deux rouleaux texturés. Les éléments qui collent aux rouleaux sont expulsés vers le côté et les éléments qui ne collent pas restent au milieu. On pourrait imaginer que les amandes qui roulent et ont moins de friction restent au milieu et les coques sont expulsées vers l'extérieur. Il est possible de couvrir les rouleaux de jute, car il y a une différence de friction.

### Séparation par cylindre gaufré

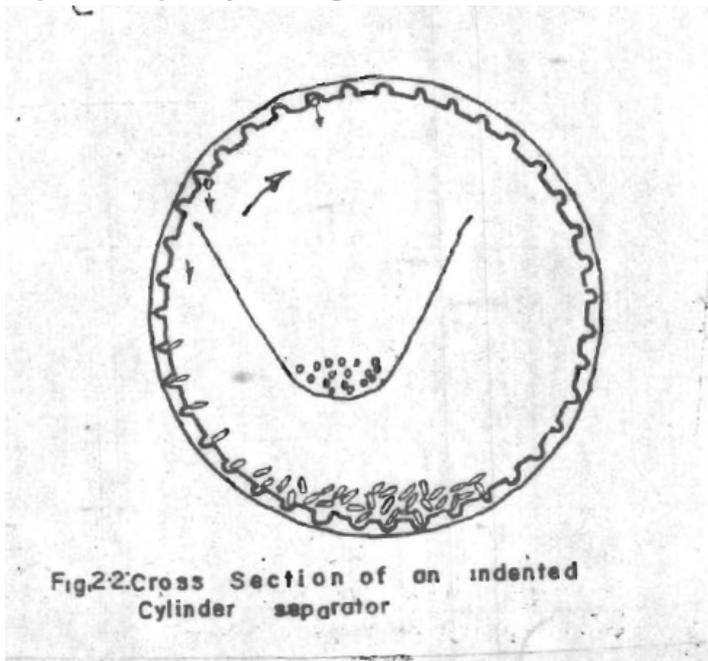


Figure 11 Séparation par cylindre gaufré

Les trous dans le cylindre sont formés pour accueillir l'un des deux composants pour les emporter vers le haut tandis que l'autre composant ne peut pas entrer

dans les trous et reste en bas. Je crois que cette méthode est difficile à utiliser, car la forme des coques est très variable et les amandes ont tendance à rouler.

