



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de maintenance en instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : *Génie Industrielle*

Spécialité: *Génie Industrielle*

Thème

Etude expérimentale de la séparation d'un mélange de particules avec un séparateur à tapis roulant.

Présenté et soutenu publiquement par:

ABDELLAOUI ALA EDDINE

BENSAFIA ABDELHAK

Devant les jurys composé de:

Nom et Prénom	Etablissement	Qualité
Rahiel Rashida	IMSI	Président
Labair Hakima	IMSI	Encadrant
Mimouni Chahinez	IMSI	Examinatrice

Juin 2022

Remerciement

Une grande gratitude a mon encadreur labaire hakima, qui m'a soutenu pendant toutes les étapes de mémoire en manifestant un grand intérêt pour mon travail.

Mes remerciements iront également aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon modeste travail.

A tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin, par un geste, une parole ou un conseil, je leur dis merci.

Sans oublier tous nos enseignants qui nous ont assurés des études de haut niveau et qui nous permis d'acquérir des connaissances.

Dédicace

S.BENSAFIA

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir aidé pour achever ce modeste travail que je dédie :

À mes chers parents, ma mère et mon père 'Rabi yarahemou', pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour leur patience, leur amour et leurs encouragements.

Que ce travail leur apporte joie et fierté.

À mes chères frères Djilali et hamza et Moustapha et ma sœur Zina à toute ma famille,

À tous mes enseignants,

A tous ceux qui, un jour, ont pensé à moi, les plus beaux mots ne sauraient exprimer ma redevance.

Dédicaces

S.abdellaoui

Je dédie ce modeste travail a mes parents, mes estime pour eux sont immenses, je leurs remercie pour tout ce que ils ont fait pour moi.

À nos chères mères, et À nos très chers pères, À toutes nos familles, nos frères, nos sœurs, et à tous nos amis
À l'ensemble des enseignants du département de maintenance en instrumentation a imsi

À mon ami katebi ossama. Sans oublier mon amis aouade benadjina qui m'ont aidé, merci à eux, à leur soutien et leur compréhension.

SOMMAIRE

Introduction générale	01
-----------------------------	----

Chapitre 01 : Les Séparateurs électrostatiques

I.1. Introduction	03
I.1.1 Séparation électrostatique.....	03
I.1.2 Séparation électrostatique des DEEE.....	03
I.2.1. Exemple Séparation de matériaux conducteurs	04
I.3 Les différents types de séparateur électrostatique.....	04
I.3.1Séparateur à chute libre.....	04
I.3.1.1Fonctionnement d'un séparateur chute libre	06
I.3.1.2.Première installation	07
I.3.1.3.Deuxième installation	09
I.3.2.Séparateur chute libre triboélectrique.....	09
I.4. Séparateur électrostatique à convoyeur	10
I.5. Séparateur à cylindre tournant	12
I.2.1.1. Séparation électrostatique à tapis roulant	14
Conclusion.....	16

Chapitre 02 :techniques de chargement des matériaux isolants

II.1.Introduction	17
II.1.Chargement par effet triboélectrique.....	17
II.1.1Série triboélectrique	18
II.1.2Dispositifs déchargement triboélectrique.....	21
II.1.2.1Dispositif de charge à lit fluidisé.....	22
La vibration	22
Le bullage	22
La formation	22
Le renardage.....	22
Le pistonnage.....	22
L'entraînement	23
II.1.2.2Dispositif de charge par ventilateur.....	23
II.1.2.3Dispositif de charge par cyclone.....	24
II.1.2.4Dispositif de charge par vibrations	25

II.1.2.5	Dispositif de charge à cylindre rotatif	26
II.1.2.6	Dispositif de charge à tambour tournant	26
II.1.2.7	Charge par décharge couronne	27
II.1.2.8	Décharge couronne positive	28
II.1.2.9	Décharge couronne négative	28
II.1.2.10	Décharge couronne alternative.....	29
II.1.2.11	Charge par induction	29
II.2	Forces aérodynamiques et électrostatiques.....	30
II.2.A	Forces de la pesanteur	30
II.2.B	Forces de London-Van der Waals	30
II.1.C	Force de Coulomb.....	32
II.2.C	Forces aérodynamiques	34
II.d	Force diélectrophorétique	35
	Conclusion	36

