



الجمهورية الجزائرية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة العربي التبسي - تبسة

Université Larbi Tebessi - Tébessa

معهد المناجم

Institut des Mines

قسم الإلكتروميكانيك

Département Electromécanique



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Option : Maintenance Industrielle

Rentabilisation des transporteurs à bande de la mine de Boukhadra

Présenté par

BOUCHOUCHA MOHAMED et FERHI ABDERRAOUF

Devant le jury :

SOUDANI MED SALAH	MAA	Président	Université Larbi TebessiTébessa
RECHACH ABDELKRIM	MCB	Encadreur	Université Larbi TebessiTébessa
FARES NOUREDINE	MAA	Examineur 1	Université Larbi TebessiTébessa
LOUAFI MESSAOUD	Pr	Examineur 2	Université Larbi TebessiTébessa

Promotion 2021-2022

Remerciement

Nos remerciements vont tout d'abord notre créateur ALLAH le tout puissant et miséricordieux et bienveillant, de nous avoir donné la force, le courage et la patience pour mener à terme ce travail.

Nous tenons à exprimer notre immense gratitude à notre encadreur : Dr RECHACH Abdelkrim pour ses remarques avisées, ces conseils pratiques, techniques et scientifiques tout au long de ce travail.

Nous remercions Mr SOUDANI Med Salah d'avoir accepté de présider notre jury.

Nous remercions aussi Mr FARES Nouredine et Mr LOUAFI Messaoud d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous désirons aussi remercier vivement tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce projet.

Dédicaces

Avec l'expression de reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, à qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père ;

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non a mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux : mon adorable mère.

A mon cher frère Aziz pour m'avoir aidé et soutenu avec ses précieux conseils.

A tous les cousins et les amis. Merci pour leurs amours et leurs encouragements, sans oublier mes collègues a qui je leur souhaite réussite et bonheur.

Je remercie aussi mon binôme BOUCHOUCHA Mohamed pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Résumé

La principale idée de ce mémoire est le choix du moteur à réluctance variable comme substitut des moteurs asynchrones à rotor bobinés existant actuellement au niveau de la chaîne de manutention de la Mine de fer de Boukhadra. Les MRV sont devenus un choix pondéré dans les domaines industriels à cause de leurs robustesses, leur faibles coûts de production et également leur rendements très appréciés ; contrairement, aux moteurs classiques (à courant continu et alternatif). Le concept du champ tournant n'est plus pris en compte pour les moteurs à réluctances variable vu que l'alimentation séquentielle du convertisseur asymétrique dépend de la position du rotor.

Le but de notre projet est une comparaison générale entre les moteurs asynchrones à rotors bobinés de différentes puissances (160 – 125 - 22 - 75 - 3 kw), fonctionnels au niveau de la mine d'un côté et les MRV assurant les mêmes performances de géométrie 16/12 pôles avec les mêmes contraintes de couple et de vitesse.

Les résultats obtenus avec les MRV sont meilleurs sur tous les aspects de comparaison (facilité d'emploi, résistance, poids, consommation et performances). Avec l'utilisation du MRV, l'entreprise bénéficie non seulement d'une réduction de la consommation énergétique avec un rendement plus élevé mais aussi d'une longue durée de vie dans des conditions extrêmes tels que la mine à ciel ouvert de fer de Boukhadra.

Mots clés : Machine à réluctance variable (MRV) ; Moteur asynchrone, Moteur à induction.

Abstract

The main idea of this work is the choice of the Switched reluctance motor as a substitute for the asynchronous motors with wound rotor, currently existing at the iron chain of the Boukhadra Mine. SRMs have become a weighted choice in industrial fields because of their robustness, their low production costs and also their highly appreciated efficiency; unlike conventional motors (direct and alternating current). The concept of the rotating field is no longer taken into account for switched reluctance motors because of the sequential supply of the asymmetrical converter depending on the position of the rotor. The aim of our project is a general comparison between asynchronous motors with wound rotors of different powers (160 - 125 - 22 - 75 - 3 kw), functional now at the mentioned mine, on one side, and the SRMs ensuring the same performances of 16/12 pole geometry with the same torque and speed constraints. The results obtained with SRMs are better on all aspects of comparison (ease of use, resistance, weight, consumption and performance). With the use of SRM, the company benefits not only from a reduction in energy consumption with higher efficiency but also from a long life in extreme conditions such as the open pit iron mine of Boukhadra .

Keywords: Variable reluctance machine (MRV); Asynchronous motor, Induction motor.

ملخص

الفكرة الرئيسية لهذا العمل هي اختيار محرك التردد المبتل كبديل للمحركات غير المتزامنة مع دوار الجرح ، الموجود حاليًا في السلسلة الحديدية لمنجم بوخضرة. أصبحت SRMs خيارًا مرجحًا في المجالات الصناعية بسبب متانتها وتكاليف إنتاجها المنخفضة وكفاءتها التي تحظى بتقدير كبير ؛ على عكس المحركات التقليدية (التيار المباشر والمتناوب). لم يعد مفهوم المجال الدوار يؤخذ في الاعتبار لمحركات التردد المحولة بسبب الإمداد المتسلسل للمحول غير المتماثل اعتمادًا على موضع الدوار. الهدف من مشروعنا هو المقارنة العامة بين المحركات غير المتزامنة ذات الدورات الملفوفة ذات القوى المختلفة (160 - 125 - 22 - 75 - 3 كيلواط) ، وظيفية الآن في المنجم المذكور ، من جانب واحد ، و SRMs التي تضمن نفس أداء 12/16 هندسة القطب مع نفس قيود عزم الدوران والسرعة. النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام SRM أفضل في جميع جوانب المقارنة (سهولة الاستخدام والمقاومة والوزن والاستهلاك والأداء). باستخدام SRM ، تستفيد الشركة ليس فقط من تقليل استهلاك الطاقة بكفاءة أعلى ولكن أيضًا من العمر الطويل في الظروف القاسية مثل منجم الحديد المفتوح في بوخضرة.

الكلمات المفتاحية : آلة ممانعة متغيرة (SRM) ؛ محرك غير متزامن ، محرك حثي.

Sommaire

Remerciement-.....	-I
Dédicaces-	- II
Résumés-.....	III
Abstract-.....	IV
ملخص-.....	V
Sommaires-.....	-VI
Liste des symboles-.....	VIII
Liste des tableaux-.....	XIV
Listes des figures-.....	XVI
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	2

CHAPITRE 1 : DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MINE DE BOUKHADRA

I.1. Introduction.....	- 7 -
I.2. Ressources minérales en Algérie	- 2 -
I.3. Production du minerai de fer en Algérie	- 3 -
I.4. Situation géographique de la mine de fer de Boukhadra.....	- 5 -
I.5. Historique de la mine de Boukhadra.....	- 6 -
I.6. Géologie de la mine de Boukhadra.....	- 6 -
I .7. Stratigraphie.....	- 7 -
I .7.1. Trias	- 8 -
I .7.2. Crétacé.....	- 8 -
I .7.3. L’Aptien	- 8 -
I .7.3. a Albien.....	- 8 -
I .7.3. b Vraconien	- 8 -
I .7.3. c Le miocène	- 9 -
I .7.3. d Quaternaire	- 9 -
I .8. Tectonique.....	- 10 -

I .9.les différents éléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra.	11 -
I .10.Méthodes Exploitation de la mine de Boukhadra	12 -
I .10.1.Souterraine	12 -

I .10.2. À ciel ouvert	- 12 -
I .11.Processus d'exploitation minière	- 13 -
I .12. Préparation mécanique du minerai	- 14 -
I .12.1. Chargement et transport	- 14 -
I .12.2.Concassage.....	- 14 -
I.13. Conclusion.....	- 7 -
Chapitre II: Types et Caractéristiques techniques et domaines d'utilisation des Convoyeurs à Bandes	
II .1.Introduction	- 18 -
II .2. Généralités sur les convoyeurs à bande	- 19 -
II.3. Utilisation des convoyeurs à bande	- 19 -
II. 4. Records de longueur	- 20 -
II .5. Types de convoyeurs.....	- 20 -
II .5.1. Aéroglesseurs	- 20 -
II .5. 1.A. Convoyeurs à Air Lifts	- 21 -
II .5. 2.Convoyeurs métalliques	- 21 -
II .5. 2.1 .Elévateurs à godets	- 21 -
II .5. 2.2 .Vis sans fin	- 22 -
II .5. 2.3. Convoyeur à chaîne.....	- 22 -
II .5. 2.4. Convoyeur à rouleaux.....	- 23 -
II .5. 3.Convoyeurs magnétiques	- 23 -
II .5. 3.1. Convoyeur à courroie crantée	- 24 -
II .5. 3.2.Transporteur vibrant.....	- 24 -
II .5. 3.3 .Convoyeur à pas de pèlerin.....	- 25 -
II .5. 3.4. Convoyeur à tambour	- 25 -
II .5. 3.5. Convoyeur à raclettes.....	- 26 -
II .5. 3.6.Convoyeur pas à pas	- 26 -
II .6. Convoyeur à bandes.....	- 27 -
II .6. 1 .Convoyeur à bandes métalliques	- 27 -

II .6. 2. Convoyeur à bandes textile	- 27 -
II .7.Caractéristiques techniques des Convoyeurs à bandes.....	- 28 -
II .7. 1.La bande.....	- 28 -
II .7. 1.1. Types de face	- 29 -
II .7. 1.2.Types de brins	- 29 -
II .7. 1.3.Les qualités de bande	- 29 -
II .7. 2.Les rouleaux	- 30 -
II .7. 2.1.Stations porteuses en auges.....	- 31 -
II .7. 2.2.Stations supports inférieures	- 31 -
II .7. 2.3. Le châssis.....	- 32 -
II .8. Les tambours	- 32 -
II .9. Dispositifs de tension	- 33 -
II .9. 1. Système auto-réglant.....	- 33 -
II .9.2. Système de tension fix	- 34 -
II .10.Éléments mobiles de transmission d'énergie	- 34 -
II .11. Caractéristique de transporteur installé ou niveau de la mine de Boukhadra	- 36 -
II .12.les principaux postes électriques de la mine deBoukhadra.....	- 40 -

CHAPITRE III: GÉNÉRALITÉ SUR LES MACHINES ÉLECTRIQUE

III.1.Introduction.....	- 7 -
III. 2.Définitions	- 45 -
III.3.Structure des moteurs électriques.....	- 46 -
III.3.1.Le stator	- 46 -
III.3.2. Le rotor	- 46 -
III.4.Classification des machines électriques	- 47 -
III.4.1.Moteur à courant continu	- 47 -
III.4.2. types des moteurs à courant continu.....	- 48 -
III.4.2.a.Moteur à excitation indépendante	- 49 -

III.4.2. .b. Moteur à excitation en série	49 -
III.4.2.c.Moteur à excitation shunt (excitation en dérivation).....	50 -
III.4.2 .d. Moteur à aimant permanent	50 -
III.4.2.e.Moteur compound (excitation composée)	51 -
III.5.Les moteurs à courant alternatif	51 -
III.5.1 Définition	51 -
III.5.2Les moteurs monophasés.....	51 -
III.5.3. Comment démarré le moteur	52 -
III.5.4. Les moteurs triphasés	52 -
III.5.5.Principe de fonctionnement	52 -
III.6. Boite à bornes et couplages	52 -
III.7. La différence entre moteurs synchrones et asynchrones	53 -
III.8. le moteur asynchrone	54 -
III.8.1.Principe de fonctionnement	54 -
III.8.2.Les différents types de rotor	54 -
III.8.2.1.Rotor en court-circuit (cage d'écureuil)	55 -
III.8.2.2.Rotor bobiné (rotor à bagues).....	55 -
III.9.le moteur synchrone	57 -
III.9.1.Le stator	57 -
III.9.2.Le rotor	58 -
III.10.les moteurs à aimants.....	58 -
III.10.1.le rotor	58 -
III.10.2.Le stator	58 -
III.11. Les moteurs à rotor bobiné	59 -
III.12. Les moteurs linéaires	59 -
III.13. Les moteurs asynchrones synchronisés	60 -
III.14. Les moteurs pas à pas	60 -
III.14.1. Unipolaire	60 -

III.14.2. bipolaire	61 -
III.15 Conclusion	7 -
CHAPITRE IV :LES MOTEURS A RELUCTANCE_VARIABLE MRV	
IV .1.Introduction	63 -
IV.2 Classification de moteur a reluctance variable	64 -
IV.3. compose un moteur a reluctance variable	65 -
IV.3. 1.Le stator	65 -
IV.3. 2. Le rotor	65 -
IV.4.Topologies des MRV tournantes	65 -
IV.4.1.Les MRV pure	66 -
IV.4.2. Les MRV a effet vernier	66 -
IV.4.3. Les MRV hybrides	67 -
IV.5.Paramètres caractéristiques du MRV	68 -
IV.5.1. Le pas incrémentale	68 -
IV.5.2. Le sens de rotation	68 -
IV.6. Principe de fonctionnement du MRV	69 -
IV.7. Alimentation du MRV	70 -
IV.7.1. Condition d'alimentation d'une bobine	70 -
IV.8. Le convertisseur électronique	71 -
IV.9. Equations électromagnétique du MRV	72 -
IV.10. Equation mécanique du MRV	72 -
IV.11. Notion de co-énergie	73 -
IV.11. Calcul du couple en utilisant la co-énergie	74 -
IV.11.AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU MOTEUR A RELUCTANCE VARIABLE	75 -
IV.12. Conclusion.....	75 -
CHAPITRE V:COMPARAISON TECHNO-ÉCONOMIQUE_ENTRE LA MAS EXISTANTE ET MRV.....	
V.1. Introduction	77 -
V.2. les critères des comparaisons des différentes structures.....	78 -

V.3.Plaques signalétiques	- 78 -
V.4.plaque signalétique des moteurs existant	- 80 -
V.5. Coté économie	- 81 -
V.6. Avantages de la restitution du moteur existant par le MRV proposé	- 86 -
V.7.Conclusion	- 87 -
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	- 87 -
REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE.....	91

Liste des Symboles

Te	Couple électromagnétique [N.m]
S, r	Indices stator et rotor, respectivement
N, r	Nombre des pôles rotoriques
N, s	Nombre des pôles statoriques
W'magn	Co-énergie magnétique [W]
R	Résistance [Ohm]
C, i	Courant instantané [A]
I	Courant par phase [A]
αs	Ouverture d'encoche statorique
Ω	Vitesse angulaire [rd/s]
L	L'Inductance [H]
F	Fréquence [Hz]
P	Puissance [w]
C, e	Couple électromagnétique [Nm]
Jt	Inertie totale qui apparaît sur le rotor de la génératrice
W	Énergie
W	Co-énergie
C, mé	Couple mécanique
J	Moment d'inertie de l'entraînement [Kg.m ²]
B	Angle d'orientation des pales
MRV	Machine à réluctance variable
PI	Proportionnel Intégral
GRV	Génératrice à réluctance variable
Cp	Coefficient de performance
N, d	Nombre de dents au niveau del'armature statorique
Wmagn	Energie magnétique [W]
Nr	Nombre de dents au niveau del'armature rotorique
Q	Nombre de phases statoriques
N, t	Nombre de tours du conducteur
f	Flux magnétique total de la phase [Wb]
Φ	Flux magnétique d'une spire [Wb]

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure I.1	Principaux gisements des minerais en Algérie	Page 2
Figure I.2	Situation géographique de la mine de fer de Boukhadra	Page 5
Figure I.3	Vue générale de la ville de Boukhadra	Page 6
Figure I.4	Carte géologique de la mine de Boukhadra	Page 7
Figure I.5	Carte géologique de gisement de BOUKHADRA	Page 7
Figure I.6	Cadres géologiques et stratifications dans l'est.	Page 10
Figure I.7	Trois coupes transversales dans l'anticlinal de Boukhadra	Page 11
Figure I.8	Cycle d'exploitation de la mine de fer de Boukhadra	Page 13
Figure I.9	Opération de chargement et de transport	Page 14
Figure I.10	Concassage	Page 15
Figure I.11	Concasseur à cône	Page 16
Figure I.12	Convoyeur à bonde	Page 16
Figure II.1	Convoyeur à bande « transporteur de sable » de A. LOPATAINE	Page 18
Figure II.2	Photo d'un aérogليس	Page 20
Figure II.3	Convoyeurs à Air Lifts	Page 21
Figure II.4	Elévateurs à godets	Page 21
Figure II.5	Vis sans fin horizontale	Page 22
Figure II.6	Vis sans fin verticale	Page 22
Figure II.7	Convoyeurs à chaînes	Page 22
Figure II.8	Convoyeur à rouleaux	Page 23
Figure II.9	Convoyeurs magnétiques	Page 23
Figure II.10	Convoyeur à courroie crantée	Page 24
Figure II.11	Transporteur vibrant	Page 24
Figure II.12	Convoyeur à pas de pèlerin	Page 25
Figure II.13	Convoyeur à tambour	Page 25
Figure II.14	Convoyeur à raclettes	Page 26
Figure II.15	Convoyeur pas à pas	Page 26
Figure II.16	Composition d'un convoyeur a bande	Page 27
Figure II.17	Convoyeur à bandes métalliques	Page 27
Figure II.18	Convoyeur à bandes textile 1	Page 28
Figure II.19	Convoyeur à bandes textile 2	Page 28
Figure II.20	a -Forme en plate b- Forme en auge	Page 29
Figure II.21	Type de face	Page 30
Figure II.22	Rouleaux supérieurs d'un convoyeur	Page 31
Figure II.23	Stations porteuses en auges	Page 31
Figure II.24	Rouleaux porteurs inférieures	Page 31
Figure II.25	Châssis	Page 32
Figure II.26.a	Tambours	Page 32
Figure II.26.b	Tambours	Page 33
Figure II.27	Système auto-réglant	Page 33
Figure II.28	Système de tension fixe	Page 34
Figure II.29	Système de transmission d'énergie	Page 34
Figure II.30	Croquis poste électrique principale	Page 40
Figure II.31	Poste de livraison	Page 41
Figure II.32	Poste de livraison	Page 42
Figure III.1	Structure d'une machine électrique	Page 45
Figure III.2	Différentes parties d'une génératrice	Page 45

Figure III.3	Structure d'un Stator (culasse + enroulement statorique)	Page 46
Figure III.4	Structure d'un rotor bobiné avec collecteur	Page 47
Figure III.5	Classification des machines électriques	Page 47
Figure III.6	Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu	Page 48
Figure III.7	Les différents types de machines à courant continu	Page 49
Figure III.8	Moteur à excitation indépendante	Page 49
Figure III.9	Moteur à excitation en série	Page 50
Figure III.10	Moteur à excitation shunt	Page 50
Figure III.11	Moteur à aimant permanent	Page 50
Figure III.12	Moteur compound (excitation composée)	Page 51
Figure III.13	Moteurs monophasés	Page 51
Figure III.14	Moteur triphasé	Page 52
Figure III.15	Boite à bornes et couplages	Page 53
Figure III.16	Couplage étoile ou triangle	Page 53
Figure III.17	Principe d'un moteur asynchrone triphasé	Page 54
Figure III.18	Vue générale d'un rotor à cage d'écureuil d'un moteur asynchrone	Page 55
Figure III.19	Rotor bobiné (rotor à bague)	Page 56
Figure III.20	Moteur avec rhéostat	Page 56
Figure III.21	Rotor bobiné a bagues	Page 57
Figure III.22	Rotor bobiné a roulement	Page 57
Figure III.23	Moteur à aimants	Page 58
Figure III.24	Coupe d'un moteur à aimants permanents	Page 58
Figure III.25	Moteur a rotor bobiné	Page 59
Figure III.26	Les moteurs linéaires	Page 60
Figure III.27	Les moteurs pas à pas	Page 60
Figure III.28	Principe de fonctionnement du moteur pas à pas en pas complet	Page 61
Figure IV.1	Les moteurs électriques	Page 64
Figure IV.2	Stator et rotor du MRV	Page 65
Figure IV.3	MRV pur à grosses dents	Page 66
Figure IV.4	MRV à effet Vernier	Page 67
Figure IV.5	MRV hybride	Page 67
Figure IV.6	Positions de référence de la dent rotorique	Page 69
Figure IV.7	Commutation simple des phases	Page 70
Figure IV.8	Commutation améliorée des phases	Page 71
Figure IV.9	Convertisseur d'une phase(a) et fonction de la tension(b).	Page 71
Figure IV.10	Énergie et co-énergie magnétique	Page 73
Figure V.1	Plaques signalétiques principale	Page 78
Figure V.2	Plaques signalétiques lubrification	Page 78
Figure V.3	Plaque signalétique des moteurs existant	Page 80
Figure V.4	Coupe schématique transversale du Moteur à réluctance variable	Page 84
Figure V.5	Coupe Machine à induction (NEMA 184 T)	Page 85
Figure V.6	Coupe Machine synchrone (NEMA 184 T)	Page 85
Figure V.6	Coupe Machine a réluctance variable (NEMA 184 T)	Page 85

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau 1	Evolution de l'activité minière en Algérie (1994/2004)	3
Tableau 2	La production totale des principaux minéraux	4
Tableau 3	Production du minerai de fer (2019– 2020)	4
Tableau4	Eléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra	12
Tableau 5	Convoyeurs a bande installes dans les mines et carriers d'Algérie	35
Tableau 6	Description des différents types de moteurs électriques installés en manutention de la mine de Boukhadra	79
Tableau 7	Calcul de consommation du moteur installé	81
Tableau 8	Caractéristiques des moteurs existants	82
Tableau 9	Comparaison entre les moteurs existant et les moteurs choisir	82
Tableau 10	Caractéristique du moteur choisi	83
Tableau 11	Calcul de consommation des moteurs choisi	83

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

L'industrie minière est l'une des industries stratégiques nationales, les plus importantes, non seulement en raison de sa contribution au le produit intérieur brut et sa participation à la création d'emplois, mais aussi en raison de son rôle dans la fourniture de matières premières essentielles pour le développement continu. Elle est d'autant plus importante que le marché mondial des matières premières évolue. D'un autre côté, l'industrie minière est l'une des industries les plus polluantes et les plus nuisibles pour l'environnement.

La demande des matières premières comme le fer augmente à fur et à mesure du progrès technologique, du besoin d'infrastructures et de la croissance démographique. Les perspectives économiques suggèrent que l'Algérie s'achemine vers la fin de ce que les économistes appellent localement « l'esclavage pétrolier », et vers la mise à profit des richesses minérales du pays pour une croissance économique réelle d'ici 2030.