**Méthode par expulsion d'un disque rotatif** (Koya, 2006)

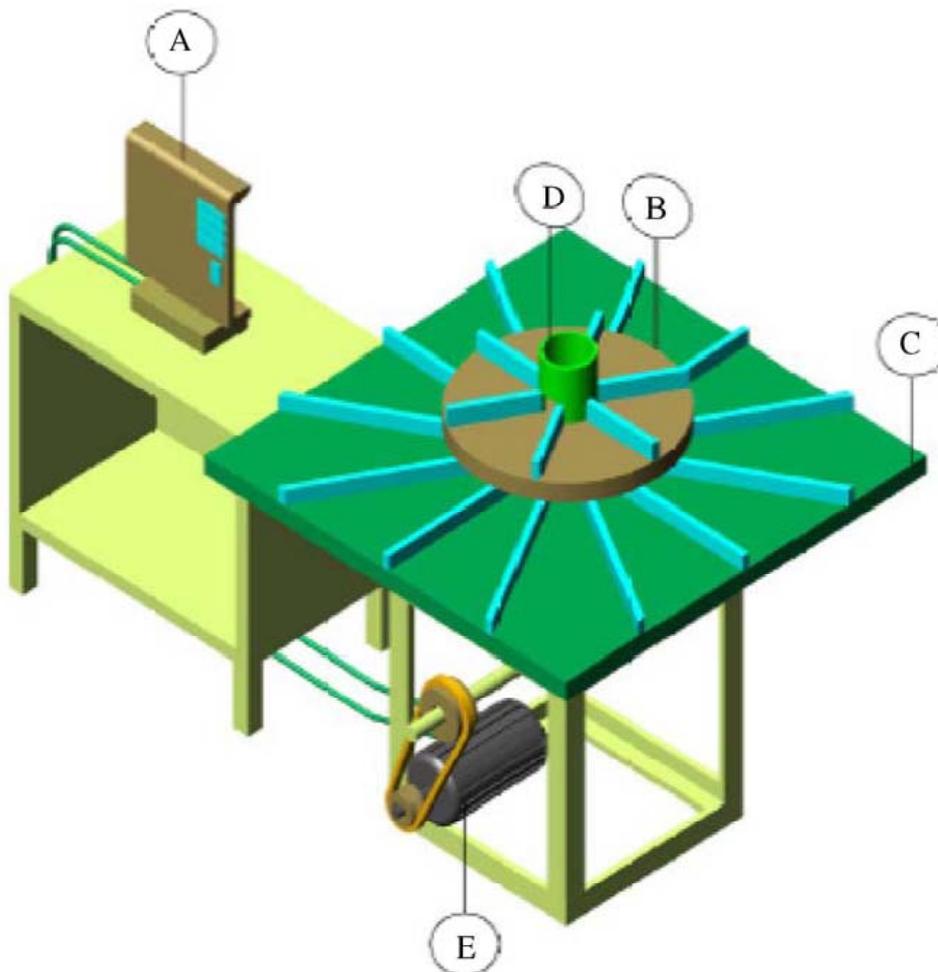


Figure 12 Séparateur à disque. A : Panneau de contrôle, B : Disque tournant, C : Table pour recueillir les coques et amandes E : Moteur

La trajectoire d'éjection dépend de la forme et du coefficient de friction de chaque pièce.

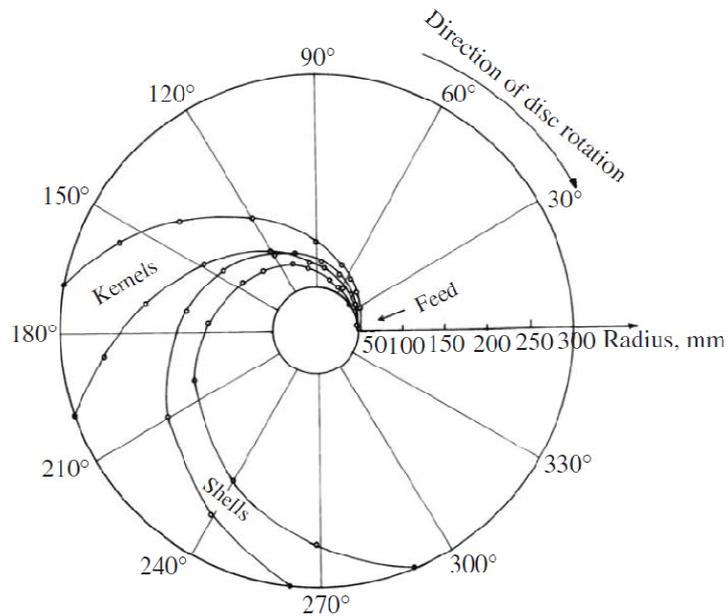


Figure 13 Éjection des amandes et coques du disque

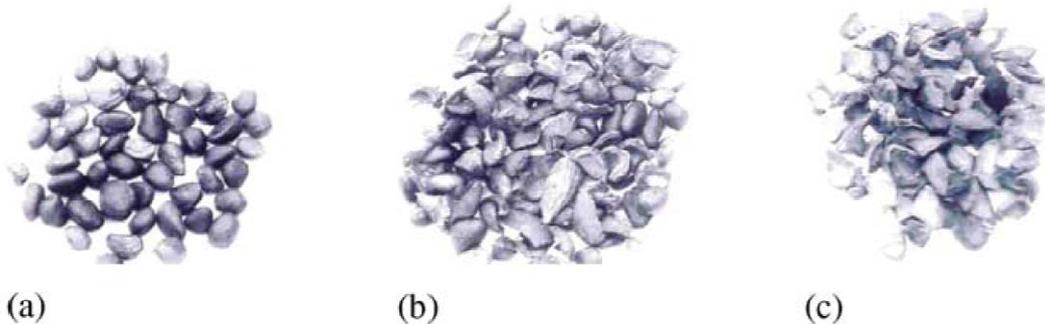


Figure 14 A : Amandes sorties du disque de 90° à 150°, B : Mélanges sortis du disque de 180° à 210°, C : Coques sorties du disque à plus de 210° (Voir figure du haut)

Un important concept amené par cet article est que l'on peut améliorer la différence entre les coefficients de friction des amandes et celle des coques en recouvrant les surfaces de fibre de jute.

**Tableau 4 Coefficient de friction statique (Source article non-publié de Koya (Koya, 2006))**

<i>Structural surface</i>	<i>Friction coefficient</i>	
	<i>Kernel</i>	<i>Shell</i>
Galvanised sheet metal	0.39 (0.01)*	0.38 (0.01)
Plywood	0.51 (0.01)	0.52 (0.01)
Jute fibre (new)	0.68 (0.01)	0.95 (0.01)