Chapitre 03

3.1	Séparateur à tapis roulant.....	37
3.1.1	Modèle du champ électrostatique.....	37
3.1.2	Point de détachement de la particule	38
3.1	Etude expérimentale de la trajectoire des particules dans un séparateur à tapis.....	44
	Convoyeur	
3.2.1	Séparateur électrostatique.....	44
4.1.2	Chargeur triboélectrique.....	46
4.1.3	Mélange granulaire	48
4.1.4	Procédure expérimentale	48
4.1.5	Discussions des résultats expérimentaux.....	51
4.3	Conclusion.....	65
	Conclusion Générale.....	67

LISTE DES FIGURES

Chapitre 01

Figure I-1 : Installation utilisé dans la séparation électrostatique des mélanges	03
Figure I.2 : Représentation schématique du séparateur électrostatique (1) Plaque vibrante métallique reliée à la terre	04
Figure I.3 : séparateur a chute libre.	05
Figure I-4: forces agissent sur une particule chargée négativement sur un séparateur a chute libre	06
Figure I.5 : (a) Photographie et (b) Schéma descriptif d'un séparateur triélectrostatique(INRA)	08
Figure I. 6: Schéma descriptif du séparateur tribo-électrostatique	09
Figure I.7 séparateur à chute libre triboelectrique	10
Figure I.8. Séparateur électrostatique à tapis roulant(convoyeur métallique)	11
Figure I.9 Schéma descriptif du collecteur de produits.	11
Figure I-10 : Trajectoire des particules dans un séparateur acylindre tournant	12
Figure I-11 : Forces agissants sur les particules conductrices et isolantes en contact avec le cylindre tournant	13
Figure I-12 : Trajectoire réel des particules dans un séparateur a cylindre tournant	14
Figure I.13 : photo du séparateur à tapis roulant	15
Figure I-14: Représentation schématique d'un séparateur	16

Chapitre 02

Figure II .1 : L'échange de la charge électrique entre deux surface par effettriboélectrique:	18
Figure II .2 Illustration de série triboélectrique	20
Figure II .3 : Représentation schématique de dispositif d'acquisition de charge électrique par lit fluidisé	23
Figure II .4 . Représentation schématique d'un dispositif de chargement par ventilateur	24

Figure II . 5.: Représentation schématique d'un dispositif de chargement par cyclone	25
Figure II .6:Dispositif vibrations	25
Figure II .7 : Dispositif de chargement à cylindre rotatif	26
Figure II .8: Dispositif de charge à tambour tournant	27
Figure II .9: Description de la décharge couronne négative.	29
Figure II .10: La force attractive de London-Van der Waals	32
Figure II .11 : Force de coulomb entre deux sphères chargées.	34
Chapitre 03	
Figure3.1: Paramètres géométriques du séparateur à tapis convoyeur	38
Figure3.2: Distribution du potentiel et lignes du champ dans un séparateur à tapis convoyeur	38
Figure3.3 : Forces électrostatiques et gravitationnelles appliquées sur une particule en fonction de sa position sur la section linéaire du tapis convoyeur	39
Figure3.4 : Composantes normales de la forces gravitationnelles appliquées sur une particule en fonction de sa position angulai redans la section circulaire du tapis convoyeur	40
Figure3.5 : Composantes normales de la forces électrostatiques appliquées sur une particule en fonction de sa position angulaire dans la section circulaire du tapis convoyeur	40
Figure 3.6 : (a) : Forces normales appliquées a une particule dans la section circulaire du tapis ; (b) :la somme des forces normale	41
Figure3.7 : Angle de détachement d'une particule en fonction de sacharge et sa masse.	42
Figure 3.8 : Correction de l'angle de détachement ; \rightarrow Vecteur somme des forces appliquées a une particule a l'instant t_n	43
Figure 3.9 : Correction de l'angle de détachement de la particule	44
Figure 4.22: Photographie du séparateur a tapis roulant	45
Figure 4.23: Résultats de séparation ABS/PVC obtenue par un séparateur a tapis convoyeur	45
Figure 4.2: Convoyeur à vis	46
Figure 4.3 : Distribution de la masse des particules de l'ABS et PVC	47
Figure 4.4 : Balance électronique	48
Figure 4.23: Résultats de séparation ABS/PVC obtenue par un séparateur a tapisconvoyeur	50