L'énergie électrique est considérée comme le facteur principal pour la dynamisation des secteurs de productions minières. Les moteurs électriques sont les piliers de cette dynamisation et leurs choix comptent un des facteurs des plus importants pour la réussite d'un projet industriel.

Dans le présent travail on a opté pour les moteurs à réluctance variable a cause de ces plusieurs avantages et performances élevées, notamment dans des milieux difficiles tels que les mines souterraines et à ciel ouvert. Le choix de ce moteur est décidé pour sa fiabilité et sa capacité de travailler dans des conditions extrêmes d'humidité, de chaleur, de poussière et d'atmosphères nocives.

Il faut donc rentabiliser et prolonger la durée de vie des machines par un choix judicieux des actionneurs électriques et leurs alimentation et commande, afin d'utiliser rationnellement l'énergie électrique disponible. Le moteur à réluctance variable (MRV) comme actionneur d'entraînement électrique est l'objet d'intérêt particulier des industriels. Cet intérêt est dû essentiellement au fait qu'elles constituent une classe particulière des machines électromagnétiques. Cela tient à leurs avantages suivants : structure simple du rotor, robustesse, excellentes performances dans des environnements extrêmes tels que les mines, capacité de surcharge élevée, faibles coûts de fabrication et de maintenance et fonctionnement dans une plage de puissance étendue, en plus, elles sont intrinsèquement tolérantes aux défauts grâce à leur redondance.

Dans le présent travail on a proposé à substituer les moteurs asynchrones à rotors bobinés existant et fonctionnels au niveau de la mine de fer de Boukhadra et plus exactement au niveau de la chaine de manutention, par des moteurs a réluctance variables. Une comparaison technico-économique à été faite et les résultats ont été très satisfaisants.

CHAPITRE 1

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MINE DE BOUKHADRA

I.1 Introduction :

La municipalité de Boukhadra est située dans la région nord de l'État de Tébessa, bordée par l'Ouenza au nord, Aouinat à l'ouest, Morsat au sud et Al-Mridje à l'est. Une des communes de la province de Tébessa. La commune de Boukhadra est considérée comme l'une des zones économiques les plus importantes du pays.

Dans le cadre de notre préparation au Master 2 en Maintenance Industrielle, nous avons effectué une formation de fin d'étude à la Mine de Boukhadra pendant 15 jours. Au cours de cette formation, nous avons mené une étude qui nous permet de choisir un moteur à commutation de fréquence comme alternative aux moteurs asynchrones à rotor bobiné, qui équipent actuellement la chaîne de fer de la mine de Boukhadra. Quelques informations générales sur cette mine, son emplacement, la géologie régionale, l'histoire, etc.

I.2. : Ressources minérales en Algérie :

L'Algérie est un pays connu par sa richesse en ressources énergétiques (hydrocarbures, gaz naturel, énergie nucléaire, énergie solaire, énergie éolienne) et minières (fer, or, argent, cuivre, plomb, zinc, baryte, phosphates, feldspath, terres rares, granulats...). [1]

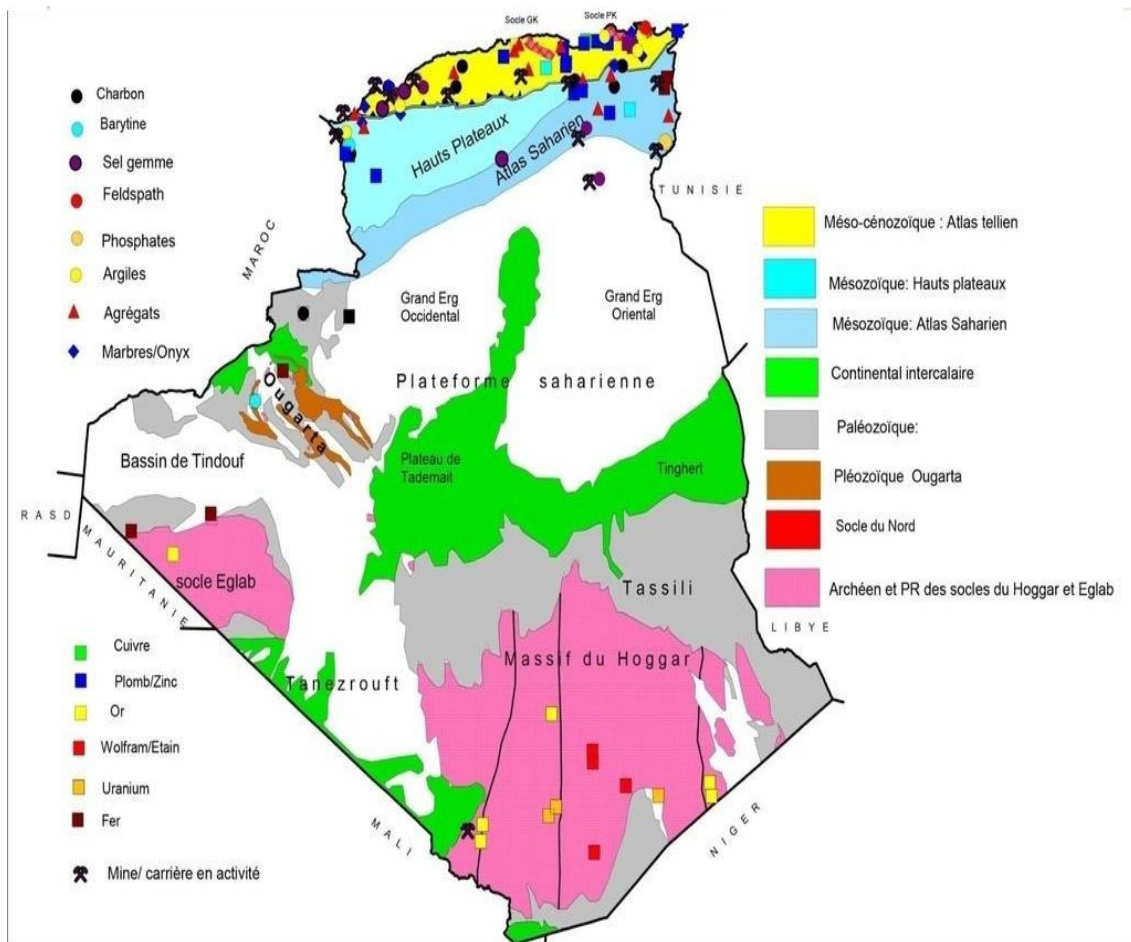


Fig I.1 : Principaux gisements des minerais en Algérie .[1]

Actuellement, le secteur des mines en Algérie connaît une forte activité, soutenu par la hausse des prix des matières premières et par la forte demande internationale, notamment celle venant de la Chine.

I.3. Production du minerai de fer en Algérie :

En Algérie, la production du minerai de fer en cours de l'année 2020 a été effectuée par cinq (5) mines de fer desquelles quatre (4) sont situées à l'Est et une (1) au Centre du pays Durant l'année 2021. [1].

Les deux principales mines de fer de l'Ouenza et de Boukhadra dans la ville de Tébessa a produit 1.037.000 tonnes du minerai de fer en diminution de -39,6 % en comparaison avec l'année 2019 plus de détails sont donnés dans (tab3).

Tab 1 : Evolution de l'activité minière en Algérie (1994/2004).

PRODUITS	Unite	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
MINERAI DE FER	1000T	2050	2192	2244	1783	1783	1337	1645	1291	1202	1378	1414
PHOSPHATE	1000T	700	758	1051	1063	1154	1097	877	939	741	905	784
ZINC	T	5650	7174	5912	6964	8594	9808	10452	10693	8576	2796	231
PLOMB	T	1103	1393	1016	1342	1160	1215	818	891	1105	0	0
MERCURE	PATICHE S		8555	10669	12964	6495	6966	6250	9278	8902	5089	2599
BARYTE	T	31000	29838	31348	39140	35651	50510	51925	43020	51773	45659	47945
KAOLIN	T	17000	24068	23332	18533	13778	16833	11616	13356	9505	19258	24299
BENTONITE	T	20200	17088	16723	17657	15561	15491	22708	21282	27178	26485	30319
FELDSPATH	T	6939	4618	3784	4510	7318	2820	530	0	0	0	
KIESELGUHR	T	2845	3294	3173	2332	2133	2563	2979	2863	3185	2335	2665
T.DECOLOR	T		4061	2803	3960	3942	2489	3431	3254	3521	3579	2284
DOLOMIE	T		3605	954	1948	1770	3489	5261	6451	6203	2603	
POUZZOLANE	1000T		245	364	397	396	394	393	362	451	500	436
AGREGATS	1000M ³	5554	4619	4082	3535	3792	3683	4143	8540	11042	13769	26539
ENOF			1746	1871	1553	1408	1420	1594	1711	2537	1929	
ENG			2780	2143	1934	2342	2242	2518	2988	3595	5295	
ENAMARBRE			93	69	48	42	21	31	30	32	32	
AUTRES									3811	4878	6513	
SEL	1000T	168	144	154	136	173	164	195	184	205	191	165
ALIMENT		80	0	75	68	81	84	81	77	85	70	84
INDUSTRIEL		88	81	97	69	92	80	114	107	120	121	81
MARBRE												
BLOCS	1000M ³	ND	24	20	21	19	17	30	22	18	16	
DALLES FINIES	1000M ²	ND	266	243	241	253	280	281	224	215	180	
DÉRIVÉS	1000T	ND	99	68	64	64	67	96	110	109	105	
CARBONATE DE CALCIUM	T											190004
OR	Kg											597

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MINE DE BOUKHADRA

Tab2 : La production totale des principaux minéraux .[1]

Minéraux	Lieu	Production totale
Fer	Les gisements Mecheri Abdelaziz (bassin de Tindouf) et de Ghar Djbilete	3.5 tonne de fer a 75 % de fer
Diamant	Région de Reggane	1500 grains de diamante
Or	Gisement D'Amesmesssa (Hoggar Occidental	3.83*10 ⁶ de tonnes *an teneur 18 g/t
Plomb. zinc	Nord de l'Algérie	150*10 ⁶ de tonnes *an
Phosphate	Djbele el OnkTébessa	2*10 ⁹ de tonnes *an
Feldspath	Ain Barbar Annaba	7*10 ⁶ de tonnes *an
Fluorine	Gisement ait Oklane Tamanrasset	1.22*10 ⁶ de tonnes *an de minerais a 30 %
Talc	Est d'Algérie	De 200.000 a 600.000 tonnes
Sel (gemme et lagunaire)	Sud-est de l'Algérie	1.5*10 ⁹ tonnes *an

Tab3 : Production du minerai de fer (2019 – 2020). [1]

N°	Opérateur	Gisements	Commune	Wilaya	Production 2019 (MT)	Production 2020 (MT)	Evolution (%)
01	ArcelorMittal	Ouenza	Ouenza	Tébessa	1 192	711	-40,4↓
02		Boukhadra	Boukhadra	Tébessa	525	326	-37,9↓
Somme					1 717	1 037	-39,6↓
03	SPA SOMIFER	Khenguët	Bekkaria	Tébessa	50	60	+20↑
04		Djebel Anini	Djebel Anini	Sétif	170	90	-47,1↓
05		Rouina	Rouina	Ain Defla	140	120	-14,3↓
Somme					360	270	-25↓
Totale					2077	1307	-37,1↓

Toute la production de fer de la société SONAREM est destinée à l'alimentation de complexe sidérurgique d'El-Hadjar à Annaba (Ministère de l'Energie et des Mines 2020). [1]

I.4. Situation géographique de la mine de fer de Boukhadra:

Le Djebel de Boukhadra est localisé sur l'Atlas Saharien à l'Est Algérien (**fig.2**). Le massif de Boukhadra se trouve à 44Km au Nord de la ville de Tébessa à 200Km au Sud d'Annaba 20Km à l'Ouest du massif de Boudjaber et à 13Km de la frontière Algero-tunisienne (**Fig.2**).

Son importance réside dans le gisement de fer qu'il recèle qui est considéré comme la deuxième source de minerai de fer, après celle de la mine de l'Ouenza, alimentant le complexe sidérurgique d'El Hadjar (wilaya d'Annaba).

Le Djebel Boukhadra est un anticlinal qui s'étend sur 7 à 8Km du SW au NE, il constitue le massif le plus élevé dans la région et culmine « 1463m d'altitude » [1].

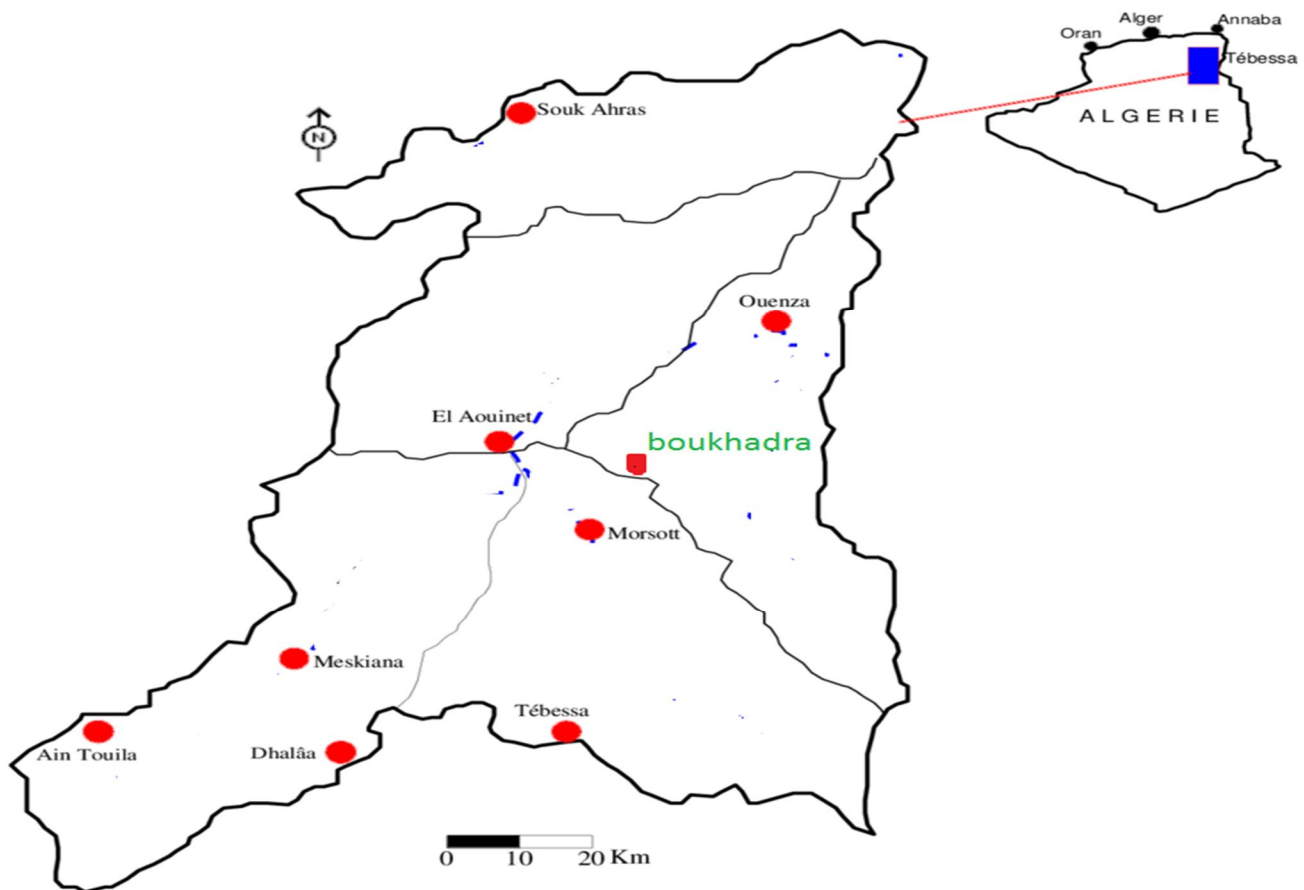


Fig I.2 :Situation géographique de la mine de fer de Boukhadra. [6]



Fig I.3: Vue générale de la ville de Boukhadra. [6]

I.5. Historique de la mine de Boukhadra:

L'exploitation de la mine de Boukhadra fut entamée pendant l'époque Romaine pour l'extraction du Cuivre dans la zone du pic. Ensuite l'exploitation est menée sur le Zinc et autres polymétaux.

À partir de 1926 à 1966 dates de nationalisation des mines c'était la société de l'Ouenza qui exploitait le gîte de Boukhadra. Cette dernière avait effectuée de la recherche par des travaux miniers et par des sondages sur le gisement de Boukhadra. [2]

Pendant la période de 1967 à 1984, la SONAREM était chargée de l'exploitation et des recherches sur les gîtes ferrifères de l'Ouenza et Boukhadra.

De 1983-1984 et après la restructuration des entreprises, c'était FERPHOS qui gérait, exploitait et développait des recherches sur l'ensemble des gîtes ferrifères existants sur le territoire national.

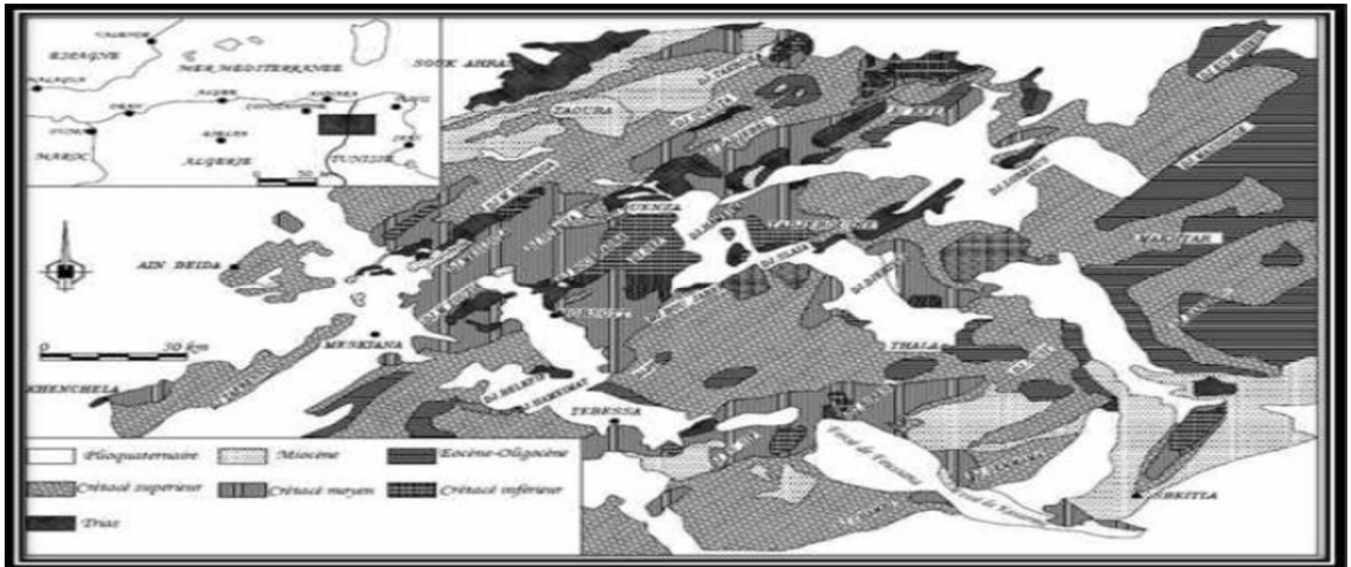
À partir de la date du 18/10/2001 et dans le cadre de coopération avec l'étranger, le holding L.N.M.N.V a signé l'accord de partenariat avec HADID Ouenza - Boukhadra. Le 01/01/2005 la nomination a été changée par Mittal Steel Tébessa. Le 18/08/2007 la nomination a été changée par Arcelor Mittal Tébessa (Arcelor Mittal Tébessa2012). [2]

I.6. Géologie de la mine de Boukhadra:

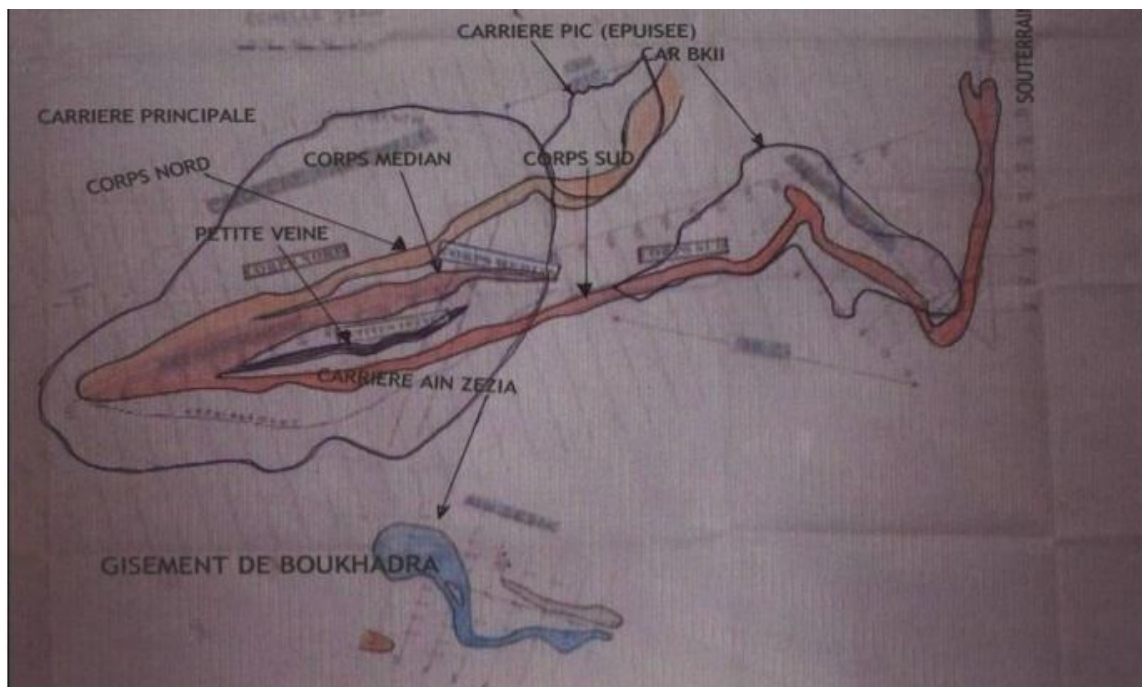
La mine de Boukhadra est localisé entre 8° 01' et 8° 04' Est et entre 35° 40' et 35° 50' Nord. Le massif de Boukhadra présente une structure anticlinale orientée NE-SW, recoupée par le fossé de Tébessa-Morsott