## Essais et Prototypage

### Séparation par alimentateur.

#### Résumé

Nous avons fait des essais avec un alimentateur vibreur électromagnétique pour la séparation des coques et amandes. L'article de Sarig indique qu'il est possible pour les noix de macadam de trouver une fréquence qui fait monter les amandes et descendre les coques. Il a été impossible de trouver une telle fréquence avec les noix de palme. La solution est d'augmenter la fréquence pour que l'ensemble soit agité. L'alimentateur est réglable par un potentiomètre de 1-10. L'alimentateur a une vibration maximum de 6000 tr/min. Avec un réglage à 7, les amandes rondes roulent vers le bas et les coques restent en haut. Pour un des essais, nous arrêtons la machine après que tout le mélange soit séparé et nous recueillons la fraction contenant principalement des amandes. Pour un autre essai, nous avons simulé une sortie au bas de l'alimentateur. Les amandes ont été recueillies au bas de l'alimentateur pendant que l'alimentateur était en marche. Nous avons arrêté la cueillette quand nous jugions que les éléments ne tombaient plus vers le bas de l'alimentateur. La méthode par cueillette de la fraction avec le plus d'amandes donne une plus grande pureté d'amandes de 92% vs<sup>1</sup> 80%, mais il a récupéré moins d'amandes 70% vs 84%.

---

<sup>1</sup> Vs : abréviation latine (versus) signifiant « contre ».

## Introduction

Sarig et Blas (Sarig & Blas, 2000) ont rapporté l'utilisation d'un alimentateur par vibration électromagnétique pour la séparation des coques et amandes des noix de macadam. Nous avons testé un alimentateur Tuxel LEX3 fourni par AUDIMAT de Bruxelles. L'article propose une séparation par différence de friction et fréquence naturelle. Selon Sarig (Sarig & Blas, 2000) la valeur de la fréquence naturelle par rapport à la fréquence de vibration de l'alimentateur détermine si les particules vont plutôt glisser ou flotter. En mettant une inclinaison sur le couloir, certaines particules vont monter, d'autres descendre. Les résultats par la méthode de fréquence naturelle ne sont pas concluants. L'article propose de mettre du papier verre grain de 60 pour certains tests. Avec le papier abrasif et en augmentant la fréquence de vibration, les amandes se mettent à rouler et les coques montent. Cette méthode donne une bonne piste pour la séparation.

## Méthode

Nous avons fait quelques essais avec un mélange composé de 75 % de coques et 25 % d'amandes; ce mélange a été prétéamisé entre des grilles de 14 mm et 8 mm. La fraction recueillie est composée de mélange entre 8 mm et 14 mm. Nous avons fait aussi un essai avec un mélange brut non tamisé; nous avons tamisé les amandes recueillies après la séparation.

Nous avons incliné l'alimentateur à 20 °. Nous avons recouvert le fond du couloir avec du papier verre pour augmenter la friction. La plus grande friction permet aux coques de monter dans le couloir avec un angle plus grand. Sans le papier verre, l'angle maximum pour que les coques montent n'est pas assez grand pour permettre aux amandes de rouler facilement. La fréquence

Conception d'une machine séparatrice de coques  
Avril 2010

 [www.codeart.org](http://www.codeart.org)



de vibration de règle avec un potentiomètre linéaire externe avec une plage de 1 à 10 avec une fréquence maximum est de 6000 RPM. Pour les essais, le potentiomètre a été réglé à 7. Nous avons collé le papier verre avec un ruban adhésif double face. Deux mélanges ont été testés un mélange brut provenant directement du concasseur, et un mélange reconstitué contenant 25 % d'amandes et 75 % de coques. Le mélange reconstitué a été prêtamisé entre des tamis de 8 mm et 14 mm. Pour le mélange pris directement du concasseur, nous avons tamisé les amandes recueillies après la séparation.

## Résultats

### Essai avec mélange intégral avec tri par grille après séparation.

Deux méthodes ont été utilisées pour recueillir les amandes. La première méthode est d'arrêter la machine et de prendre des fractions composées principalement d'amandes. Nous avons recueilli deux fractions : la fraction du 1 du bas est composée à 92 % d'amandes. La fraction 1+2 est composée de 80 % d'amandes. Nous récupérons 70 % des amandes en ne prenant que la fraction 1. Nous récupérons 84 % des amandes en prenant la fraction 1 et la fraction 2.

La deuxième méthode consiste à simuler une ouverture vers le bas en recueillant les amandes pendant que la machine est en marche jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de débris qui tombent.

Par cette méthode avant triage par grille, nous avons récupéré 84 % des amandes avec une pureté de 72 %. Après triage avec une grille de 14 mm, le taux de récupération est descendu à 81,5 % mais la pureté des amandes dans le mélange est de 80,9 %.