Figure 4.6 : Dispositif utilisé dans la mesure de la charge des particules.	51
Figure 4.7 : Distribution du rapport charge /Masse du produit récupéré dans le collecteur (cellule 2-11) ($\Delta U = 60 \text{ kV}$, $\alpha = 7^\circ$)	52
Figure 4.8 : Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellule (2-11) ($\Delta U = 60 \text{ kV}$, $\alpha = 7^\circ$)	53
Figure 4.09 : Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellules (2-11) ($\Delta U = 60 \text{ kV}$, $\alpha = 7^\circ$)	53
Figure 4.10 : Rayon de particules récupérées dans les cellules du collecteur essais 01	55
Figure 4.11 : Distribution du rapport charge /Masse du produit récupéré dans le collecteur (cellule 2-11)($\Delta U = 30 \text{ kV}$, $\alpha = 7^\circ$)	56
Figure 4.12 : Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellules (2-11)($\Delta U = 30 \text{ kV}$, $\alpha = 7^\circ$)	57
Figure 4.13 : Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellules (2-11)	58
Figure 4.14 : Distribution du rapport charge/Masse en fonction de la différence de potentiel	59
Figure 4.15 : Distribution du rapport charge /Masse du produit récupéré dans le collecteur (cellule 4-9)($\Delta U = 60 \text{ kV}$, $\alpha = 4^\circ$)	60
Figure 4.16 : Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellule (4-9)($\Delta U = 60 \text{ kV}$, $\alpha = 4^\circ$)	61
Figure 17. : Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellule (4-9)($\Delta U = 60 \text{ kV}$, $\alpha = 4^\circ$)	61
Figure 4.18 : Distribution du rapport charge /Masse du produit récupéré dans le collecteur (cellule 4-9)($\Delta U = 30 \text{ kV}$, $\alpha = 4^\circ$)	62
Figure 19. : <i>Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellules (4-9)($\Delta U = 30 \text{ kV}$, $\alpha = 4^\circ$)</i>	63
Figure 4.20 : Moyenne du rapport Charge/Masse du produit récupéré dans les cellules (4-9) ($\Delta U = 30 \text{ kV}$, $\alpha = 4^\circ$)	63

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 02	
Tableau I :Series triboélectrique	21
<i>Tableau II .2</i> : Forces d'interaction électrostatique entre deux sphères chargées	33

Chapitre 03	
Tableau4.9 : Niveaux des facteurs utilisées dans l'étude expérimentale de la trajectoire des particules dans un séparateur a tapis convoyeur	46
Tableau4.1 : Masse des particules	48
Tableau 4.2 : Domain experimental	50
Tableau4.3 : Rapport Charge/Masse (nC/g) du produit récupéré dans les cellules du collecteur ($\Delta U = 60 kV, \alpha = 7^\circ$)	51
Tableau4.4:Rapport Charge/Masse (nC/g) du produit récupéré dans les cellules du collecteur ($\Delta U = 30 kV, \alpha = 7^\circ$)	55
Tableau4.5 : Rapport Charge/Masse (nC/g) du produit récupéré dans les cellule du collecteur ($\Delta U = 60 kV, \alpha = 4^\circ$)	59
Tableau4.6:Rapport Charge/Masse (nC/g) du produit récupéré dans les cellules du collecteur ($\Delta U = 30 kV, \alpha = 4^\circ$)	62
Tableau4.14 : Plage de variation des paramètresde la particule utilisée dans la simulation	64
Tableau4.15: Comparaison entre résultats de simulation et résultats expérimentales obtenu dans l'expérience 6	65