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MINE DE BOUKHADRA

d'orientation NW-SE (Fig.I.2) L'ossature de l'anticlinal est constituée par les terrains du Crétacé moyen (Aptien- Vraconien) qui dessinent dans la partie NE une fermeture périclinale. Les terrains les plus anciens reconnus à l'affleurement sont représentés par les évaporites du Trias, ils sont le plus souvent en contact tectonique avec les formations du Crétacé. [2]



FigI.4:La carte géologique de la mine de Boukhadra. [2]



FigI.5: La carte géologique de gisement de Boukhadra. [2]

I.7. Stratigraphie :

Le gisement de fer de Boukhadra comme celui de l'Ouenza font partie de la même province métallogénie ferrifère qui s'étend de Khenguët - El - Mauhad au sud Ouenza au Nord et Djerissa à l'Est. [2] Le djebel Boukhadra ; appartenant au domaine de l'atlas saharien est caractérisé par une structure géologique anticlinale très simple, de direction N.E/S.O, avec une terminaison périclinale

au N.E. Le cœur de la structure est représenté par des sédiments de l'Aptien. Du point de vue litho-stratigraphique, la région de Boukhadra est constituée par des sédiments du Mésozoïque tertiaire en partie du quaternaire. [2]

I.7.1. Trias :

Les dépôts du trias sont développés dans les parties Ouest, Sud et Sud-est ils sont représentés par des marnes bariolées à gypses Dolomies (cargneules) et les débris de calcaires et degrés. Ces formations sont en contact anormal ou en discordance avec les dépôts du crétacé (Aptien) suite au phénomène de diaprasse. Dans la carrière de Boukhadra (gîte ouest) le trias affleure aux niveaux 890-902 et 914.[2]

I.7.2. Crétacé :

Dans le profil du crétacé, nous retrouvons l'Aptien, l'Albien, le Coniacien et le Cénomaniens ou on a la série Aptienne, porteuse de la minéralisation est caractérisée par des marnes et des calcaires constituant la partie inférieure qui encaisse le gîte sud, des calcaires récifaux construits, a organismes fossiles (Rudistes) qui constituent le niveau porteur de la minéralisation principale et des grès et calcaires de la partie supérieure de l'Aptien non productif et on a :

I.7.3. L'Aptien :

L'aptien occupe à lui seul le plus grand partie des affleurements de la région(OUENZA, OUKHADRA, M'KHIRIGA, Kef REKHEMA ET BOUDJABER).les formation aptiennes se rencontrent dans le noyau, des structures anticlinaux ainsi qu'au voisinage immédiat des formation triasiques , elles constituent la majeure partie de tous les reliefs importants, Aptienne porteuse de la minéralisation qui encaissant le gîte sud et les petites veines(carrière principale). Calcaires récifaux (construit organogènes rudistes qui constituent le niveau porteur de la minéralisation principale. [2]

I.7.3. a)- Albien :

Du Bourdieu 1959 distingue trois termes de bas en haut, Un terme inférieur de 20 à 50m constitué de marnes argileuses jaunes ou brunes riches en gastéropodes. Un terme moyen de 100 m composé de calcaires noires à Bélemnites à intercalation marneuses.

Un terme supérieur de 75 m de puissance constitué d'argiles et de marnes noire bitumineuses à bélemnites et nombreuses empreintes d'ammonites avec des minces intercalations marno calcaires. [2]

I.7.3. b)- Vraconien :

Il est représenté par un faciès argilo-marneux marquant ainsi un changement dans la sédimentation qui était essentiellement calcaire jusqu'à l'albien, ce changement s'estompe au fur et à mesure, que 'on rapproche des séries épaisses périclinale ou sédimentation marneuse se manifeste dès le clausenien, ce qui témoigne d'une transgression qui celle en discordance les structures émergées ou érodées.

A Boukhadra Du Bourdieu 1956 décrit une épaisse série de 600 m d'épaisseur qui est identique à celle de l'ALBIEN supérieur, elle est constituée de marnes à passer scalaires et marno-calcaires à empreintes d'amorites qu'il attribue au Vraconien. [2]

I.7.3.c)- Le miocène :

L'épaisseur du miocène peut atteindre une certaine de mètres (100m) il débute par des formations marines transgressives et discordantes sur les terrains anciens, ils sont représentés par des calcaires roux suivis de marnes très argileuse de couleur verte devenant rouge foncés et enfin par des argiles à intercalation de grés grossiers. [2]

I.7.3. d)-Quaternaire :

Les dépôts du quaternaire sont formés par un matériel caillouteux, blocs de calcaires, grés débris de minerai et les conglomérats, ils sont répandus sur les flancs de la montagne et les parties basses du relief. Du point de vue tectonique la région de Boukhadra est marquée par deux phases tectoniques importantes.

La phase de plissement de direction NE/SO et la phase de tectonique cassante ayant engendré des mouvements de roche qui sont à l'origine de la formation des fossés de Tébessa–Morsott et des Ouled-Boughanem ainsi que le horst de Boudjaber. [2]

L'anticlinale de Boukhadra est affectée principalement par la faille de Koudiet–El Hamra qui est affectée par un effondrement considérable d'autre faille de Boukhadra de direction NE/SO. Dans la partie SUD-OUEST (à l'aval du pic) la structure est affectée par un effondrement considérable, d'autres failles sans importance majeure à petit rejet sont signalées également aux environs immédiats du gisement.

Par ailleurs nous citons le phénomène de diapirisme qui a joué un rôle prépondérant dans la formation de la structure et les manifestations minérales de Boukhadra (genèse de la minéralisation). [2]

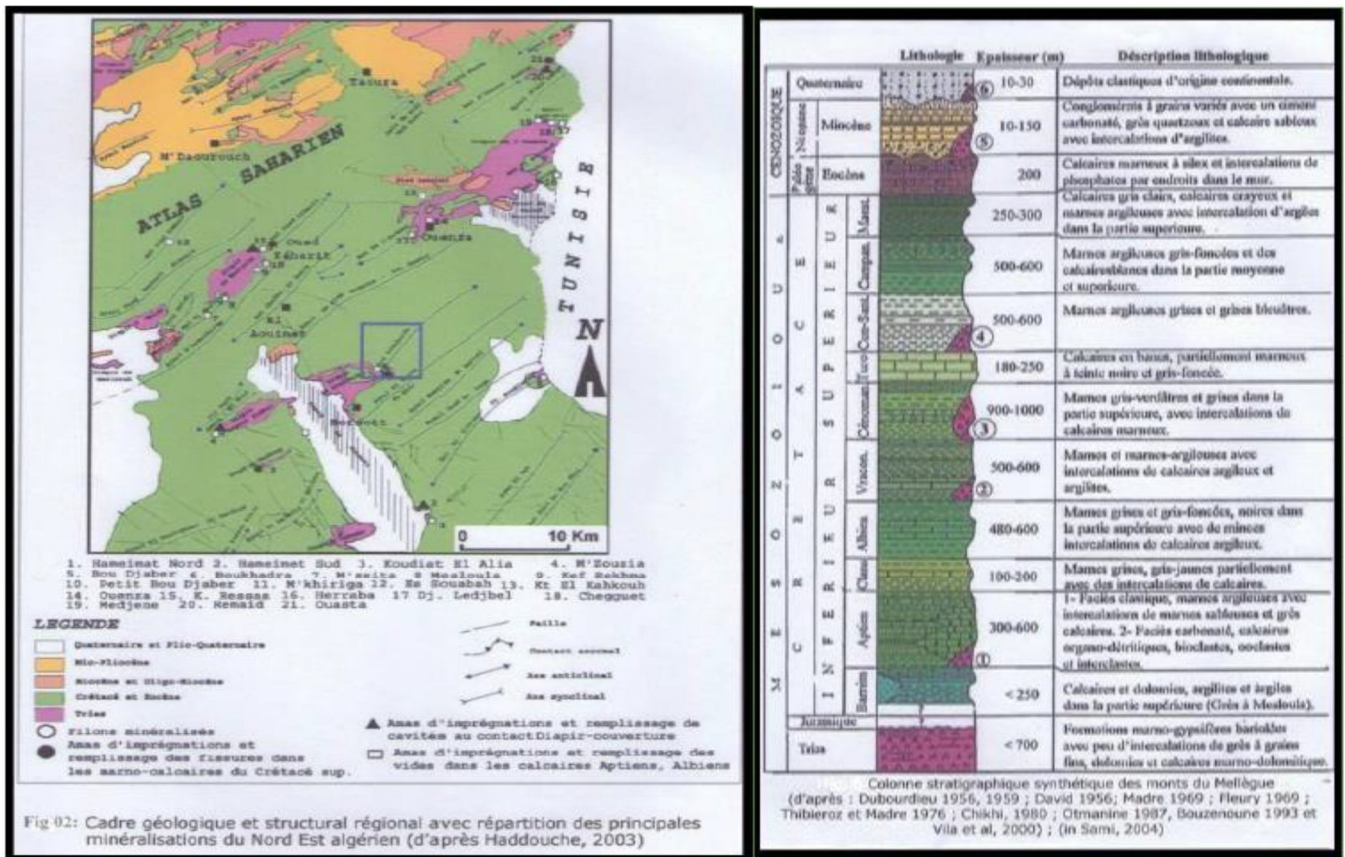


Fig I.6: Cadres géologique et stratification dans l'est et la région de Mellegue. [2]

I.8. Tectonique :

La région de Boukhadra est marquée par deux phases tectoniques ; la phase de plissement et la phase de tectonique cassante. Dans la structure anticlinale de Boukhadra, on observe deux grandes dislocations tectoniques.

- La 1ère se prolonge presque parallèlement à l'axe de l'anticlinal à partir du pic vers la terminaison périclinale.
- La 2ème zone de dislocation tectonique de direction WNW-ESE coupe la structure dans sa partie centrale en deux parts, l'amplitude de cette dislocation peut arriver jusqu'à 1000 mètre d'autres failles, sans importance majeure sont à signaler.

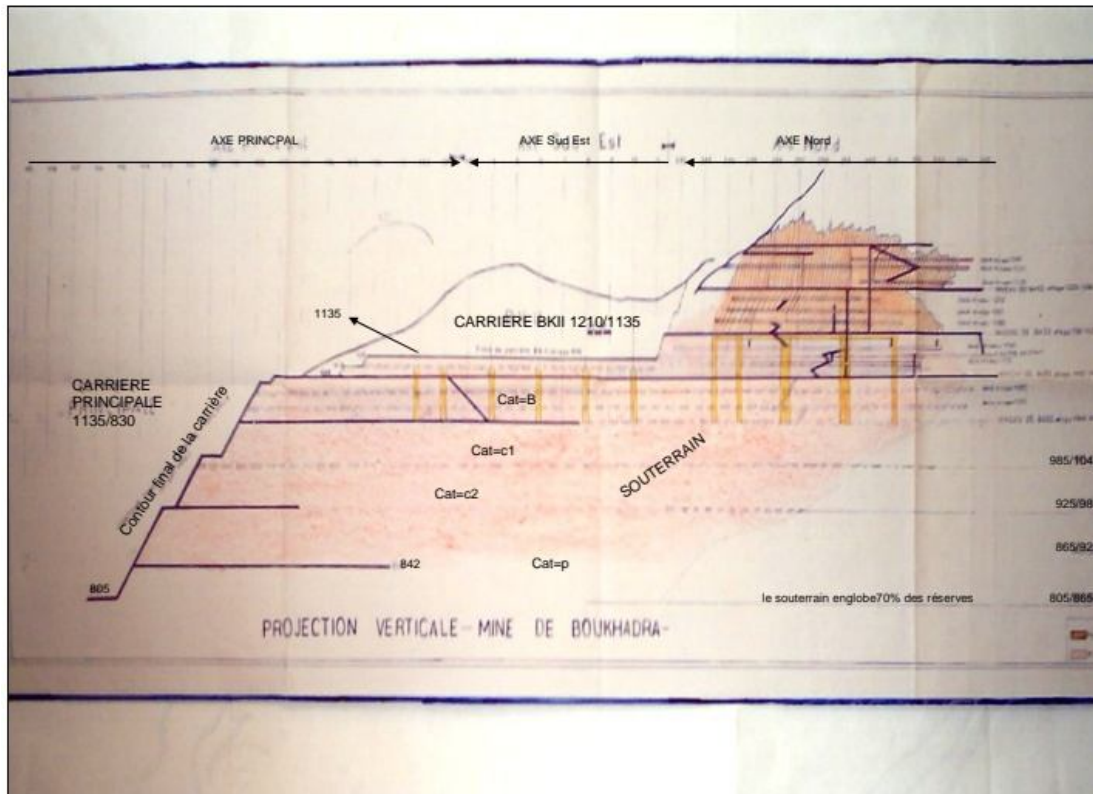


Fig I.7: Trois coupes transversales dans l'anticlinal de Boukhadra. [2]

I .9. Les différents éléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra.

Le minerai exploité est constitué principalement d'hématite le constituant majeur du minerai, goethite et autres ocres limnétiques. Il est issu de l'oxydation du minerai carbonaté maintenant restreint à la zone située sous le niveau hydrostatique Le tableau ci-après représente les différents éléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra. [2]

Tab 4. Les éléments chimiques constitutifs de la minéralisation du gisement de Boukhadra. [6]

Eléments	%
Manganèse	2,0-3,0
Phosphore Fluor	(P.F) 6-10
Cuivre (Cu)	Trace
oxyde de calcium	(CaO) 3,5-8
Oxyde de magnésium	(MgO) 0,2 – 0,40
Soufre (S)	(S) 0,04-0,10
Oxyde de d'aluminium	(Al ₂ O ₃) 0,5 -0,3
Oxyde de sodium et potassium	(Na ₂ O) +(K ₂ O) 0,05 – 0,3
Phosphore	(P) 0,002 – 0,01
Oxyde de silicium	(SiO ₂) 6-9
Humidité	(H ₂ O) 2-6
Plomb	(Pb) 0,005 – 0 ,02
Zinc	<0 ,01

I .10.Méthodes Exploitation de la mine de Boukhadra :

L'exploitation de la mine de Boukhadra s'effectuée par deux méthodes : à ciel ouvert et souterraine. [3]

I .10.1.Souterraine :

Généralement, les mines souterraines englobent plus de 60 % des réserves globales du gisement de Boukhadra. Actuellement, l'exploitation souterraine est concentrée sur l'axe Nord du 3ème niveau (1105/1165) alors que les travaux de développement se réalisent au l'axe Sud Est l'axe principal et une partie de l'axe Nord du 3ème étage 1105/1165 et du 4ème étage (niveau 1045) des nombreux phases peuvent être rencontré dans le niveau souterrain :

- 1 ère phase (épuisée).
- 2ème phase (épuisée).
- 3ème phase (en exploitation et en développement).
- 4ème phase (en projet).

Il est à signaler que, la méthode d'exploitation en sous-niveaux abattues avec une hauteur de 15 m a donnée des résultats satisfaisants (**ArcelorMittal** Tébessa, 2013). [3]

Le processus d'exploitation de la mine de fer de Boukhadra est schématisé dans la figure suivante.

I .10.2. À ciel ouvert :

Où l'ouverture est faite par des tranchées communes multiples la hauteur du gradin est variable 15 m dans les parties amont et BKII, 12 m dans les parties avals et dans la carrière Ain Zezia (hormis au site pic elle est de 10 m).

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MINE DE BOUKHADRA

Le forage se réalise avec des sondeuses de chariots et de marteaux perforateurs, les diamètres des trous sont respectivement de 160 mm, 80 mm et de 26 mm.

L'abattage s'effectue à l'explosifs par tir électrique le chargement est fait au moyen de pelles mécaniques et de chargeuses sur pneus de capacité respectives de : $3.22m^3$. $5.55 m^3$ Et $6.3m^3$.

Le transport est conduit en utilisant des camions de carrière vers le terril extérieur au périmètre d'exploitation sur une distance d'un (01) Km et vers le concasseur pour le minerai de fer sur une distance de quatre (04) Km. [3]

Le traitement mécanique s'effectué avec un concasseur giratoire d'une capacité de 300 T/h et de granulométrie variable de 250 à 300 mm. Le minerai concassé est dirigé par bande transporteuse jusqu'aux trémies de chargement situé à la gare sur une distance de 1 Km là où il va être évacué dans des wagons de 60 T de charge utile en destination du complexe sidérurgique **ArcelorMittal** - Annaba.



Fig I.8: Cycle d'exploitation de la mine de fer de Boukhadra. [3]

I.11. Processus d'exploitation minière :

Les Processus d'exploitation est une succession de réalisation des travaux de creusement de découverte et d'extraction du minerai dans un ordre bien déterminé.

Le choix de la méthode d'exploitation dépend des facteurs suivants :

- Caractéristiques géologiques du gisement.
- Production planifiée de la mine.
- Nombre et puissance des engins qui prennent part à chaîne technologique exploitation.
- Mode d'ouverture du gisement.
- L'allure du gisement et propriétés physico-mécaniques du minerai et des roches à évacuer. [3]

En général dans cette mine l'exploitation comprend plusieurs étapes :

- 1) Extraction de minerai à ciel ouvert par fraction et abattage à l'explosif.

2) Chargement par chargeuse sur camions.

3) Alimentation par camion jusqu'à la station de concassage.

4) Criblage et concassage .Reprise sous concasseur et amené au parc de stockage par le convoyeur à bande.

I.12. Préparation mécanique du minerai :

Le traitement mécanique consiste à la réduction des dimensions de blocs issus du processus d'abattage afin d'obtenir une granulométrie favorable au transport.

Une fois le minerai extrait à partir des chantiers il est soumis uniquement au traitement mécanique au moyen de concasseur giratoire (fig.12)ayant un débit de 1000t/h. Les concasseurs sont reliés aux trémies de chargements par des convoyeurs à bande sur une distance de 3000m.

I.12.1. Chargement et transport:

Le chargement est opéré à l'aide de pelles hydrauliques et de chargeuses sur pneus de type de capacité respective 5.5 et 6,5 m³ de godet.

Le transport des masses abattues s'effectue au moyen des camions de 50 et 60 Tonnes de capacité. Le minerai est transporté vers le concasseur et le stérile vers les décharges [3].



Fig I.9:L'opération de chargement et de transport [19].

I.12.2. Concassage:

Le minerai extrait du massif a une granulométrie qui ne répond pas à l'exigence de transport par convoyeur ou par train c'est pour cette raison que n'importe quelle type de minerai subi un traitement soit mécanique, chimique,...etc. [6].

Le concassage consiste à la réduction des dimensions du bloc afin d'obtenir une granulométrie favorable au transport [3].

On constate dans la plus part des mines ou des carrières la présence d'une usine de traitement (enrichissement) au moins une station de concassage broyage ... etc.

Dans la carrière de Boukhadra la première station de concassage est-elle est alimentée par des camions.



FigI.10 Concassage. [20].

Le processus de concassage est effectué par un concasseur Genre **GIRATOIRE DE SUPERIOR MAC CULLY 36 MARQUE ALLIS SHALEM TYPE PMI 3519/36** qui permet d'obtenir des particules de petite taille destinées à être ensuite broyées.

Une fois le minerai concassé il est acheminé et stocké en tas sur le sol.

L'objectif de cette étape est d'assurer un processus de concassage continu et de réduire au minimum les temps d'arrêt en cas de panne ou de permettre l'entretien préventif du système de concassage sans interrompre l'étape de broyage et les étapes subséquentes. Une panne de concasseur peut avoir des conséquences sur le rendement de toute l'usine. [3].



Fig I.11: Concasseur à cône. [3].

Le minerai est acheminé à la gare du chemin de fer par convoyeur à bande à une longueur de (2380m).



Fig I.12: Convoyeur à bande . [3].

I.13 Conclusion :

Dans ce chapitre , nous avons mentionné les ressources minérales les plus importantes détenues par l'Algérie, en particulier la nouvelle production de la mine de Boukhadra, où nous avons évoqué sa situation géographique et mentionné son historique, la géologie et la tectonique de cette mine, en plus à la stratigraphie et à la formation de la tectonique. Comme nous avons conclu de cette quantité d'informations que la mine de Boukhadra est l'une des mines les plus importantes qui produisent du fer de manière industrielle unique en raison de son ancienneté et de sa formation industrielle, car elle contribue au développement et à la prospérité de l'économie industrielle de l'État de Tébessa en particulier et de l'est algérien en général.