Tableau 5 Mélange brut non-tamisé méthode de cueillette continue en bas de l'alimentateur

		Poids (g)	Pourcentage (Sous-total Mélange)
Sortie du Bas	Amandes	223	71,9%
	Coques	60	19,4%
	Noix	27	8,7%
	<b>Sous-total</b>	<b>310</b>	
Dans le couloir	Amandes	16	16,3%
	Coques	80	81,6%
	Noix	2	2,0%
	<b>Sous-total</b>	<b>98</b>	
Sortie du haut	Amandes	24	3,7%
	Coques	631	96,3%
	Noix	0	0,00%
	<b>Sous-total</b>	<b>655</b>	

Tableau 6 Fraction sortie du bas après tamis de 14 mm (éléments moins de 14 mm ø)

	Poids (g)	Pourcentage
<b>Amandes</b>	220	80,9%
<b>Coques</b>	48	17,67%
<b>Noix</b>	4	1,45%
<b>Total</b>	<b>272</b>	

Tableau 7 Comparaison avant /après tamis de 14 mm (par cueillette continue)

		Poids(g)	Pureté des amandes	Pourcentage Récupéré
<b>Non-tamisé</b>	Amandes	223	71,9%	84,8%
	Sous-total Mélange Bas	310		
<b>Tamisé &lt; 14 mm</b>	Amandes	220	80,9%	83,7%
	Sous-total Mélange Bas	272		
<b>Total Amandes</b>		<b>263</b>		

Tableau 8 Mélange brut recueilli par batch

		Poids(g)	Pureté des amandes	Pourcentage Récupéré
<b>Fraction 1</b>	Amandes	186	81,9%	70,7%
	Total Fraction	227		
<b>Fraction 1+2</b>	Amandes	216	76,9%	82,1%
	Sous-total Mélange Bas	281		
<b>Total Amandes</b>		<b>263</b>		

Tableau 9 Tamisage de la fraction 1 (< 14 mm)

	Poids(g)	Pourcentage
<b>Amandes</b>	184	92,0%
<b>coques</b>	10	5,0%
<b>noix</b>	6	3,0%
<b>Total</b>	<b>200</b>	

Tableau 10 Tamisage de la fraction 1 (< 14 mm)

		Poids(g)	Pureté des amandes	Pourcentage Récupéré
<b>Non Tamisé &lt; 14 mm</b>	Amandes	186	81,9%	70,7%
	Total Fraction	227		
<b>&lt; 14 mm</b>	Amandes	184	92,0%	70,0%
	Sous-total Mélange Bas	200		
<b>Total Amandes</b>		<b>263</b>		

### Essai avec mélange reconstitué et pré-tamisé entre 8 mm et 14 mm

Il y a trois fractions qui se forment. Une fraction sort de l'alimentateur, une fraction reste en haut de l'alimentateur et une dernière fraction reste en bas de l'alimentateur.

Nous avons récupéré et séparé à la main les trois fractions. Les proportions des fractions sont résumées dans le tableau 1

Tableau 11 Proportion des fractions séparées par l'alimentateur

		Poids (g)	Pourcentage
<b>Fraction</b>	Sortie de l'alimentateur	Coques	698 98,0 %
		Amandes	14 2,0%
		Sous-Total	712
	Haut	Coques	118 58,1%
		Amandes	85 41,9%
		Sous-Total	203
	Bas	Coques	13 4,9%
		Amandes	251 95,1%
		Sous-Total	264
	<b>TOTAL</b>		<b>1179</b>

Tableau 12 Efficacité de la séparation

	Pourcentage	
Amandes fraction du bas	251	71,7%
Sous total fraction du bas	264	95,1%
<b>Total Amandes</b>	<b>350</b>	



Figure 16 Fraction du bas



Figure 17 Fraction du haut



Figure 18 Fraction sortie de l'alimentateur

## Essai préliminaire avec mélange pré tamisé 8 mm-14 mm

### Séparation par fréquence naturelle

Les résultats de tests pour trouver la fréquence de vibration que font glisser les amandes et noix dans différentes directions sont négatifs. Nous n'avons pas pu trouver une fréquence qui sépare les amandes des coques. Avec potentiomètre à la position 4, certaines amandes montent et d'autres descendent. Idem pour les coques. Il y a fractionnement du produit, mais les fractions du haut et du bas contiennent un mélange non séparé.

### Séparation par roulement

En augmentant la fréquence de vibration, toutes les particules sautent ce qui entraîne le roulement des amandes. Le papier verre nous permet d'augmenter l'angle d'inclinaison que les coques peuvent monter. L'angle plus grand accentue le roulement des amandes et augmente la vitesse et l'efficacité de séparation. Les résultats sont résumés dans le tableau 1

Tableau 13 Pourcentage des fractions après séparation

		Poids (g)	Pourcentage
<b>Fraction du haut</b>	Amandes	76	82,6 %
	Coques	16	17,4 %
	<b>Total</b>	<b>92</b>	
<b>Fraction du bas</b>	Amandes	18	11,8 %
	Coques	135	88,2 %
	<b>Total</b>	<b>153</b>	

Pour cet essai, les quantités sont faibles donc l'efficacité est à titre indicatif seulement. Nous avons pu avoir une pureté des amandes de 82 % et nous avons récupéré 80 % des amandes. Les amandes perdues sont de forme plate et peuvent difficilement rouler.