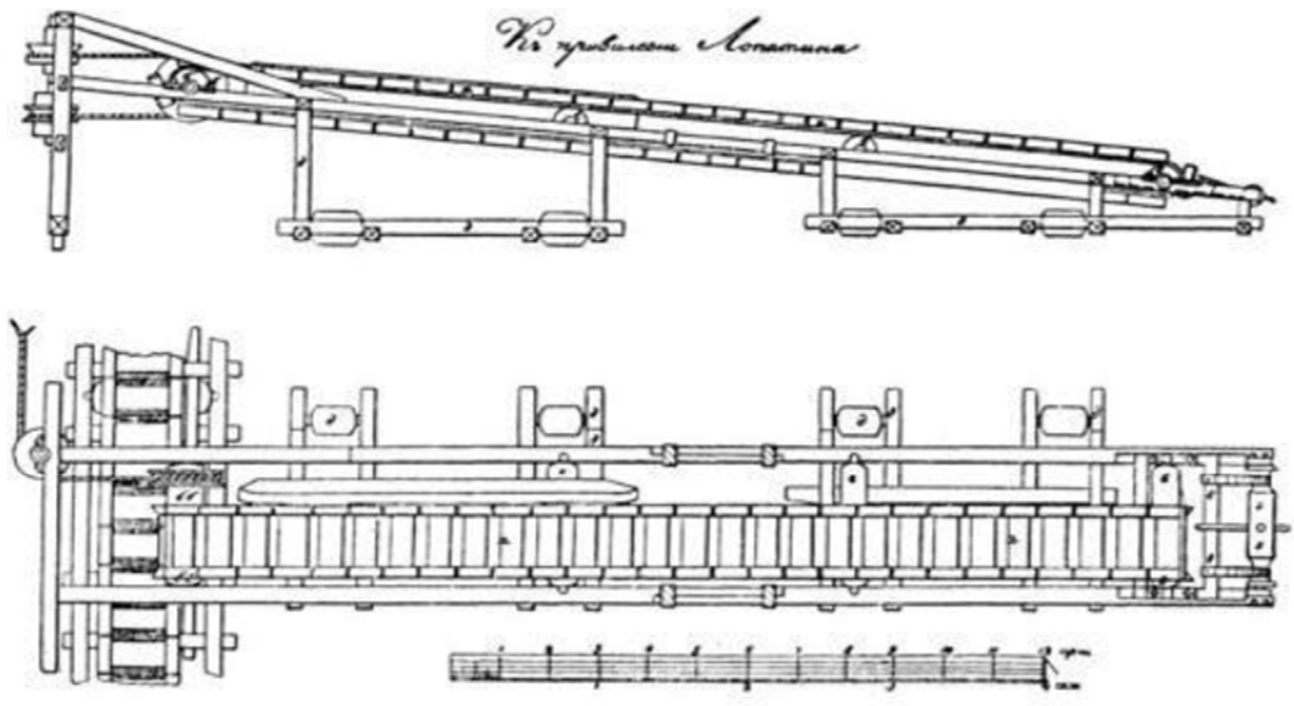
CHAPITRE II

TYPES ET CARACTÉRISTIQUES
TECHNIQUES ET DOMAINES
D'UTILISATION DES CONVOYEURS À
BANDES

II.1.Introduction :

La première invention des transporteurs à bande dépend de l'époque des Antiquités (Egypte) ainsi que le principe de transmission par des courroies. Une des premières constructions du convoyeur à bande est décrite en 1795 par OLIVER EVANS, il s'agit d'une bande plate continue, en cuir tendre fin ou en toile enveloppant deux tambours se mouvant dans un caisson ou une auge.

C'est en Russie que furent publiées les premières indications concernant l'utilisation des convoyeurs à bande dans les travaux miniers. Un article faisant part de l'invention d'une machine de transport sans fin par ALEXANDRE LOPATINE en 1859, appelée «Transporteur de sable ».



FigII.1: Convoyeur à bande « transporteur de sable » d'A. LOPATAINE. [5].

Le transporteur de sable de LOPATINE présentait toutes les parties essentielles du convoyeur à bande moderne, reconnu actuellement comme la machine de transport la plus parfaite. Il comprenait une bande sans fin, un tambour de commande et un tambour d'extrémité une transmission, un cadre et ce qui est le principal, des galets porteurs.

C'était le premier convoyeur à bande, dans l'histoire, destiné à transporter les roches aussi bien dans les ouvrages à ciel ouvert que dans l'industrie minière en général. Le transporteur de sable, actionné par une transmission à câble entraînant le tambour de commande, utilisait la force motrice, soit de l'eau, par l'intermédiaire d'une roue hydraulique, soit celle fournie par un cabestan à cheval, Toutes les pièces portantes de la bande étaient exécutées en bois. [5].

II.2. Généralités sur les convoyeurs à bande :

Dans part en 1868 les deux personnes LISTER ET VESTMACOT construisent le premier convoyeur dans les docks de MERSEY au port de LIVERPOOL. Il s'agit d'un transporteur de charges en vrac, sous forme d'auge avec une bande constituée par deux couches de toile caoutchoutée sur galets concaves.

En 1885 (ANGLETERRE) : mise au point du support à trois galets (en auge) par THOMAS ROBINS avec revêtement en caoutchouc pour protéger la corde du tissu de la bande du convoyeur.

Actuellement, le convoyage représente le moyen de transport mécanique le plus perfectionné qui soit pour le transport des grandes masses, dans les travaux miniers souterrains et à ciel ouvert ainsi que sur les chantiers des grands édifices hydrotechniques. [7].

Le mot « convoyeur » n'étant pas un mot russe, toute porte à croire que les Russes n'ont aucun rapport avec l'invention de l'appareil. Néanmoins, l'histoire du développement du convoyage montre que la contribution des Russes, dans la création et l'utilisation des convoyeurs à bande, n'est nullement inférieure à celle des peuples des pays évolués de l'Europe occidentale et de l'Amérique du Nord. [7].

II.3. Utilisation des convoyeurs à bande :

Le transport de charges par convoyeur à bande reste, depuis lors, le moyen mécanique le plus rentable et le plus perfectionné qui soit.

Employé pour le chargement et la reprise de matériaux, le convoyeur est un appareil de transport très souple qui reste souvent la solution de manutention privilégiée pour la construction d'un ouvrage important.

Les bandes transporteuses sont très employées dans l'industrie, les mines et carrières et l'agriculture pour le déplacement, généralement à courte distance, de matériaux plus ou moins pondéreux tels que charbon, minerai, sable, céréales, etc..... [7].

Cette technique a des emplois très variés. On la retrouve par exemple sous forme :

- De trottoir roulant pour le déplacement de personnes dans les gares et aéroports, de fonds mobiles de certains véhicules auto-déchargeurs.
- Des tapis roulants aux caisses des hypermarchés ou pour la livraison des bagages dans les aéroports ...

Le convoyeur peut également être conçu pour transporter uniquement des charges isolées (cartons, bacs, sacs, palettes, containers,...) selon des trajectoires droites ou courbes, montantes et descendantes. [8].

II. 4. Records de longueur :

La plus longue série de bandes transporteuses du monde se trouve au Sahara occidental (contrôlé par le MAROC). Elle s'étire sur 96 km des mines de phosphate de BOUKRAA jusqu'à la côte de l'océan Atlantique au sud de LAAYOUNE. [6].

La plus longue bande transporteuse d'un seul tenant traverse la frontière INDOBANGLADESHIE. Cette bande transporteuse s'étire sur environ 17 km de long et transporte du calcaire à 960 t/h et du schiste d'une carrière au MEGHALAYA en INDE vers une cimenterie à SYLHET au BANGLADESH (7 km de long en INDE suivis de 10km de long au BANGLADESH). [6].

II .5. Types de convoyeurs :

Il existe plusieurs types de convoyeurs utilise dans différents domaines en choisissant un convoyeur il faut tenir compte des plusieurs facteurs tels que :

- L'inclinaison de convoyeur
- Le type et la densité de matériaux
- La taille de morceaux
- La forme de morceaux
- Les conditions environnementales

Les convoyeurs sont classes d'après leur moyen des manutentions généralement on désigne les convoyeurs suivant :

II .5.1. Aéroglisseurs :

Les aéroglisseurs sont un moyen de transport bien adapté aux matériaux en poudre. On les trouve dans tous les secteurs d'une cimenterie et particulièrement dans les installations de broyage [10].



FigII.2: Aéroglisseur

II .5. 1.A. Convoyeurs à Air Lifts:

Les convoyeurs utilisant un flux d'air orienté pour déplacer des charges légères. Une chambre est mise sous pression par ventilateur centrifuge. L'une des parois de cette chambre reçoit des ouïes au travers lesquelles la pression statique. [11].

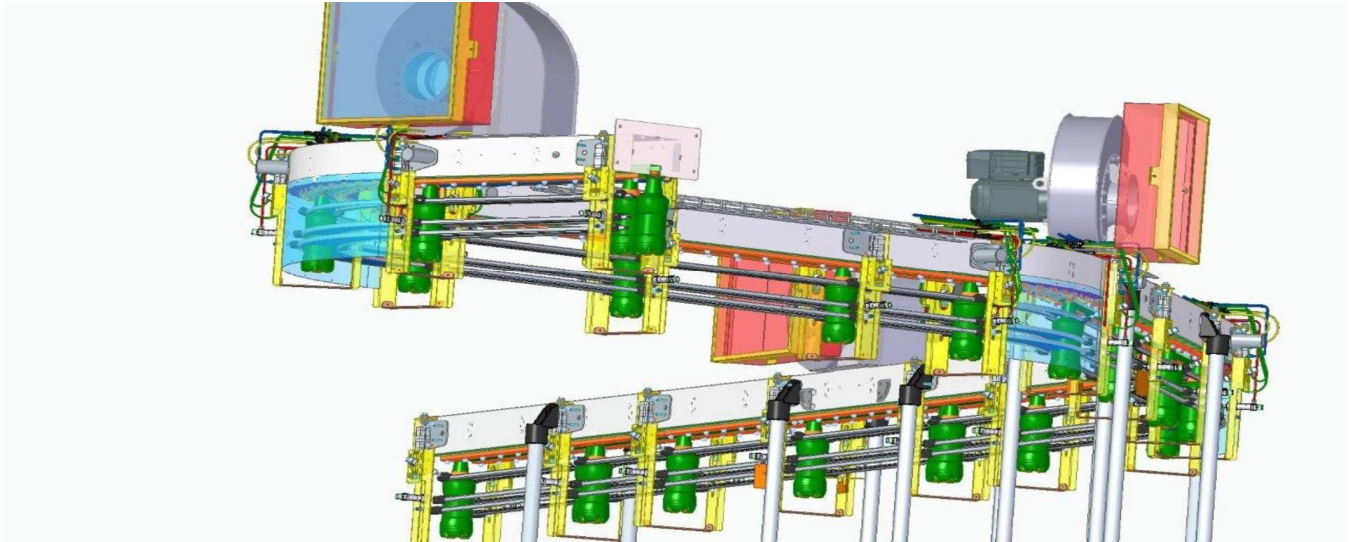


Fig II .3: Convoyeurs à Air Lifts. [11].

II .5. 2.Convoyeurs métalliques :

Il existe plusieurs types de transporteurs métalliques cités comme suite :

II .5. 2.1 .Elévateurs à godets :

Les élévateurs à godets sont utilisés pour le transport des produits en vrac, étant en état poussiéreux, en grains ou en petits morceaux. Peuvent être utilisés partout où des charges pondéreuses (sable, blé, charbon...) doivent être montées verticalement. [12].



Fig II .4 : Elévateurs à godets

II .5. 2.2 .Vis sans fin :

Il Ya deux types de vis (ou spirales) différents avec ou sans âme. Le type avec âme est le plus utilisé, alors le type sans âme est davantage utilisé pour convoyer des matières collantes qui ne peuvent pas s'enrouler autour de l'axe et permet donc un transport de matière plus importante. [13].



Fig II .5 : Vis sans fin horizontale.



Fig II.6 : Vis sans fin verticale

II .5. 2.3. Convoyeur à chaîne :

Equipés d'une ou plusieurs chaînes selon la difficulté de convoyage, ils sont dotés d'une structure métallique très robuste. Ces convoyeurs permettent de traiter des produits en vrac humides ou secs, sur des grandes distances et à très gros débits.

On retrouve les convoyeurs dans de nombreuses industries (Minérales. Chimiques. Alimentaires) [13].



Fig II .7 : Convoyeurs à chaînes [13].

II .5. 2.4. Convoyeur à rouleaux :

Ils sont utilisés pour le transport ou l'accumulation des produits suffisamment longs pour ne pas tomber entre deux rouleaux. Les colis à transporter doivent être également à fond plat et rigides [13].



Fig II .8 : Convoyeur à rouleaux [13].

II .5. 3.Convoyeurs magnétiques :

C'est une bande transporteuse dont la partie inférieure aimantée attire les éléments ferreux dispersés dans d'autres matières les caractéristiques de son champ magnétique doivent être choisies en fonction des éléments à évacuer les types de produit tel que les dimensions.

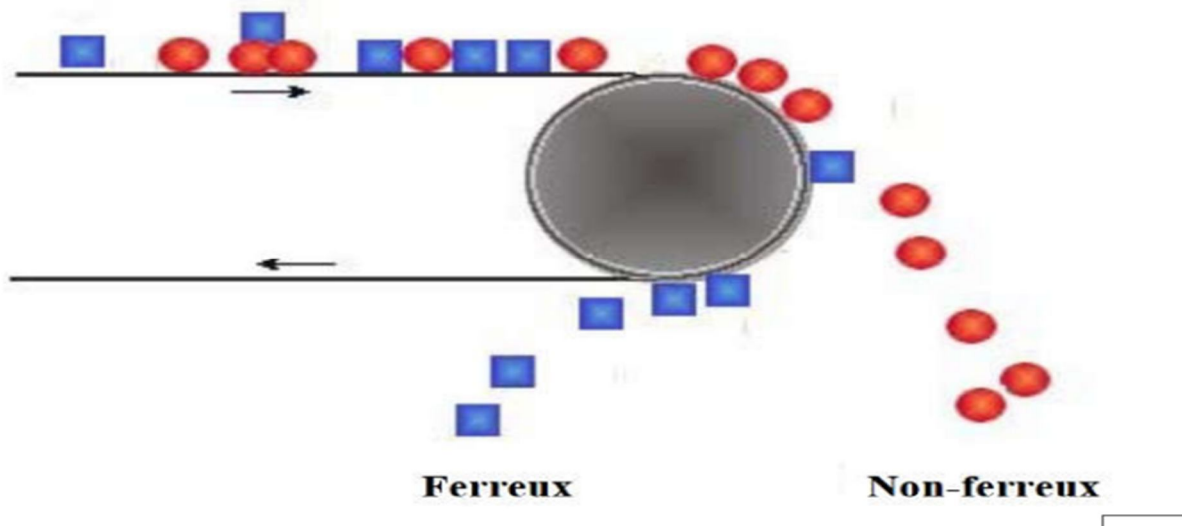


Fig II. 9: Convoyeurs magnétiques. [12]

II .5. 3.1. Convoyeur à courroie crantée:

Le crantage de la bande permet son déplacement d'une valeur précise, sans craindre le glissement possible comme le cas d'une courroie lisse. [13].



Fig II .10: Convoyeur à courroie crantée

II .5. 3.2. Transporteur vibrant :

Un transporteur vibrant est une machine industrielle utilisée pour le convoyage, la séparation, le tri et le dosage. Il est employé dans des secteurs aussi divers que l'agroalimentaire, la pharmaceutique, les carrières, les fonderies etc. [13].

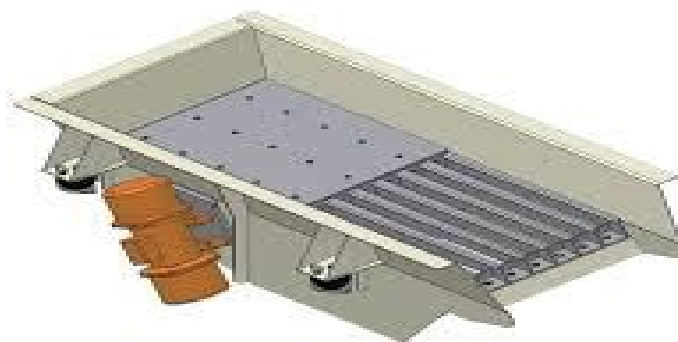
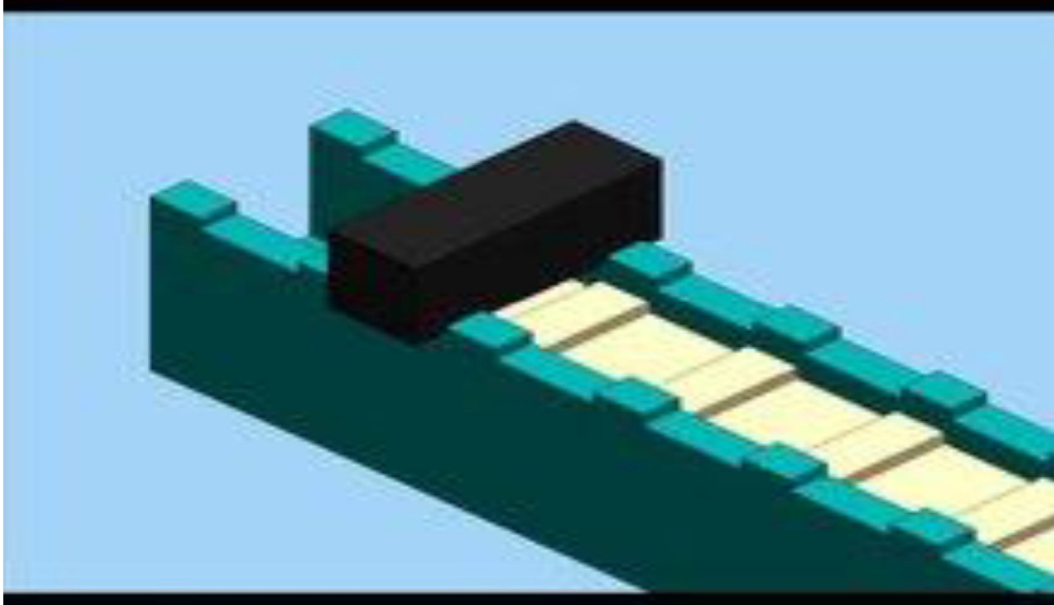


Fig II.11: Transporteur vibrant

II .5. 3.3.Convoyeur à pas de pèlerin :

C'est le cas du système où le produit avance pas à pas. Le mécanisme décrit un rectangle Ce système est employé pour transporter les pièces le long des lignes d'usinage composées.



FigII .12: Convoyeur à pas de pèlerin.

II .5. 3.4. Convoyeur à tambour :

Convoyeur à bandes avec moteur tambour intégré dans la structure du convoyeur.



Fig II .13: Convoyeur à tambour. [13].

II .5. 3.5. Convoyeur à raclettes :

C'est pour le transport des copeaux très fins ou même de poudre. Le convoyeur est équipé d'une double chaîne au pas de 38 mm avec lamelles de raclage. [14].

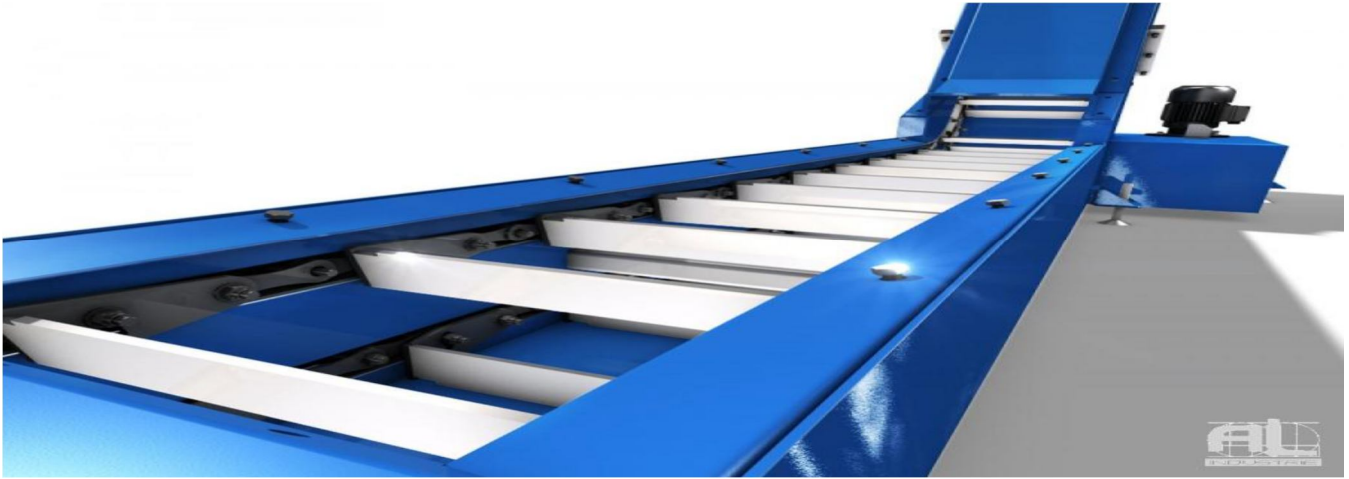


Fig II .14 : Convoyeur à raclettes

II .5. 3.6. Convoyeur pas à pas :

Les convoyeurs pas à pas sont principalement utilisés pour transporter au sein de l'entreprise les produits en pièces ou en vrac emballés et non emballés.

Domaine d'utilisation : Industrie alimentaire médicale et pharmaceutique [15].



Fig II .15 : Convoyeur pas à pas.

II.6. Convoyeur à bandes :

Le convoyeur à bande est un équipement de transfert essentiel dans la ligne de production est ininterrompue. C'est un système largement utilisé dans l'exploitation minière l'industrie métallurgique et notamment dans l'industrie charbonnière. Les convoyeurs à bande sont adaptés au transport de charges en vrac sur de grandes distances.

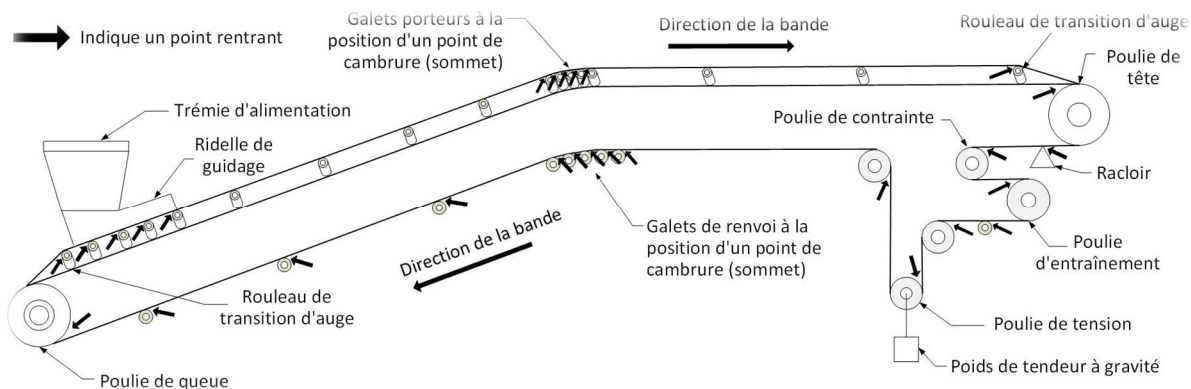


Fig II .16 : composition d'un Convoyeur à bandes [18].

II.6.1 .Convoyeur à bandes métalliques:

Ces convoyeurs sont principalement utilisés dans le domaine de la métallurgie, ils permettent de transporter des pièces coupantes, abrasives, lourdes et à des températures élevées [3]. Ces convoyeurs sont particulièrement adaptés à l'évacuation des chutes de découpe et de copeaux métallique et non ferreux les rendant incompatibles avec un convoyeur magnétique.

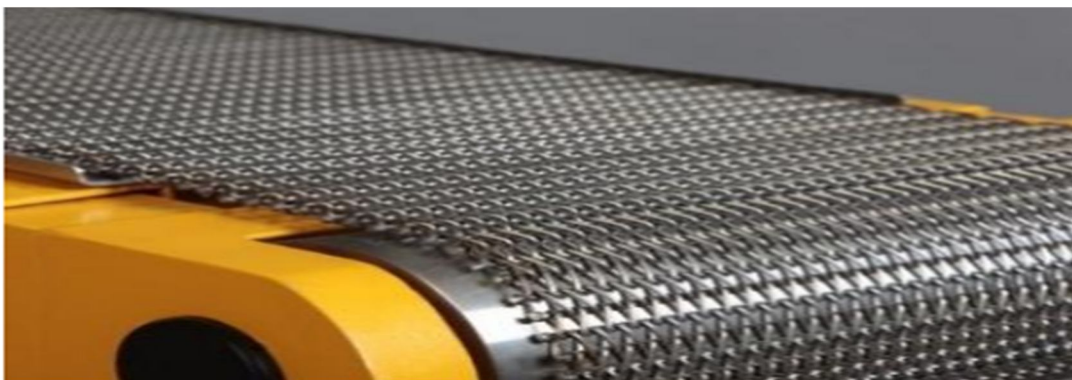


Fig II .17 : Convoyeur à bandes métalliques [6].

II.6.2. Convoyeur à bandes textile:

Les bandes transporteuses à carcasse textile ont, suivant leur domaine d'utilisation, des revêtements avec différentes propriétés ainsi que des carcasses textiles à un ou plusieurs plis. Ce sont des produits

endurants pour une multitude d'opérations de transport dans la construction mécanique en général, ainsi, que dans de nombreux autres secteurs industriels. [16].

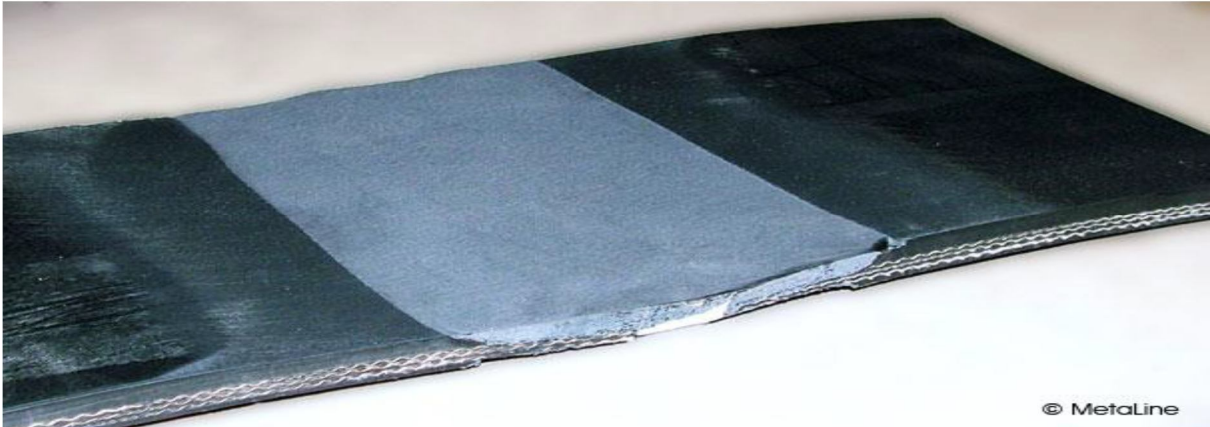
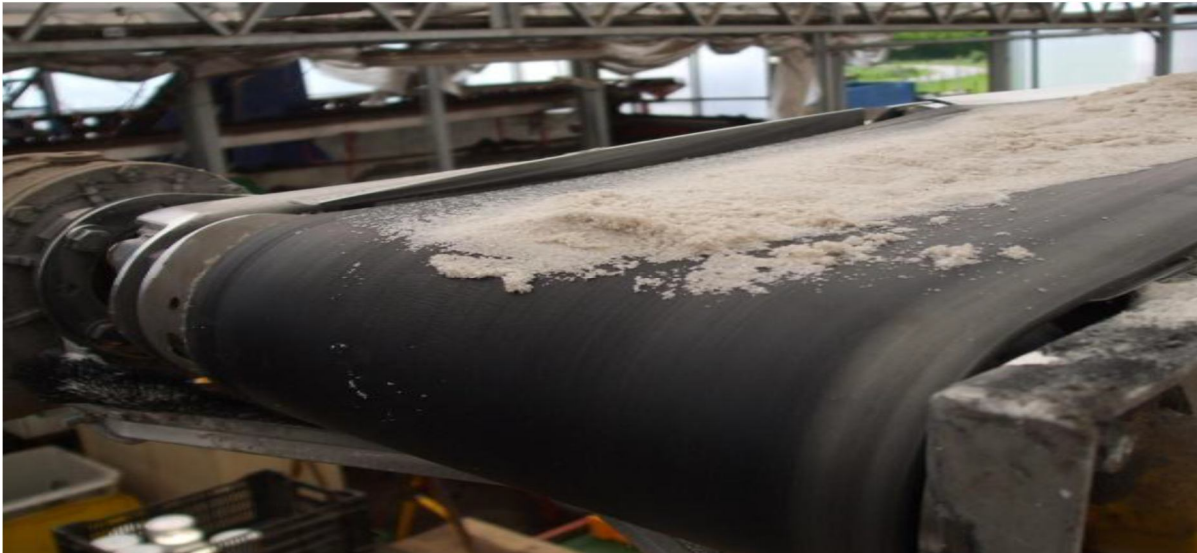


Fig II .18 : Convoyeur à bandes textile (1)

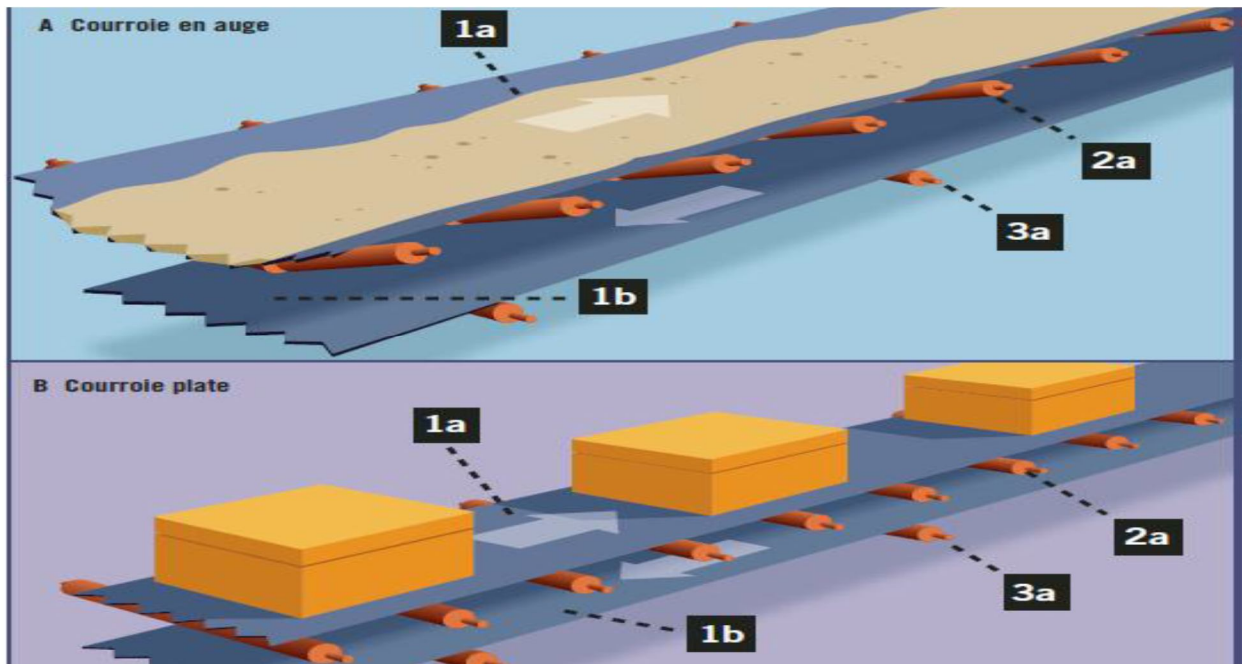


FigII.19 : Convoyeur à bandes textile (2)

II .7.Caractéristiques techniques des Convoyeurs à bandes:

II .7. 1. La bande:

La bande transporteuse est une courroie sans fin qui a été conçue à partir des techniques acquises dans la fabrication des câbles métalliques, des textiles, des synthétique et à partir de l'exploitation des différents types de transport. Le transport des matériaux du début jusqu'à la tête du convoyeur Le transport se présente sous deux formes principales. [17].



a-

Fig II.20 : a-Forme en plate

Fig II .20 : b- Forme en auge

II .7. 1.1. Types de face :

Et il existe deux types de face :

- La face externe, qui est en contact avec les matériaux transportés,
- Face interne qui est en contact avec les rouleaux et les tambours.

II .7. 1.2. Types de brins:

La courroie comporte aussi deux brins :

- Brin supérieur (ou brin porteur).
- Brin inférieur (ou brin de retour).

II .7. 1.3. Les qualités de bande:

La bande transporteuse doit présenter les qualités suivantes

- Une très grande flexibilité pour qu'elle s'enroule sans contrainte sur les tambours et qu'elle prenne la forme de l'auge. [17].
- Une capacité de supporter la matière transportée.
- Une résistance à l'action des matériaux abrasifs, aux frottements dus à la mise en vitesse des matériaux à la chaleur, aux chocs et au pliage.

Les éléments qui composent la bande (courroie) sont les suivants :

- Armature de la bande ou carcasse (1d, 1e).

Les armatures les plus utilisées dans la construction de la bande sont les nappes en corde de coton, les plis de tissus de coton ou synthétique.

- Recouvrement ou revêtement (1c ,1f).

Le rôle du revêtement est la protection de la carcasse contre l'usure due au frottement, l'influence des agents extérieurs, l'humidité, l'ensoleillement... etc. [17].

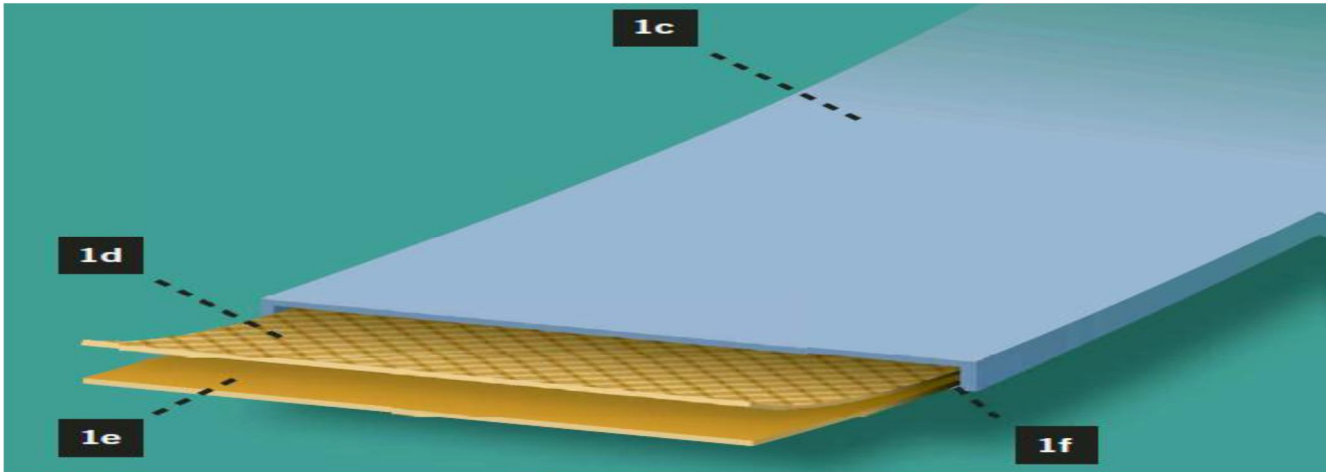


Fig II .21: Types de face

II .7. 2. Les rouleaux:

Ils soutiennent la bande et, tournent librement et facilement sous la charge. Ce sont les composants les plus importants du convoyeur et ils représentent une part considérable de l'investissement total. Il est fondamentale les dimensionner correctement pour garantir les performances de l'installation et une exploitation économique. [17].

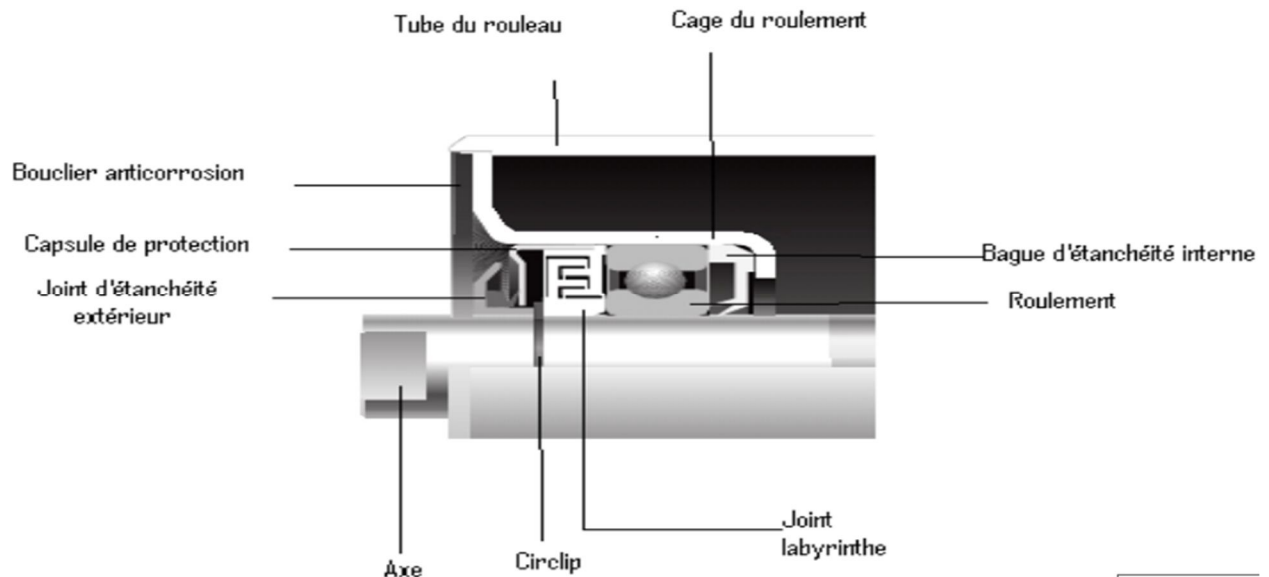


Fig II.22: Rouleaux supérieurs d'un convoyeur.

II .7. 2.1. Stations porteuses en auges :

Les rouleaux porteurs en auges sont généralement fixés sur des pattes de fixation soudées à une traverse ou un châssis. L'angle d'inclinaison des rouleaux latéraux varie entre 0° et 45° [7].



Fig II.23: Stations porteuses en auges.

II .7. 2.2. Stations supports inférieures:

Appel aussi brin de retour, ils peuvent comporter un seul rouleau sur toute la largeur ou bien deux rouleaux formant un "V" et inclinés à 10° .



Fig II.24 : Rouleaux porteurs inférieurs. [6].

II .7. 2.3. Le châssis:

Le châssis est la partie en métal sur laquelle s'installent les stations support du convoyeur, elle est généralement fixée sur le sol.



Fig II .25: Le châssis.

II .8. Les tambours :

Les tambours utilisés dans les convoyeurs à bandes ont pour fonction d'entraîner la bande ou l'amener à changer de direction. Les tambours peuvent être recouverts d'un revêtement afin d'augmenter le coefficient de frottement entre la bande et le tambour, de réduire l'usure par abrasion de ce dernier ou de créer un effet autonettoyant.

Le convoyeur contient des différents tambours :

- a).Tambour de commande.
- b).Tambours d'inflexion.



Fig II .26.a: Tambour de commande. [14].



FigII.26.b: Tambour d'inflexion. [14].

II .9. Dispositifs de tension:

L'effort nécessaire pour maintenir la bande en contact avec le tambour d'entraînement et l'inclinaison des parois doit être fonction de la manière dont le produit est transporté de sa trajectoire, ainsi que de la vitesse du convoyeur. D'après leur mode de fonctionnement, les systèmes de tension se divisent en deux groupes principaux.

- Système de tension fixe.
- Système de tension auto-régulant.

II .9. 1. Système auto-régulant:

Ce système maintient la précontrainte constante. Le meilleur effet est normalement obtenu en plaçant le contrepoids à proximité du tambour moteur [7].

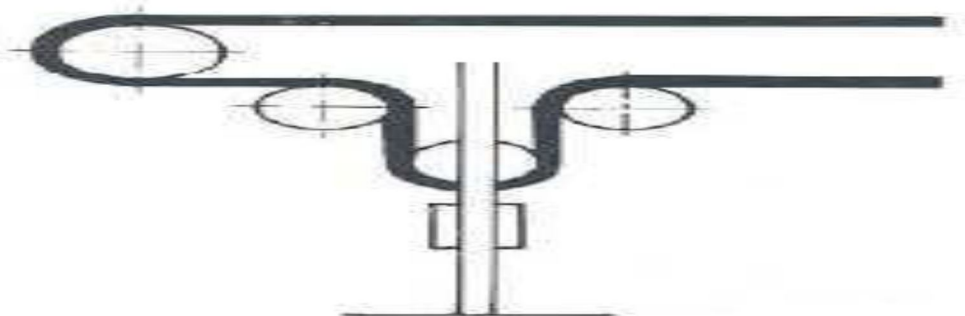


Fig. II 27: Système auto-régulant

II .9.2. Système de tension fixe:

La tension à vis est souvent employée pour les transporteurs de courte longueur à charge modérée.

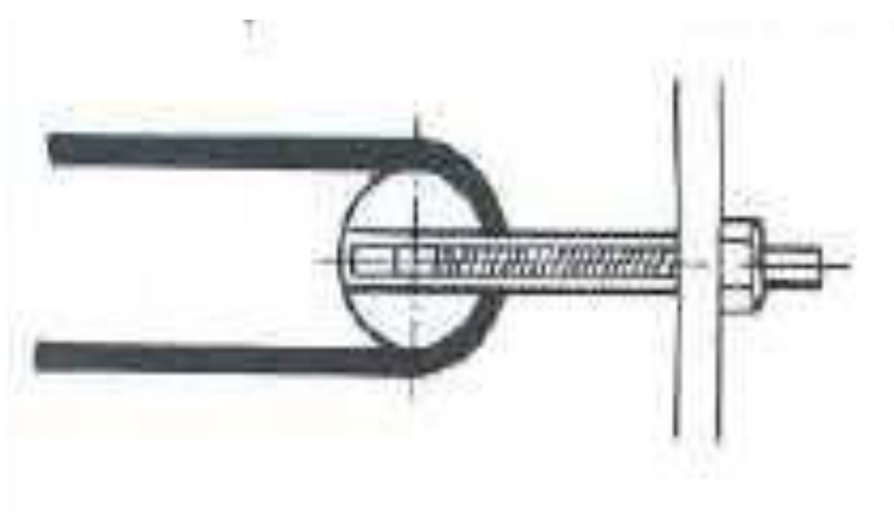


Fig. II 28 : Système de tension fixe. [7].

II .10. Éléments mobiles de transmission d'énergie:

Produire et transmettre l'énergie nécessaire au tambour d'entraînement afin de mouvoir ou de retenir la courroie. Plusieurs configurations sont utilisées.

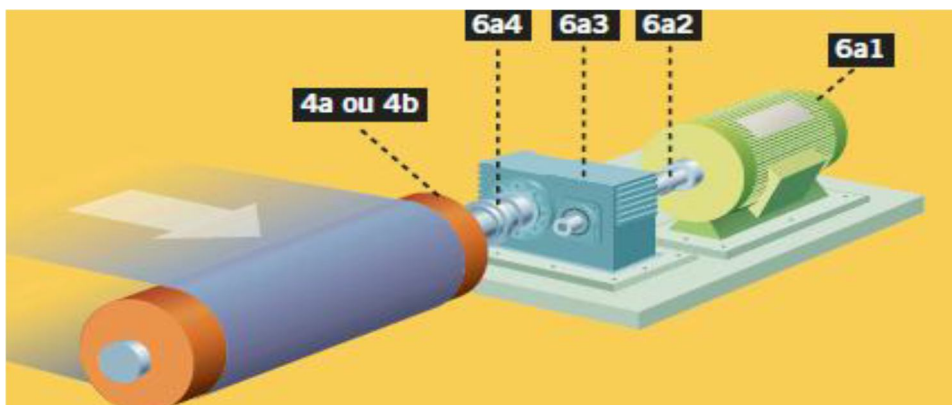


Fig. II 29 : Système de transmission d'énergie

6a1: Moteur.

6a2: Accouplement du moteur et du réducteur.

6a3 : Réducteur.

6a4 : Accouplement du réducteur et du tambour d'entraînement.

4a : Tambour d'entraînement.

Tab 5. Convoyeurs a bande installes dans les mines et carriers d'Algérie.