Tableau 14 Pourcentage d'amandes récupérées

	Poids (g)	Pourcentage
<b>Amandes Récupérées</b>	76	80,9 %
<b>Amandes Perdues</b>	18	19,1 %
<b>Total</b>	<b>94</b>	

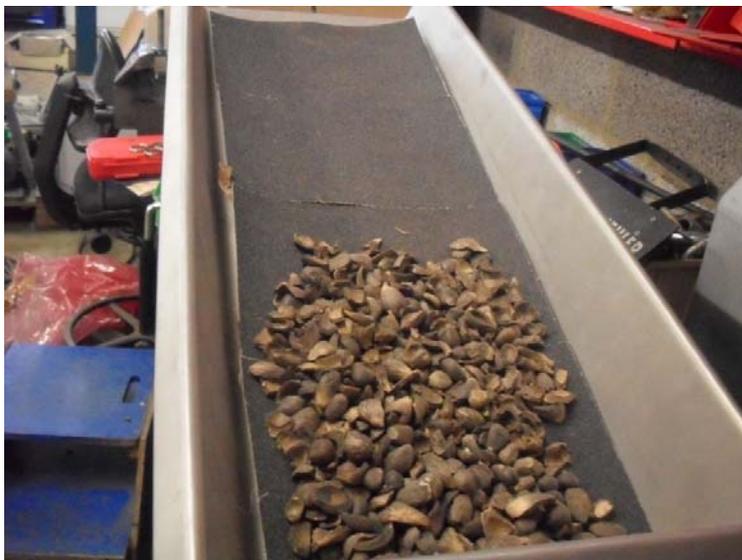


Figure 19 Mélange avant séparation



Figure 20. Fraction du bas après séparation



Figure 21. Fraction du haut après séparation

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

 [www.codeart.org](http://www.codeart.org) 

## Discussion et conclusion

Les tamisages pré-séparation et post-séparation donnent des résultats similaires 95% vs 92% de pureté et 71% vs 70% d'amandes récupérées. Le tamisage pré séparation permet d'avoir moins d'éléments à séparer. Par contre, le tamisage post séparation réduit la portion à tamiser.

Il y aurait deux façons d'utiliser ce système. La première façon serait d'avoir un couloir ouvert aux deux côtés. Le côté du bas recueillerait les amandes en continu et le côté du haut recueillerait les coques. Alternativement, puisque les amandes doivent être triées manuellement après la séparation par vibration, nous pourrions concevoir une machine composée d'un grand bac où des ouvriers recueillent manuellement les amandes en bas de la machine.

Les résultats du système ouvert des deux côtés (simulé) sont comparables à la cueillette des fractions 1 et 2

Tableau 15

		Poids(g)	Pureté des amandes	Pourcentage Récupéré
<b>Non-tamisé</b>	Amandes	223	71,90%	84,80%
	Sous-total Mélange	310		
	Bas			
	<b>Total Amandes</b>	<b>263</b>		
<b>Fraction 1+2</b>	Amandes	216	76,90%	82,10%
	Sous-total Mélange	281		
	Bas			
	<b>Total Amandes</b>	<b>263</b>		

Le principal obstacle dans l'implémentation de ce système est la nécessité d'électricité. L'électricité n'est souvent pas disponible pour les zones rurales du Sud.

Nous avons fait des tests préliminaires avec un tapis roulant au lieu de l'alimentateur. La méthode du tapis est inefficace car il faut une agitation pour dégager les amandes des coques. Avec le tapis, les amandes restent coincées dans le mélange de noix et sont emportées vers le haut. Nous sommes aussi en cours d'essai pour une machine qui utiliserait deux gros rouleaux où les coques

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

collent et les amandes roulent. Nous croyons que la machine à rouleaux est une meilleure alternative que la machine à tapis.

## Séparation par grille vibrante.

### Introduction

Nous avons construit un prototype de séparateur à grille basé sur le modèle d'Eje 2002. Le principe est une première grille avec des trous longs qui permettent le passage des coques. Une deuxième grille avec des trous ronds permet de recueillir les amandes. Les coques trop grosses et les noix non concassées ne peuvent passer dans aucune des deux grilles et sont éliminées dans une chute à la fin du processus. Le mélange avance sur la grille grâce à un mouvement oscillant faisant sauter les éléments sur la grille. Les deux grilles sont mises en angle pour faciliter le mouvement du mélange. Pour que la grille à trous longs soit ajustable, nous avons conçu plusieurs peignes à espacement variable qui peuvent facilement être interchangeés.