Lieu d'installation	Longueur (m)	Dénivelée (m)	Puissance (KW)	produit	Débit (t/h)	Largeur (m)	Vitesse (m/s)
Mittal Steel	6000	variable	variable	mi-fer	variable	variable	variable
Ouenza	2385	+12	293	mi-fer	1000	1.000	205
	385	+5	38		1000	1.000	2.0
	316	+5	85		1000	1.000	-
	300	-	80		1000	1.000	2.5
	213	+5	48		1000	1.000	2.0
Boukhadra	980	45.7	75	mi-fer	1000	1.000	-
	621	67.5	140		1000	1.000	2.0
El Abed	132	-	11	mi-cu et zn	250	1.000	1.6
	127	-	32		250	1.000	1.6
Hadjar Soud	2285	-	140	calcaire	900	1.000	1.5
	2173	-	160		900	1.000	1.5
Meftah	300	-90	75	calcaire	450	0.800	2.7
Hamma Bouziane	2500	-	110	calcaire	1300	1.200	-
	1100	-	75		1300	1.200	-
Ain El Kebira	1108	-	110	calcaire	290	1.200	-
	1110	-	-		290	0.650	-
Oued Sly	2386	-	250	calcaire	1500	1.400	2.03

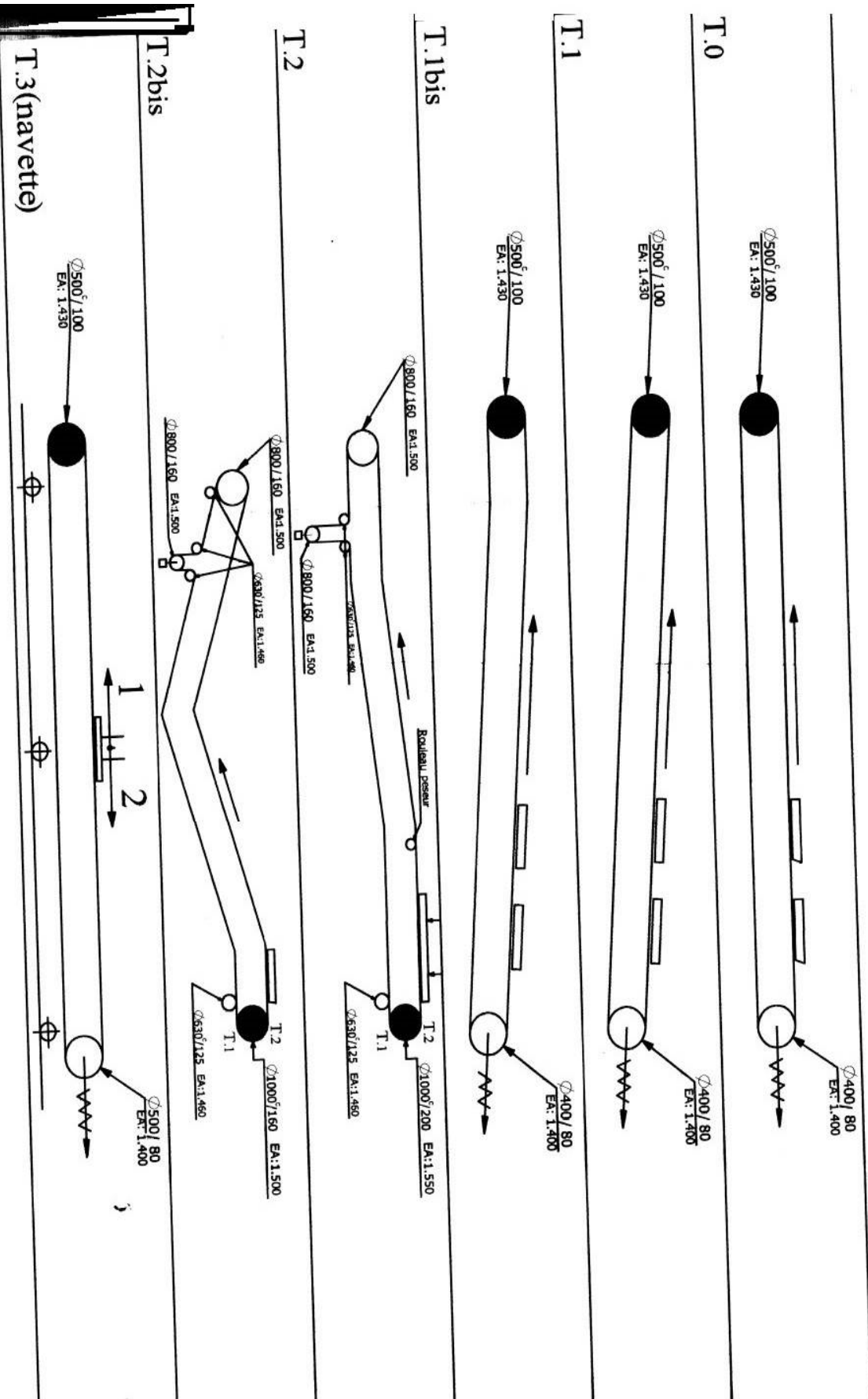
II.11. Caractéristique de transporteur installé ou niveau de la mine de Boukhadra.

Designation	N° de commande	Caractéristique de la matière	Débit en T/h	Entrax horizontal (m)	Élévation (m)	Vitesse m/s	Courroie		Rouleurs Supérieurs		
							largeur (m)	Revêtement en mm	Type Normes FEM	Ecartement (m)	
concasseur giratoire superior MAC Cully36" MARQUE: ALLIS SHALMER TYPE: PMI3519/36"											
T.0		G=0/165	1000	45,00		2	1	6+2	Trelleborg 1000 RTP400 ▽	133/4 auge:30°	1,20
T.1		G=0/165	1000	20,30	6,30	2	1	6+2	Trelleborg 1000 RTP400 ▽	∅ 133/4 auge:30°	1,20
T.1 BIS		G=0/165	1000	22,75	6,30	2	1	6+2	1000 RTP400 ▽	∅ 133/4 auge:30°	1,20
T.2		G=0/165	1000	≈621	≈69,30	2	1	6+2	1000 STP 400 ▽	∅ 133/4 auge:30°	1,20 à 1,50
T.2 BIS		G=0/165	1000	980 ≈	45,50 ≈	2	1	6+2	1000 STP 400 ▽	∅ 133/4 auge:30°	1,20 à 1,50
T.3 Navette		G=0/165	1000	15,00	0	2	1	6+2	1000 RTP400 ▽	∅ 133/4 auge:30°	0,50
Translation navette T3 : moteur P=1,9Kw 1000T/mm Frein Sime adisque FD.16C 2 Reducteur Durand =125MHU											

Commande				Tension		Observations
Liaison G.V	Frein	Réducteur	Couple Utile	Liaison P.V	Effort sur Tambour	
		Type	m/kg	Type		
Redu Tombour d'entrainement 90mm Grosseur max des morceaux: 1000mm source d'énergie: Electrique						
OTL2		2PL50 A R p/n=0,31 - (1/20)	222	5TL2	TV	2.153 TV805 (au montage 1.300 kg dans chaque vis)
OTL2		2PL50 A R p/n=0,31 - (1/20)	224	5TL2	TV	2.152 TV805 (au montage 1.300 kg dans chaque vis)
DF 2/625	FD 14C625	2PL315 p/n=5,7 - (1/40) En charge, travaille en multiplicateur	-3.700	43TL2	TAD	3.500 Contre poids: 3.500 kg
DF 2/550	FD 14C550	2PL160 p/n=2,67 - (1/40) En charge, travaille en multiplicateur	-1.730	16TL2	TAD	6.800 Contre poids: 6.800 kg
00TL2		K2H2,24F p/n=0,183 - (1/20)	131	péduct suspendu	TV	2.568 2.980 TV805 (au montage 1.390 kg dans chaque vis)

Schéma du Transporteur

Année de mise en circulation: 1931 N°interne:7031 granulométrie:250mm ϕ de lart



Rouleaux	Inférieurs	Type	Ecartement (m)	Puissance Utile KW	Moteur		Efforts Résultants		
					Type	Puissance en KW	Tn	tn	Td

N° desérie: 8471 N° defabricant: 8471 Débit capacité: 250-300 t/H puissance: 125 KW

133/4	3,00	160	CEM MJUL 180 M4 ∇	22					
∅ 133/4	3,00	160	CEM MJUL 180 M4 ∇	17,8 à 45°C	1,982	1,126			
∅ 133/4	3,00	160	CEM MJUL 180 M4 ∇	22 à 45°C	1,987	1,125			
∅ 133/4	3,00	160	Avide : (debut de chargt sur 100m) partie horiz CEM ∇ MJUX 355M4 En charge: au 5/6 (en descente) Rotor à bagues	160 à 45°C	3,540 ^(T1) 11,420 ^(T2)	2,175 ^(T2) 3,370 ^(T1)			
∅ 133/4	3,00	75 -94	Avide : (fin de chargt sur 115m) CEM ∇ MJUL 280M4 En charge: au 7/8 (en descente) Rotor à bagues	160 à 45°C	4,975 ^(T2) 10,015 ^(T1)	1,745 ^(T1) 4,730 ^(T2)			
∅ 133/4	3,00	160	CEM ∇ MJUL 160M4	10,4 à 45°C	Sans 1 1,741 Sans 2 1,536	1,238 1.033			

Voir diagrammes des puissances

II .12.les principaux postes électriques de la mine de Boukhadra:

Les grandes entreprises minières à ciel ouvert ont de nombreux moteurs différents .Des moteurs moyenne tension, des moteurs basse tension sont également utilisées. Les entraînements particulièrement grands sont généralement alimentés à partir de réseaux de surface L'image suivante montre les principaux postes électriques de la mine de Boukhadra.

L'alimentation des entreprises en énergie électrique, peut être assurée par le poste régional d'interconnexion où bien par le poste local du système énergétique, ces différents postes alimentent les différents postes de transformation de différentes entreprises qui alimentent les différents postes et les différents consommateurs de différents ateliers. Ces éléments sont reliés électriquement par des lignes aériennes et des câbles souterrains relatifs à des normes de courant de charge et de tension en vigueur.

Croquis post électrique principale 30kv

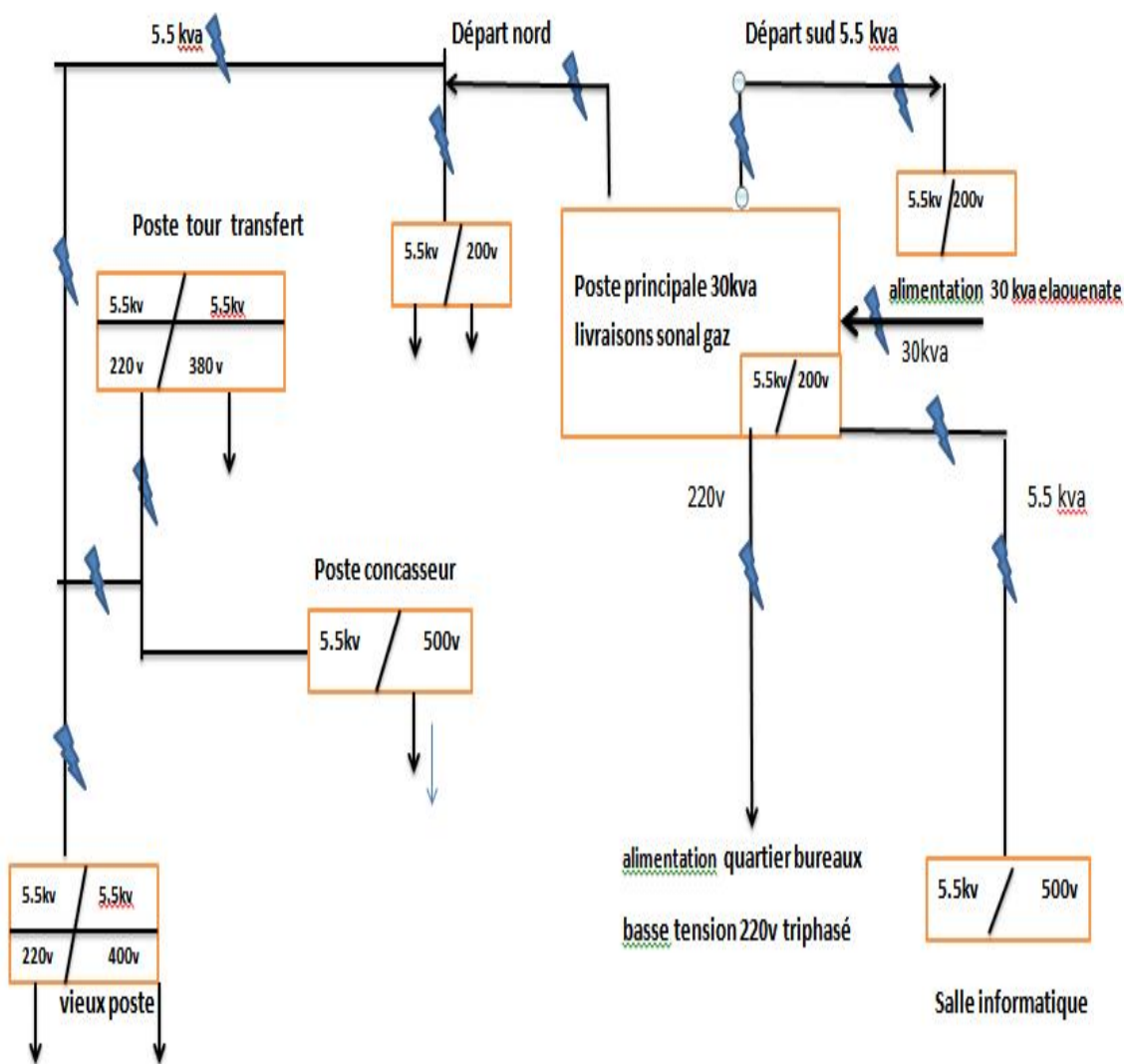


Fig. II 30 : Croquis poste électrique principale.

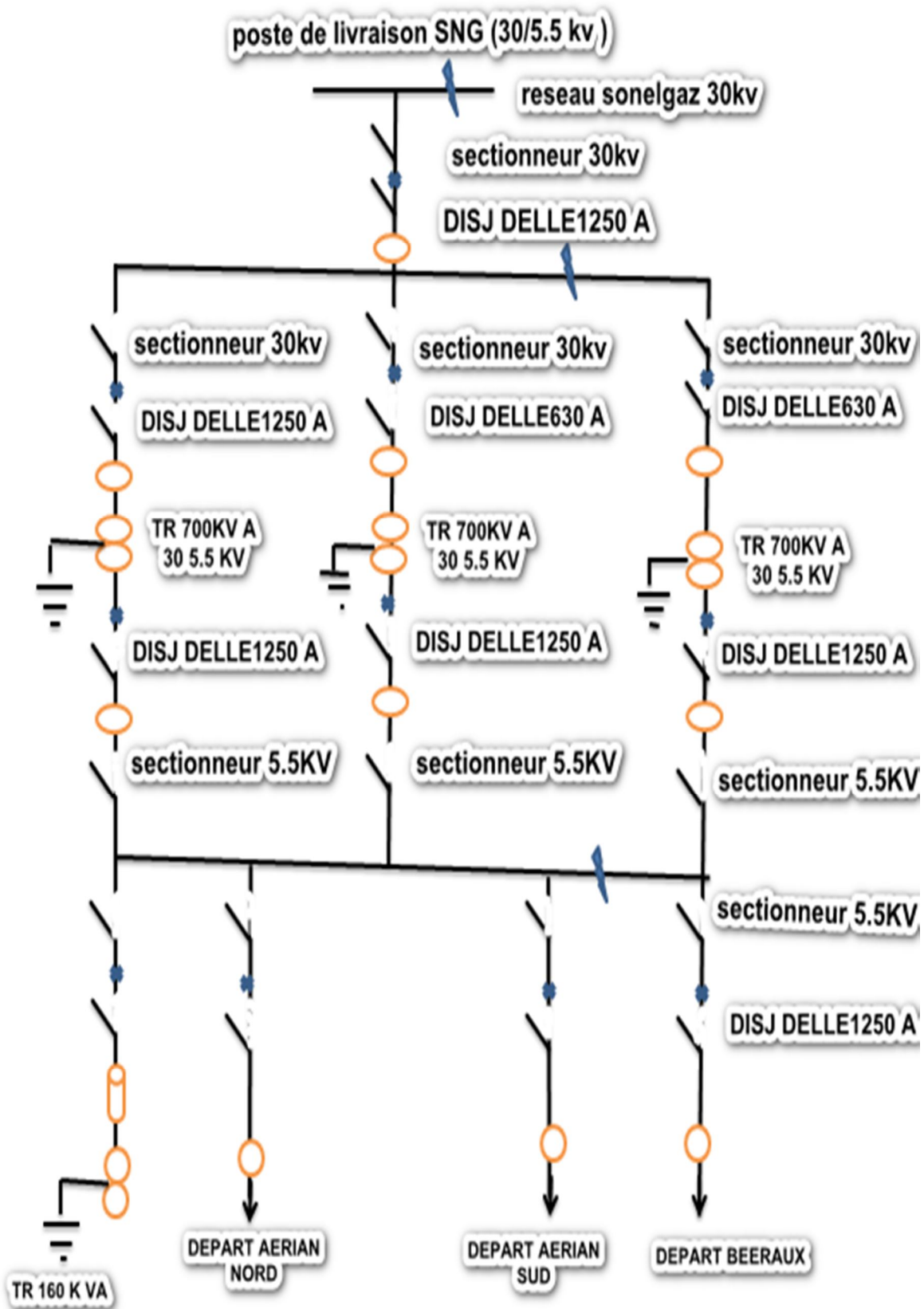


Fig .II 31 : Poste de livraison.

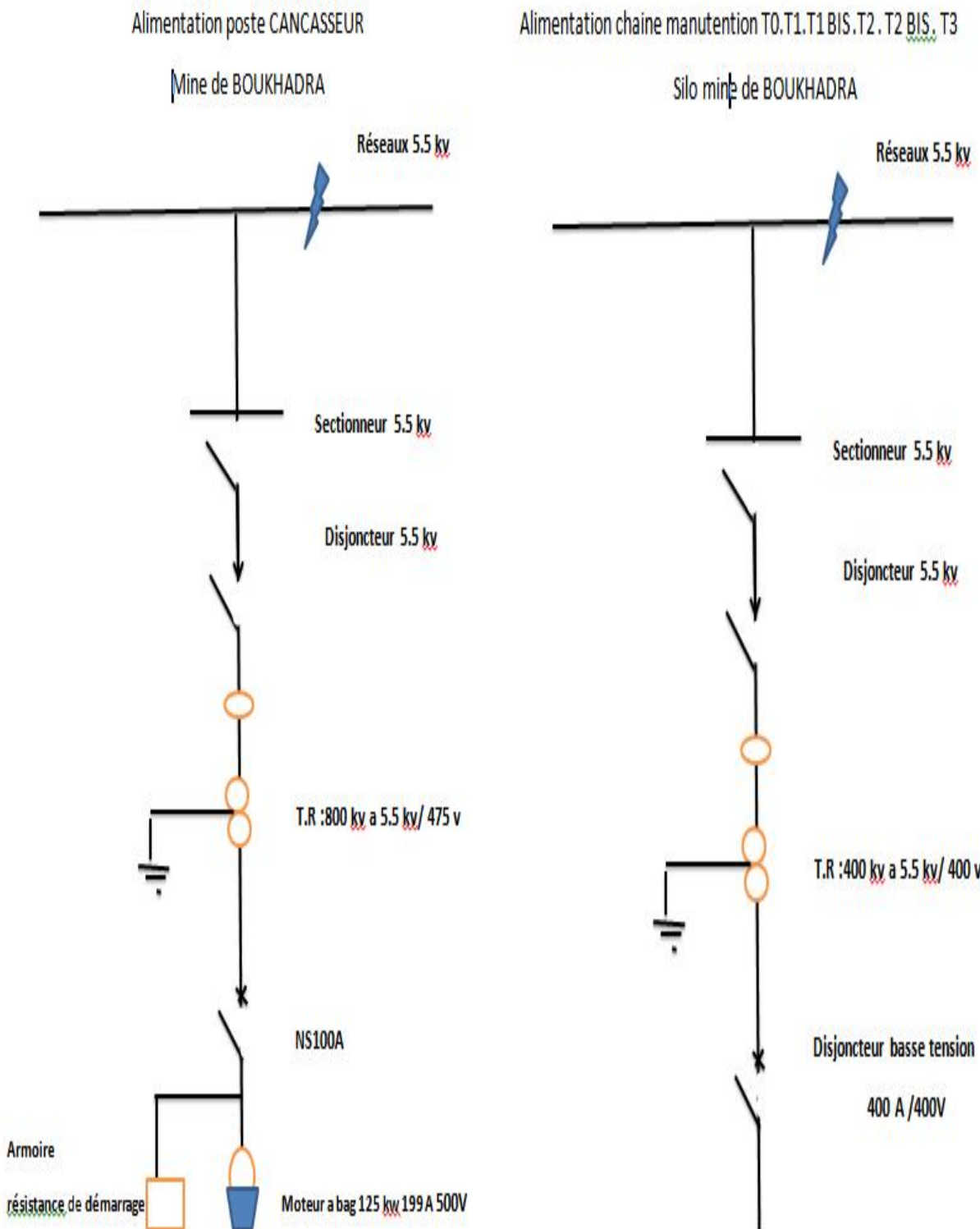


Fig. II 32 : Poste de livraison.

II.13 Conclusion :

Avant de faire le choix ou la conception d'un convoyeur à bande, il faut d'abord faire une recherche bibliographie pour avoir une connaissance suffisante sur les caractéristiques techniques des convoyeurs à bande, ses principaux organes de construction, et leurs domaines d'utilisations.

Cette connaissance, nous permet de déterminer le type du convoyeur à bande avec un bon dimensionnement dans le but de nous assurer la longue durée de vie de ses composants et d'éviter les risques et les incidences sur la sécurité de ces derniers.

Elle nous permet aussi d'avoir un bon rendement dans des conditions stables et efficaces et d'assurer un bon environnement de travail.

CHAPITRE III

GÉNÉRALITÉ SUR LES

MACHINES ÉLECTRIQUE

III.1. Introduction :

Le choix du moteur à installer est très important de point de vu de la puissance, la commande, la vitesse, la robustesse et la fiabilité. Pour cela on choisit un moteur électrique.

III.2 .Définitions :

Une machine électrique est un dispositif électromagnétique fondé sur l'électromagnétisme permettant la conversion d'énergie électrique par exemple en travail ou énergie mécanique Ce processus est réversible et peut servir à produire de l'électricité. [6].

Rep.	Désignation
1	Carter et stator bobiné
3	Rotor
5	Flasque avant
6	Flasque arrière
7	Ventilateur
13	Capot ventilateur
14	Tige d'assemblage
21	Clavette de bout d'arbre
26	Plaque signalétique
30	Roulement côté accouplement
50	Roulement côté ventilateur
71	Boîte à bornes
78	Presse étoupe
97	Vis borne de masse
98	Barrettes de connexion

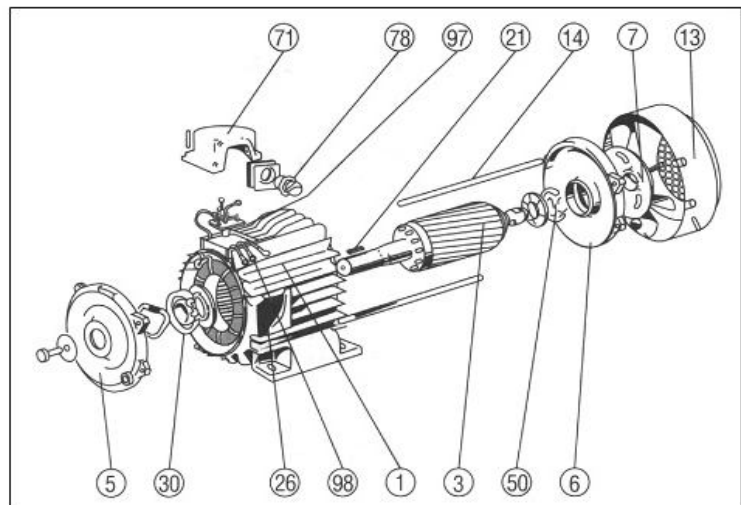


Fig. III 1 : Structure d'une machine électrique.