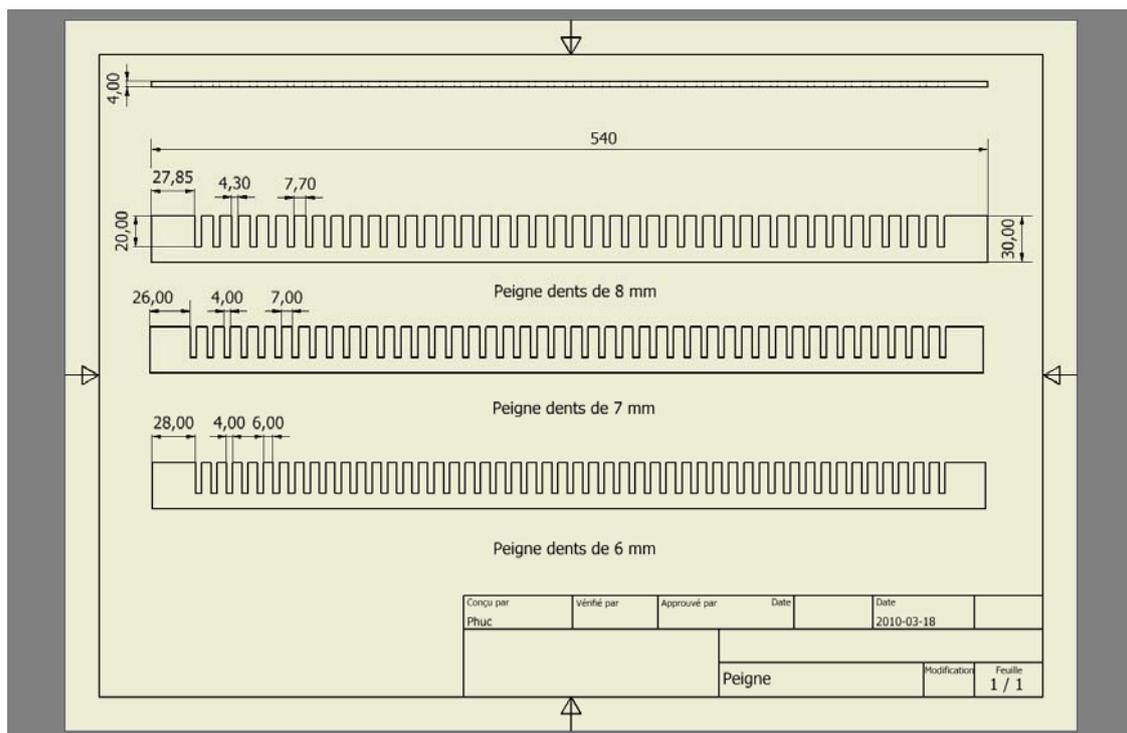


Figure 22 Peignes

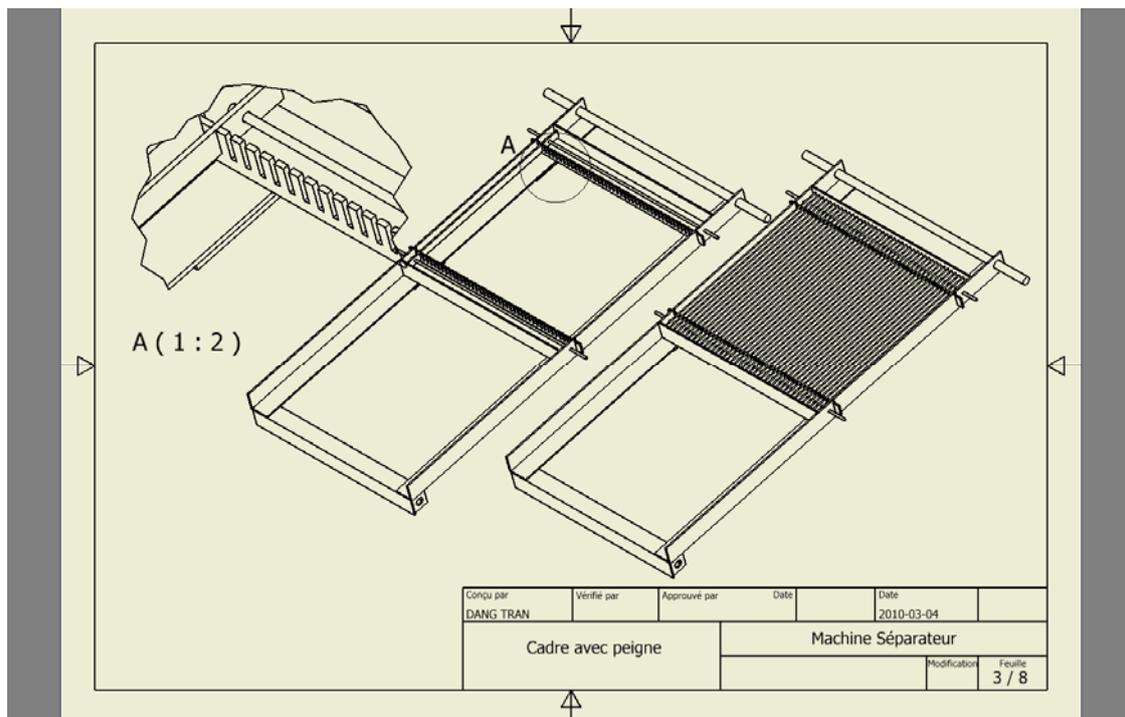


Figure 23 Grille pour les coques

La grille à trous ronds est simplement une tôle perforée. Des tôles perforées avec des trous de dimensions différentes peuvent être interchangeables. Après notre étude de granulométrie des amandes, une tôle perforée de 15 mm a été choisie.

L'oscillation de la grille est induite par un vilebrequin. Un disque perforé avec plusieurs trous à distances variables nous permet de tester différentes amplitudes pour le vilebrequin.

### **Essai de la machine séparatrice à grille.**

Nous avons fait construire un prototype et procédé à plusieurs essais. La vitesse d'oscillation, l'amplitude et l'angle d'inclinaison furent déterminés par essais/erreurs. Nous avons cherché une avance optimale du mélange sur les grilles. Les meilleurs résultats furent obtenus avec la plus petite amplitude de 25 mm de rayon, un angle d'inclinaison de  $10^\circ$  et une vitesse de rotation de 150 tr/min. Avec une inclinaison plus grande, le mélange passe trop vite dans les grilles. Avec une vitesse de rotation plus lente, le mélange reste bloqué et n'avance pas.



Figure 24 Séparateur à grilles

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

 [www.codeart.org](http://www.codeart.org) 

Avec une petite oscillation et une vitesse assez grande, le mélange avance par petits bonds sur les grilles ce qui permet aux éléments de la bonne forme de tomber dans la bonne grille.

#### Résultats et conclusion des essais par grilles.

Les résultats préliminaires des essais par grilles ont été décevants. En effet la dimension des coques et amandes étant trop similaire, il est difficile de séparer les deux éléments avec le séparateur à grilles. La grille où devraient passer les amandes pures a laissé passer 383 g d'amandes pour 340 g de coques ce qui donne un pourcentage de 52 pour cent de pureté des amandes triées. Ce pourcentage est trop bas pour que la