Il est divisé en principe en deux genres :

01/les machines électriques produisant de l'énergie électrique à partir d'une énergie mécanique sont communément appelées des génératrice ,dynamos ou alternateur suivant la technologie utilisée.

La génératrice .

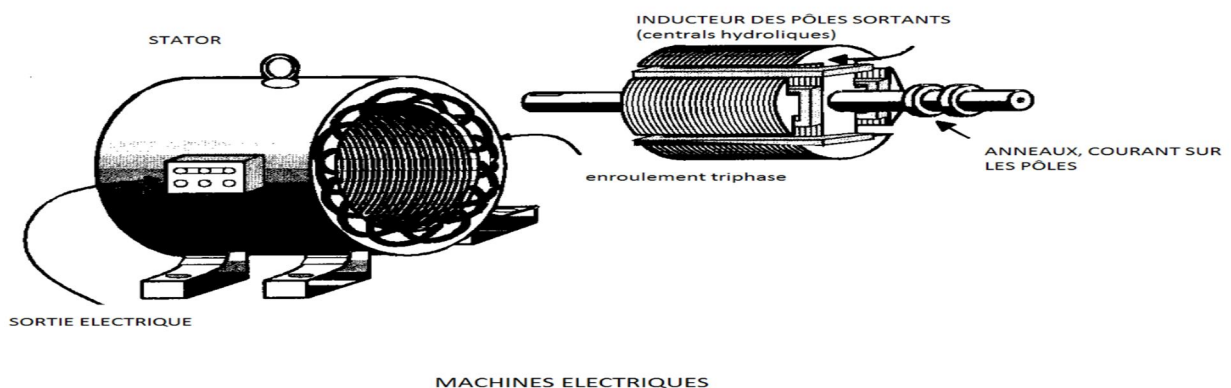


Fig. III2 : Différents parties d'un Génératrice.

02/les machines électriques produisant une énergie mécanique à partir d'une énergie électrique sont communément appelées des moteurs. [6].

III.3.Structure des moteurs électriques :

Les moteurs électriques se composent principalement de deux parties. D'un côté nous retrouvons une partie fixe que l'on nomme stator et une partie tournante que l'on nomme rotor. La composition du rotor varie en fonction du type de moteur. Cependant, la structure du stator est la même pour les deux

III.3.1.Le stator :

C'est la partie fixe du moteur. Une carcasse en fonte ou en alliage léger renferme une couronne de tôles minces (de l'ordre de 0,5 mm d'épaisseur) en acier au silicium. Les tôles sont isolées entre elles par oxydation ou par un vernis isolant. Le « feuilletage » du circuit magnétique réduit les pertes par hystérésis et par courants de Foucault. Les tôles sont munies d'encoches dans lesquelles prennent place les enroulements statoriques destinés à produire le champ tournant (trois enroulements dans le cas d'un moteur triphasé). Chaque enroulement est constitué de plusieurs bobines. Le mode de couplage de ces bobines entre elles définit le nombre de paires de pôles du moteur, donc la vitesse de rotation.

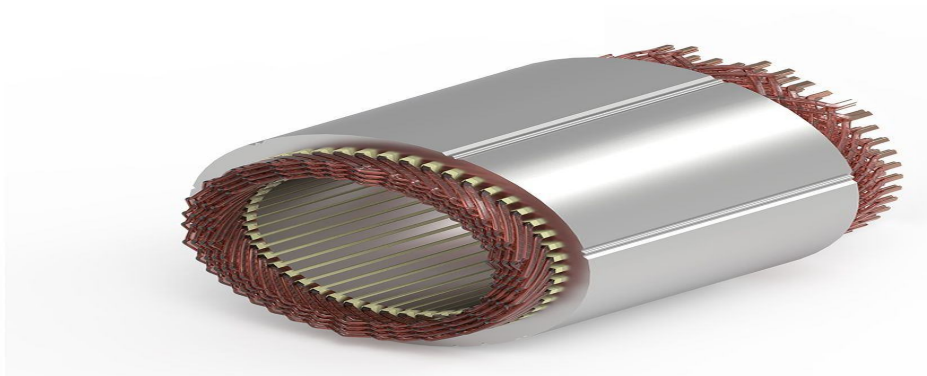


Fig III 3 : structure d'un stator (culasse + enroulement statorique).

III.3.2. Le rotor:

C'est l'élément mobile du moteur. Comme le circuit magnétique du stator, il est constitué d'un empilage de tôles minces isolées entre elles et formant un cylindre claveté sur l'arbre du moteur Cet élément de par sa technologie, permet de distinguer deux familles des moteurs.



Fig III4 :Structure d'un rotor bobiné avec collecteur

III.4.Classification des machines électriques :

Les moteurs sont divisés selon le type d'alimentation en plusieurs sections

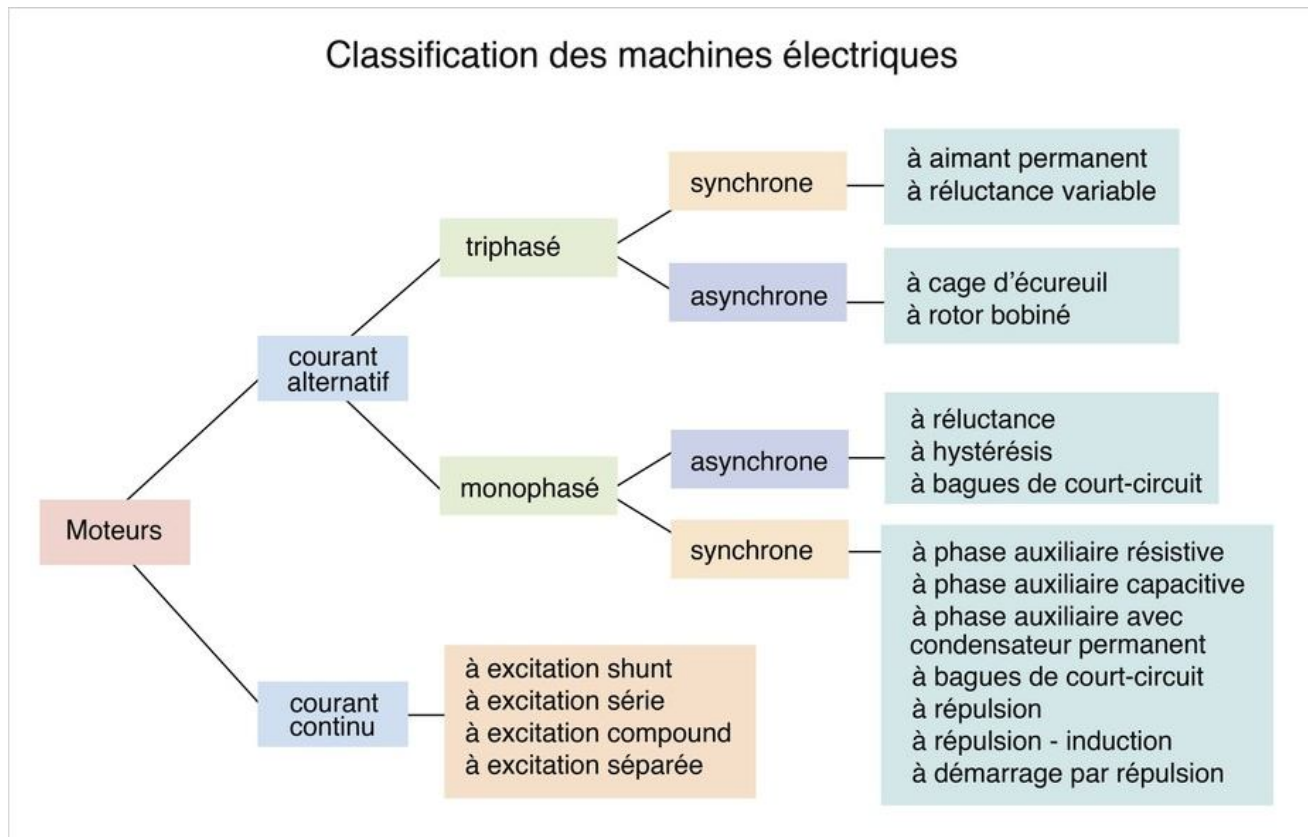


Fig III 5 : Classification des machines électriques

III.4.1.Moteur à courant continu :

Le moteur à courant continu est alimenté par des piles, des batteries ou par du courant continu produit par une dynamo ou, très couramment de nos jours, par un alternateur muni d'un dispositif redresseur de courant.

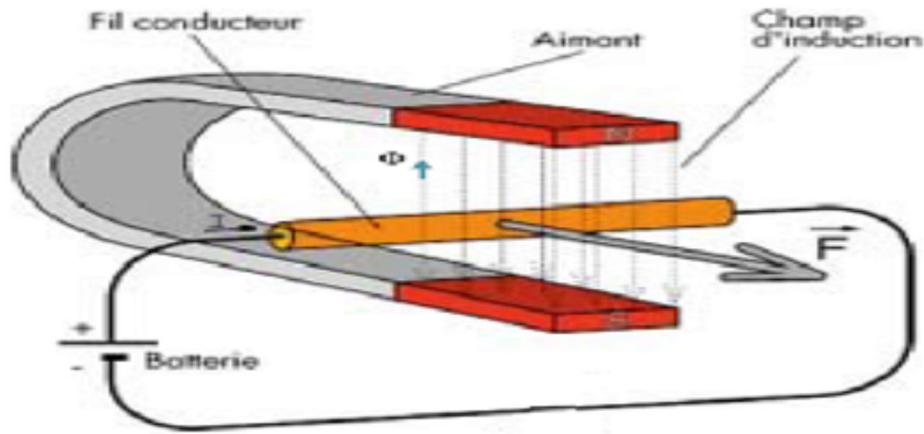


Fig III6 : Principe de fonctionnement d'un Moteur à courant continu.

A) L'avantage principal des machines à courant continu réside dans leur adaptation simple aux moyens permettant de régler ou de faire varier leur vitesse leur couple et leur sens de rotation : les variateurs de vitesse .Voire leur raccordement direct à la source d'énergie : batteries d'accumulateurs, piles, etc...

B) Le principal défaut de la machine à courant continu réside dans l'ensemble balais/ collecteur rotatif qui s'use, est complexe à réaliser et consomme de l'énergie.

Un autre problème limite les vitesses d'utilisation élevées de ces moteurs lorsque le rotor est bobiné, c'est le phénomène de « dé frettage », la force centrifuge finissant par casser les liens assurant la tenue des ensembles de spires (le frettage).

Il existe cependant, pour certaines applications, des moteurs modernes à courant continu sans balais qui ne présentent plus aucun de ces inconvénients. .

III.4.2. types des moteurs à courant continu :

Le moteur à courant continu excité par des aimants permanents n'est pas le seul type possible. Souvent on remplace les aimants par des électroaimants fixes (bobines convenablement alimentées en courant continu). Les bobines sont appelées “bobines d'excitation” ou “bobines inductrices”. On distingue généralement cinq types de moteurs selon le branchement envisagé:

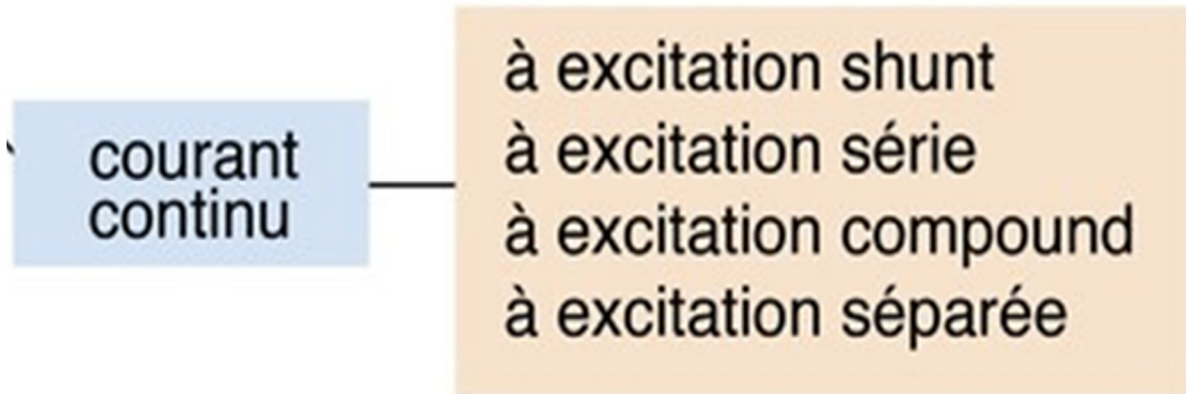


Fig III7 : Les différents types de machines à courant continu

III.4.2.a. Moteur à excitation indépendante :

Est constitué de deux enroulements induits et inducteur qui sont alimentés séparément par deux sources distinctes. L'inducteur qui comporte une résistance (R_f) et une inductance (L_f) est excité par une source continue de tension (V_f) et de courant (I_f) et l'induit qui est constitué d'une résistance, d'une inductance, et d'une force électromotrice (R_a, L_a, E), est excité par une source de tension (V_a), et de courant (I_a)

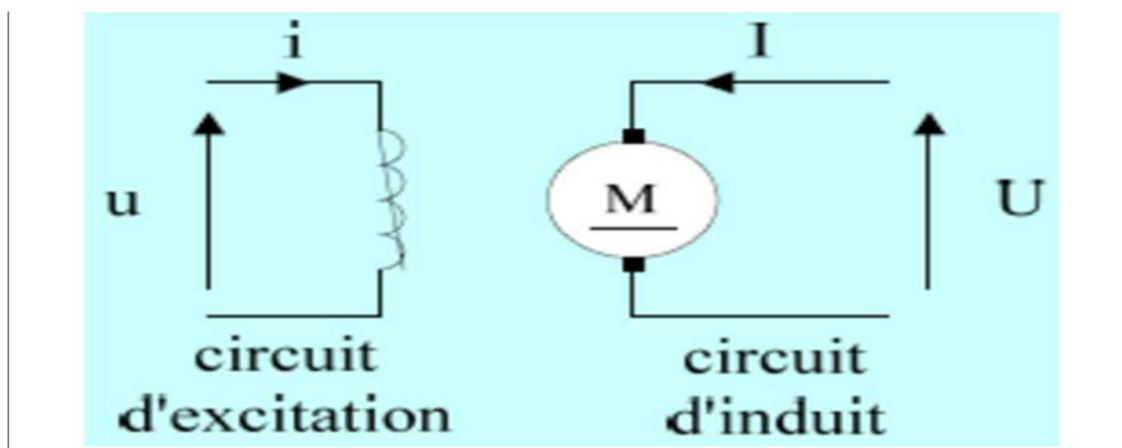


Fig III 8 : Moteur à excitation indépendante

III.4.2. .b. Moteur à excitation en série :

Le moteur série est constitué de deux enroulements, induit et inducteur montés en série (même courant). Il est alimenté par une source constituée de tension et de courant qui débite sur l'induit, de résistance, d'inductance et de force contre électromotrice et d'un inducteur de résistance et d'inductance.

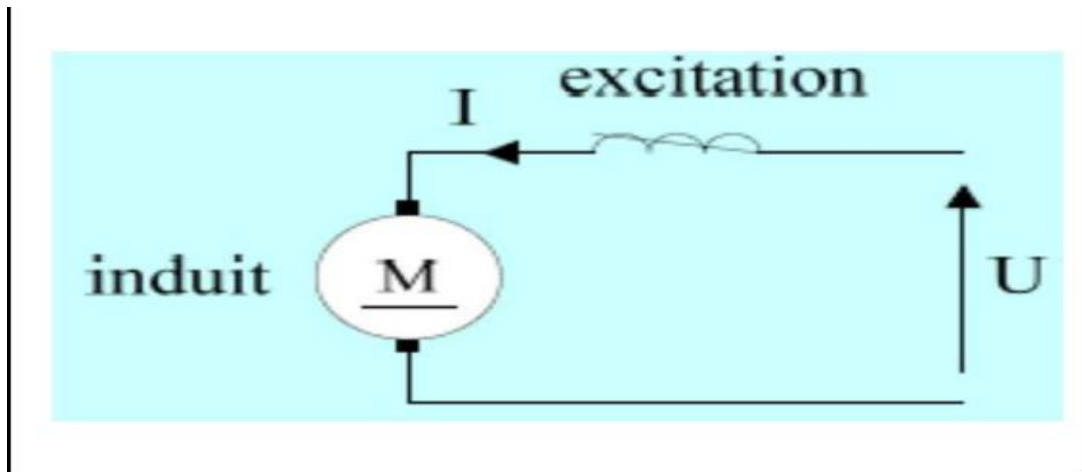
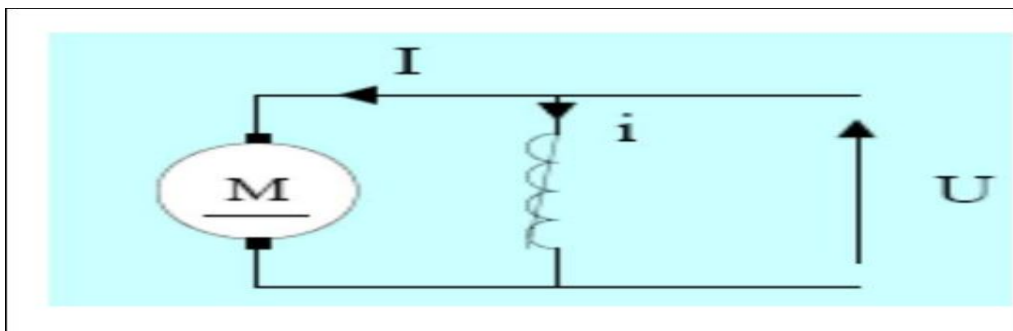


Fig III 9: Moteur à excitation en série

III.4.2.c. Moteur à excitation shunt (excitation en dérivation):

Le moteur à excitation shunt possède les mêmes propriétés que le moteur à excitation séparée du fait que, dans les deux cas, l'inducteur constitue un circuit extérieur à celui de l'induit.



FigIII 10 : Moteur à excitation shunt (excitation en dérivation)

III.4.2 .d. Moteur à aimant permanent :

Si un conducteur en forme de spire, parcouru par un courant I , est placé dans un champ magnétique, il est soumis à des forces de Laplace. Ces forces créent un couple de rotation qui fait tourner la spire sur son axe.

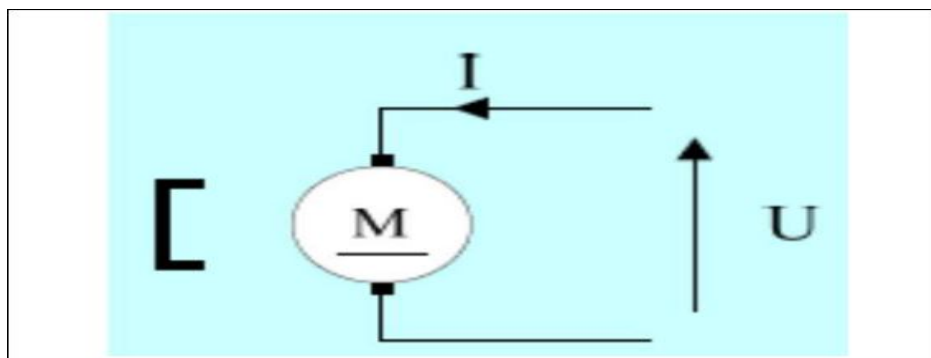


Fig III 11: Moteur à aimant permanent

III.4.2.e.Moteur compound (excitation composée) :

Il porte deux enroulements inducteurs dont l'un est placé en série avec l'induit et l'autre en parallèle

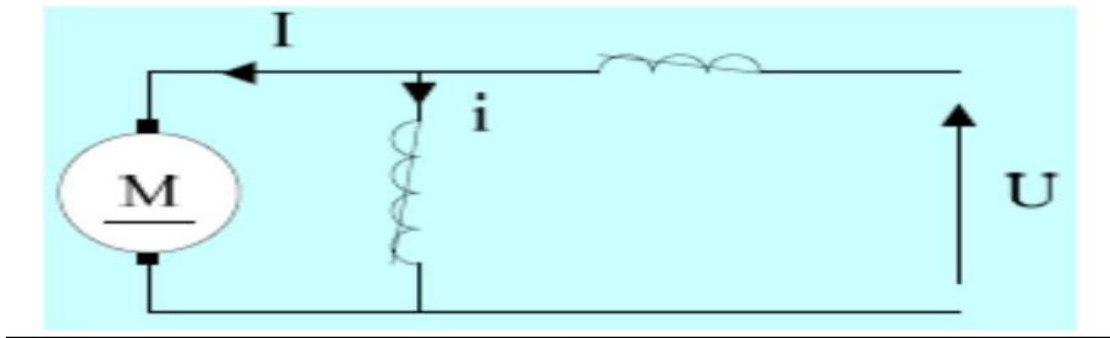


Fig III 12: Moteur compound (excitation composée)
Courte dérivation

III.5.Les moteurs à courant alternatif :

III.5.1 Définition:

Le moteur qui convertit le courant alternatif en puissance mécanique en utilisant un phénomène d'induction électromagnétique est appelé un moteur à courant alternatif. Comme toutes les machines électriques Le stator et le rotor sont les deux parties les plus importantes des moteurs à courant alternatif. Le moteur à courant alternatif peut être monophasé ou triphasé. .