séparation soit suffisante avec cette machine seule. Un élément qui peut grandement influencer la séparation est le concassage. En effet, différents paramètres de concassage donnent un mélange avec différentes tailles de coques. Le concassage a été optimisé pour minimiser les noix non concassées et minimiser les amandes fragmentées. Nous pourrions optimiser le concassage pour avoir des coques de différentes tailles; cependant, nous aurions soit plus de noix non concassées avec une vitesse de concassage plus lente soit plus d'amandes fragmenter avec une vitesse de concassage plus rapide. La deuxième solution serait d'utiliser ce système en combinaison avec une séparation. Cependant, avec le faible taux de séparation, le coût de la machine et la nécessité du moteur, nous posons la question de l'utilité d'ajouter une telle machine en série avec d'autres méthodes de séparation.

#### Séparation par rouleaux recouverts de jute

Nous nous sommes inspirés d'un nettoyeur de graines de luzerne et de trèfle pour concevoir un séparateur par rouleaux recouverts de jute. L'article de Koya (Koya, 2006) nous indique que le jute est un matériel approprié pour séparer les coques des amandes. Cependant, nous trouvons son système trop compliqué et il donne des résultats mitigés avec une portion de mélange non séparé. Dans notre révision des méthodes de séparation, nous avons trouvé une méthode pour nettoyer les petites graines qui utilisait des rouleaux texturés où certaines particules collent aux rouleaux et sont extraites du mélange et d'autres éléments ne collent pas et restent au milieu. Cette technique est utilisée pour de très petites gaines 1mm de diamètre. La figure 26 nous montre la machine utilisée pour ce nettoyage.



Figure 25 Séparateur à rouleaux

Nous avons fait quelques essais préliminaires avec un seul rouleau comme preuve de concept figure 27



Figure 26 Prototype d'un séparateur à rouleau

L'essai a confirmé que le jute pouvait séparer les coques des amandes.

Tableau 16 Séparation par le prototype

		Poids	(%)
<b>Éléments entraînés par le jute</b>	Amandes	33	4,81%
	Coques	653	95,19%
	<b>Total</b>	<b>686</b>	
<b>Éléments non-entraînés</b>	Amandes	359	86,71%
	Coques	55	13,29%
	<b>Total</b>	<b>414</b>	

Tableau 17 Amande récupérer par le prototype

	Poids	(%)
<b>Amandes Récupérées</b>	359	91,58%
<b>Amandes Perdus</b>	33	8,42%
<b>Total</b>	<b>392</b>	

Conception d'une machine séparatrice de coques et amandes palmistes  
Avril 2010

Le tableau 16 montre la proportion des coques et des amandes qui ont été entraînées par le jute et la proportion qui ne l'a pas été. Nous observons une contamination de 13% de coques dans la sortie d'amandes triées.

Le tableau 17 montre la proportion d'amandes perdues qui ont été entraînées par le jute. Nous avons pu récupérer 92% des amandes dans le mélange. Ces résultats sont très positifs pour un premier essai. Le seul point faible reste la vitesse de séparation.

### **Système à deux rouleaux**

Pour augmenter le débit, nous avons construit un système à deux rouleaux avec de plus grands rouleaux de 400 mm de diamètre. La longueur des rouleaux est de 1400 mm. Nous avons recouvert les rouleaux de jute. Nous avons laissé une partie non recouverte à la fin des rouleaux. Cette partie permet aux fragments et poussières qui n'ont pas été entraînés par le jute de tomber et être éliminés avant d'entrer dans le bac de récupération.

Nous avons mis 8,5 kg de mélange brut en entrée et avons récupéré 1,76 kg en sortie, dont 1,36kg d'amandes (77,3%), il faut faire encore quelques essais pour optimiser la séparation.

Tableau 18 Pureté des amandes récupérées par le système à deux rouleaux

	Poids (kg)	Pourcentage
Amandes	1,36	77,3%
Coques	0,40	22,7%
<b>Total</b>	<b>1,76</b>	

## Conclusion

Selon moi, la meilleure piste de solution est les rouleaux de jute. Cette solution est simple et facile à reproduire. Elle ne requiert aucun système complexe. Cette solution peut être actionnée manuellement. Il faut faire encore des essais pour optimiser la séparation. La deuxième solution serait sur le modèle de l'alimentateur. Cette solution a une meilleure séparation, mais requiert de l'électricité souvent non disponible dans les communautés rurales des pays du Sud. Cependant, cette solution pourrait être utilisée dans un milieu plus urbain avec de l'électricité. De plus, CODEART travaille sur une génératrice d'électricité à l'huile de palme. S'il y a de l'électricité disponible, la solution de l'alimentateur peut être envisagée. Cependant, cette solution est plus coûteuse et dépend de machines produites en Europe. Elle est difficilement copiable par des artisans des pays du sud.

## Bibliographie

CODEART. (2010, Avril 23). CODEART. Consulté le Avril 2010, 2010, sur CODEART: <http://www.codeart.org>

EJE, B. E. (1998). Design, Construction And Evaluation Of Palm Kernels And Shells Separator. UNIVERSITY OF NIGERIA, NSUKKA: DEPT. OF AGRICULTURAL ENGINEERING.

Eje, B. E. (2002). Palm Kernel and Shell Separator. *Biosystems Engineering* , 81 (2), pp. 193-199.

Koya, O. A. (2006). Separation Theory for Palm Kernel and Shell Mixture on a Spinning Disc. *Biosystems Engineering* , 95 (3), pp. 405–412.

NAKAZAWA, H., & al. (2006). Recovering Aluminum from Shredded Aluminum Electrolytic Capacitors by means of a Dry Shaking Table. *Resources Processing* , 53, pp. 206-208.

Note of the industry. (1931, Juillet). *Journal of the American Oil Chemists' Society* , 8 (7).

Oke, P. K. (2007). Development and Performance Evaluation of Indigenous Palm Kernel Dual Processing Machine. *Journal of Engineering and Applied Sciences* , 2 (4), pp. 701-705.

Padee, F. (1931). *Brevet n° 1516926*. États-Unis.

Pantzaris, T. P., & Mohd, J. A. (2001, Decembre). Properties and Utilization of Palm Kernel Oil. *Palm Oil Development* , pp. 11-15,19-23.

Sarig, Y., & Blas, H. (2000). Development of a Method for Separating Macadamia Nut Kernels from Cracked Nuts. *Applied Engineering in Agriculture* , 16 (6), 665-670.