III.5.2 Les moteurs monophasés :

Les moteurs monophasés sont principalement utilisés pour la conversion de puissance est presque de petite taille et fournit une variété de services à la maison, au bureau, aux entreprises, dans les usines, etc. tels que les réfrigérateurs, les ventilateurs, la machine à laver, les sèche-cheveux, les mixeurs, etc. ce type est le plus fréquent dans la vie de tous les jours 95 % des moteurs vendus, mais 25 % de la consommation électrique généralement de basse puissance utilisent un moteur monophasé

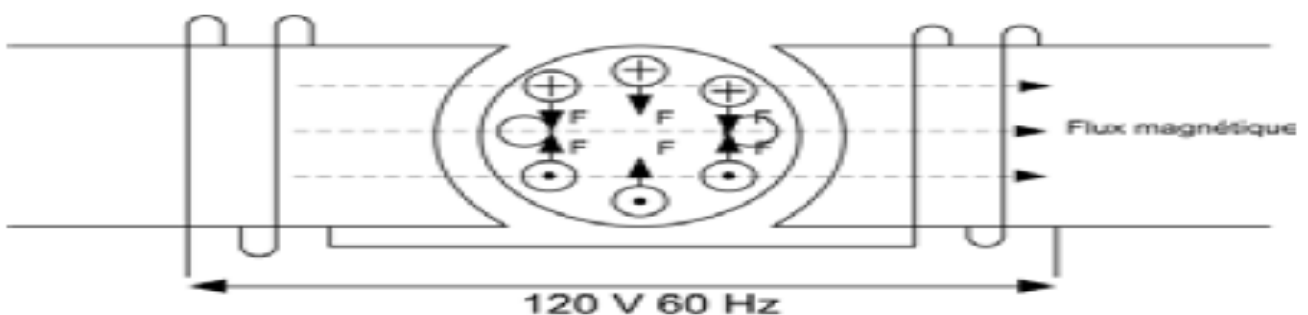


Fig III 13 :Montage d'un moteur monophasé.

III.5.3. Comment démarré le moteur :

Il faut créer un champ tournant de démarrage, pour créer un champ tournant, il suffit de deux phases décalées spatialement de 90° et parcourues par des courants déphasés au plus le déphasage entre les courants est proche de 90° , au plus le champ aura une variation "circulaire" et le couple produit par le rotor sera grand et constant.

III.5.4. Les moteurs triphasés :

Les moteurs triphasés sont principalement utilisés dans l'industrie de la conversion de l'énergie électrique en mécanique en vrac. Le moteur asynchrone triphasé est l'actionneur électrique le plus fréquemment employé dans les applications industrielles.

Ce moteur est capable de développer de fortes puissances mécaniques (jusqu'à 5000 kW) et on le rencontre aussi bien dans l'industrie sidérurgique, que dans le traitement des eaux, l'industrie agroalimentaire, les systèmes d'entraînement et de convoyage, les applications avec variation de vitesse

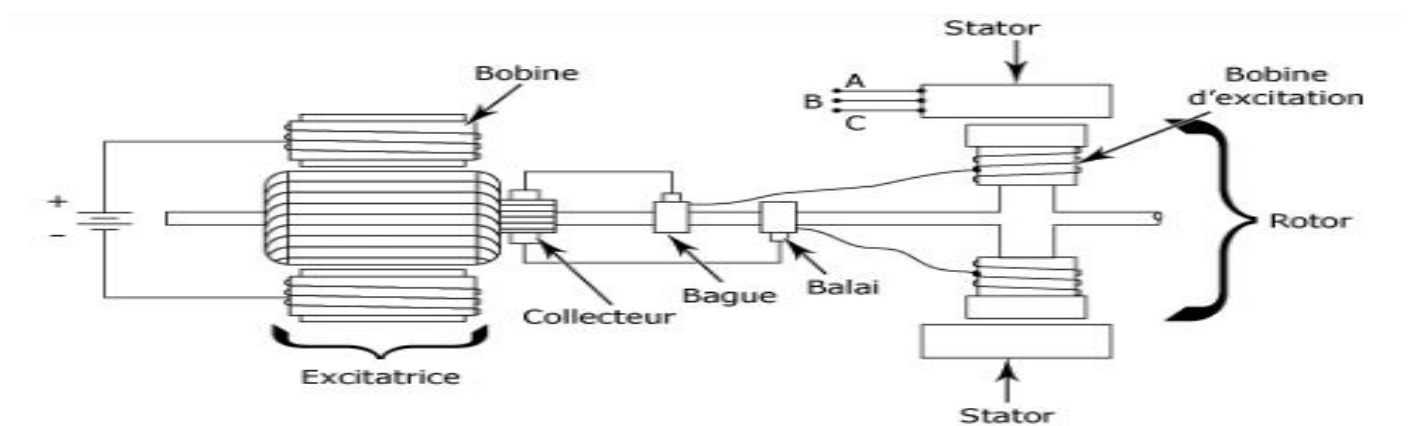


Fig III 14: Montage d'un moteur triphasé

III.5.5. Principe de fonctionnement :

Le rotor tourne dans le même sens que le champ magnétique.

Sa vitesse est légèrement inférieure à celle du champ magnétique et la différence de vitesse (appelé glissement) explique le terme d'asynchrone.

III.6. Boîte à bornes et couplages :

Voici une vue du repérage de la boîte à borne. Il y a deux manières de câbler ce bornier, ce sont les couplages. Ils sont réalisés dans les deux cas par des barrettes de couplages en cuivre qui viennent se visser sur le bornier.

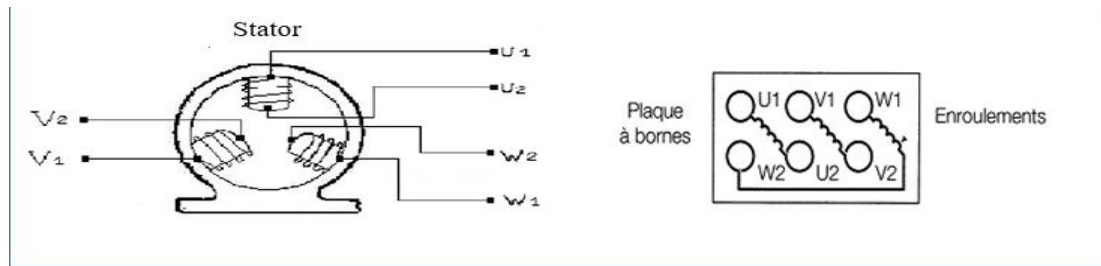


Fig III 15 : Boîte à bornes et couplages

Lire sur la plaque signalétique du moteur et repérer les tensions, ici 230/400V. La plus petite de ces deux tensions est celle qui doit alimenter les bobinages (ici 230V).

On compare cette tension (ici 230v) à celle de la tension composée du réseau:

Si la tension du moteur est inférieure à celle du réseau alors on fera un couplage étoile.

Si la tension du moteur est égale à celle du réseau alors on fera un couplage triangle.

Il est possible de relier définitivement les bornes pour un couplage étoile ou triangle grâce à des barrettes de couplage.

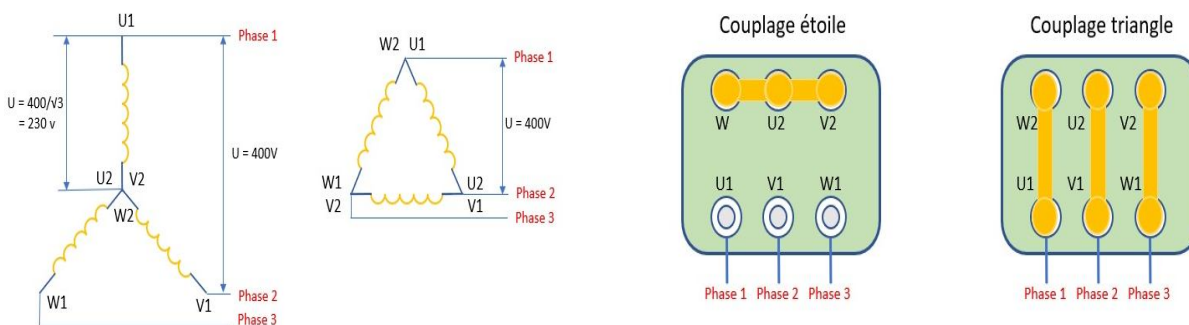


Fig III 16 : Couplage étoile et triangle

Le moteur à courant alternatif est principalement classé en deux types. Ils sont le moteur synchrone et le moteur à induction (asynchrone).

III.7. La différence entre moteurs synchrones et asynchrones :

La différence entre moteurs synchrones et asynchrones vient du rotor : le rotor des moteurs synchrones se compose d'un aimant ou électroaimant alors que celui des moteurs asynchrones est constitué d'anneaux (qui forment ce que l'on appelle la cage à écureuil). Dans le cas d'un moteur synchrone, le moteur tourne à la même vitesse que le champ magnétique (le rotor tourne à la vitesse de synchronisme). Dans le cas d'un moteur asynchrone, il y a un décalage entre la vitesse de rotation de l'arbre et le champ magnétique (le rotor tourne moins vite et n'atteint jamais la vitesse de synchronisme).

III.8. le moteur asynchrone :

III.8.1.Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone repose sur la création d'un courant induit dans un conducteur lorsque celui-ci coupe les lignes de force d'un champ magnétique, d'où le nom de « moteur à induction ». L'action combinée de ce courant induit et du champ magnétique crée une force motrice sur le rotor du moteur. Les Trois enroulements, géométriquement décalés de 120° , sont alimentés chacun par une des phases d'un réseau triphasé alternatif (cf. fig. 3). Les enroulements sont parcourus par des courants alternatifs présentant le même décalage électrique, et qui produisent chacun un champ magnétique alternatif sinusoïdal. Ce champ, toujours dirigé suivant le même axe, est maximal quand le courant dans l'enroulement est maximal.

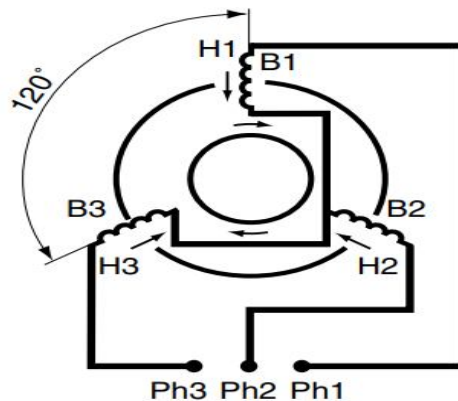


Fig III 17 : Principe d'un moteur asynchrone triphasé

Le champ généré par chaque enroulement est la résultante de deux champs qui tournent en sens inverse. Les trois champs tournant dans le sens des aiguilles d'une montre se superposent. Ces Champs s'additionnent pour former le champ tournant d'amplitude constante $3H_{max}/2$. C'est un champ à une paire de pôles. Ce champ effectue un tour pendant une période du courant d'alimentation. Sa vitesse est fonction de la fréquence du réseau (f), et du nombre de paires de pôles (p). Elle est appelée « vitesse de synchronisme ».

Un moteur asynchrone triphasé comporte deux parties principales : un inducteur ou stator et un induit ou rotor.

III.8.2.Les différents types de rotor :

Selon le type de rotor utilisé que l'on distingue les deux types de moteurs asynchrones triphasés : On distingue deux types de rotors : moteurs à cage d'écureuil et moteurs à rotor bobiné.

III.8.2.1. Rotor en court-circuit (cage d'écureuil) :

rotor en court-circuit (rotor à cage d'écureuil) les plus utilisés 80 à 85 % .Le rotor est constitué de tôles empilées isolées entre elles de façon à former un cylindre comportant des encoches, réparties à la périphérie, où sont logés des conducteurs en aluminium coulé ou en cuivre dont les extrémités sont court-circuités par des couronnes de même nature formant ainsi une "cage d'écureuil". L'ensemble présente une résistance électrique très faible.

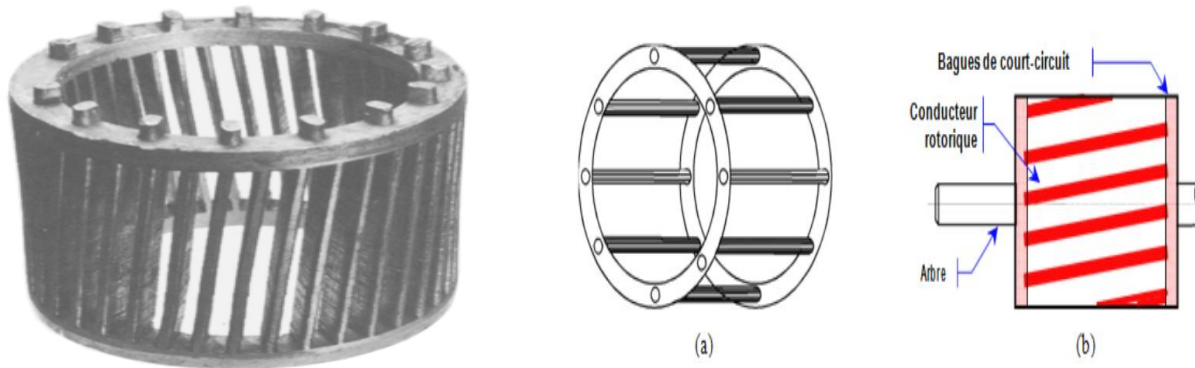


Fig III 18 :Vue générale d'un rotor à cage d'écureuil d'un moteur asynchrone

Ces moteurs ont un couple de démarrage relativement faible et l'intensité absorbée est Supérieure à l'intensité nominale.

On utilise aussi des rotors à double cage, l'une extérieure assez résistante et l'autre intérieure de résistance plus faible. Au début du démarrage, le flux étant à fréquence élevée, les courants induits sont dans la cage intérieure. Le couple produit par la cage extérieure résistante est important et l'appel de courant réduit. En fin de démarrage, la fréquence diminue dans le rotor, et le passage du flux à travers la cage intérieure est plus facile.

III.8.2.2. Rotor bobiné (rotor à bagues):

Le moteur à rotor bobiné est un cylindre composé de tôle empilées isolées entre elles, solidaire de l'arbre du moteur, munies d'encoches, percées dans ses tôles, où sont placés des conducteurs formant un bobinage le plus souvent triphasé relié en étoile et branché à trois résistances externes à l'aide de bagues collectrices servant à les court-circuiter.

Les pôles du rotor sont en même nombre que le stator. Sur les bagues viennent frotter des balais raccordés au dispositif de démarrage.

Ces moteurs ont un couple de démarrage s'élevant jusqu'à 2,5 C n, et le courant de démarrage est sensiblement égal à celui du couple.



Fig III 19: Rotor bobiné (rotor à bagues).

Ce type de moteur est plus coûteux que le moteur à cage d'écureuil. Mais, il possède les avantages suivants :

- Le couple de démarrage est plus élevé ;
- Il est possible de régler la vitesse du moteur à l'aide de résistances extérieures (rhéostat)
- Le courant de démarrage est plus faible lorsqu'on ajoute un rhéostat.

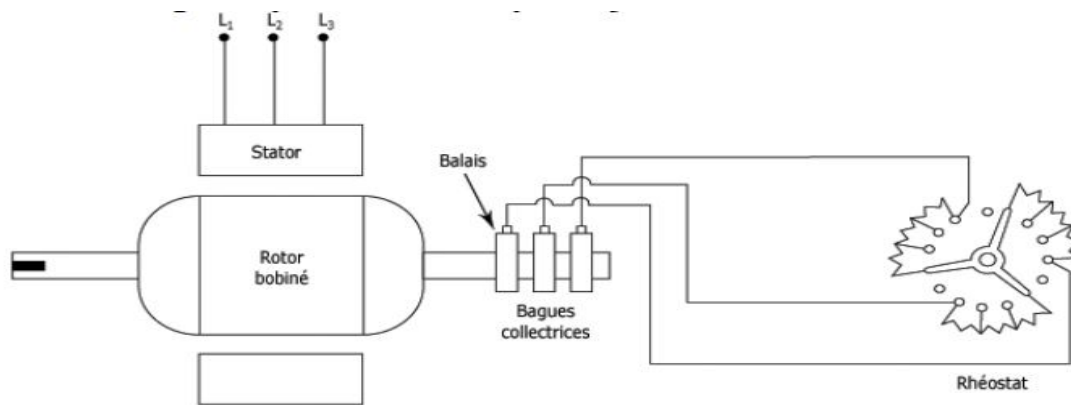


Fig III 20 : Moteur à l'aide de résistances extérieures (rhéostat)

Avec l'utilisation de l'électronique, l'utilisation des moteurs à rotor bobiné tend toute fois à diminuer dans les applications à vitesse variable au profit de moteurs à cage d'écureuil associés à des variateurs de vitesse à contrôle vectoriel de flux permettant des variations de 0 à 2 fois la vitesse de rotation nominale du moteur.

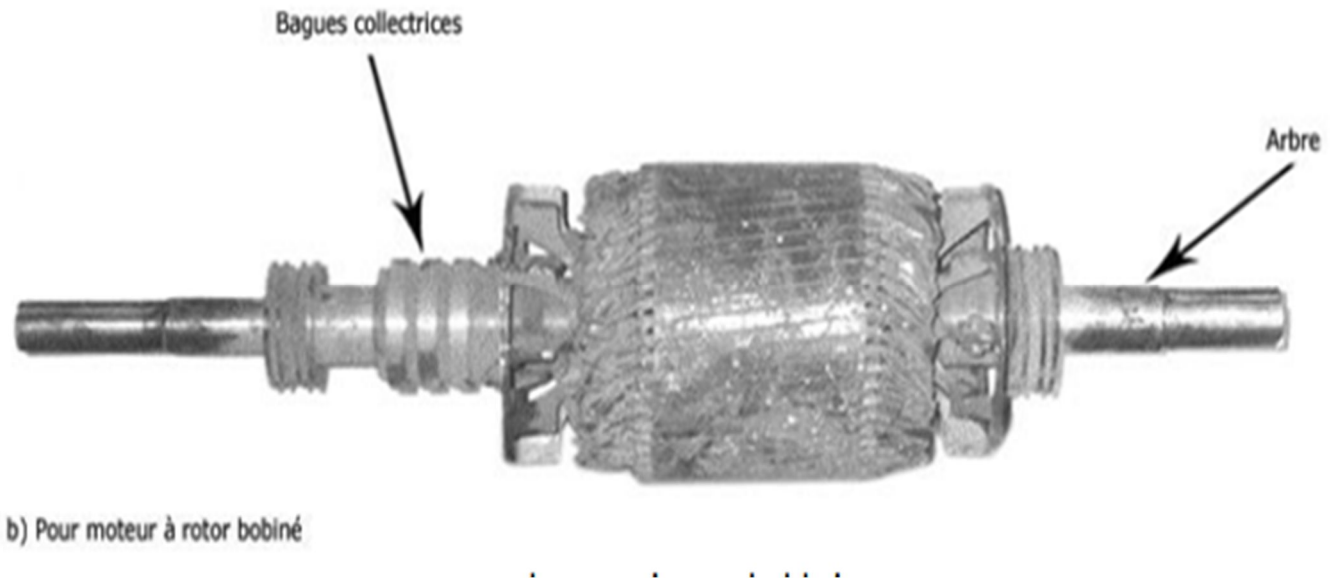


Fig III 21: Rotor bobiné a bagues. [6].

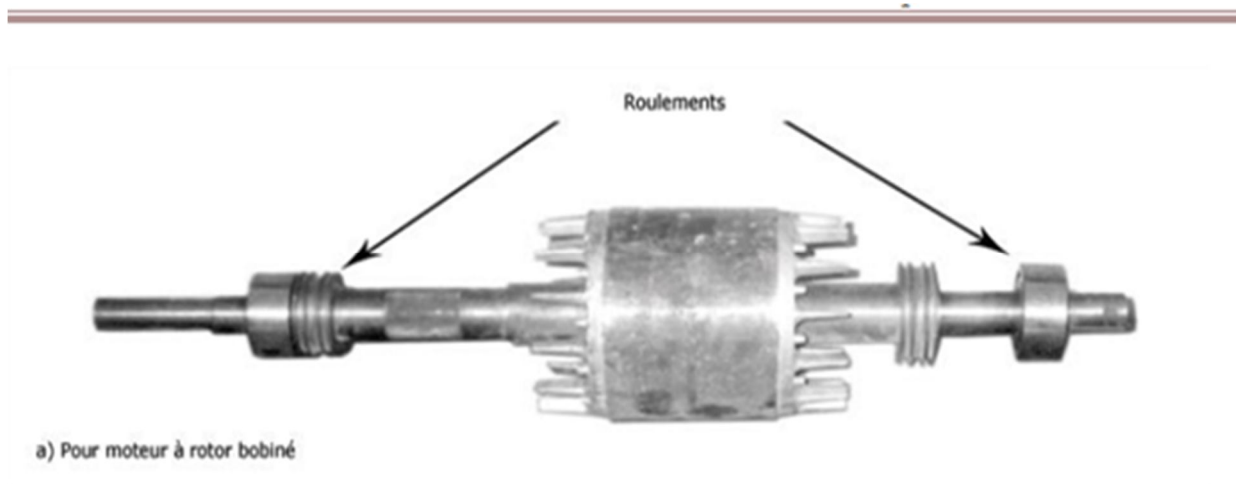


Fig III 22 : à rotor bobiné a roulement. [6].

III.9.Le moteur synchrone :

Le moteur synchrone se compose, comme tous les moteurs, d'un stator et d'un rotor séparés par l'entrefer. Il s'en différencie par le fait que le flux dans l'entrefer n'est pas dû à une composante du courant statorique : il est créé par des aimants ou par le courant inducteur fourni par une source à courant continu extérieure qui alimente un enroulement placé dans le rotor.

III.9.1.Le stator :

Le stator comprend une carcasse et un circuit magnétique généralement constitués de tôles d'acier au silicium et d'un bobinage triphasé analogue à celui d'un moteur asynchrone alimenté en courant alternatif triphasé pour produire un champ tournant

III.9.2. Le rotor :

Le rotor porte des aimants ou des bobines d'excitation parcourues par un courant continu qui créent des pôles Nord et Sud intercalés. Le rotor, à la différence des machines asynchrones tourne sans glissement à la vitesse du champ tournant.

Il existe donc deux types distincts de moteurs synchrones :

III.10. les moteurs à aimants :

Son rotor est ici constitué d'un aimant permanent qui a constamment un champ magnétique polarisé : nord / sud ou on peut toutefois mettre à la place des bobines alimentées qui feront la même chose (électro-aimants) mais dans ce cas il faut les alimenter.

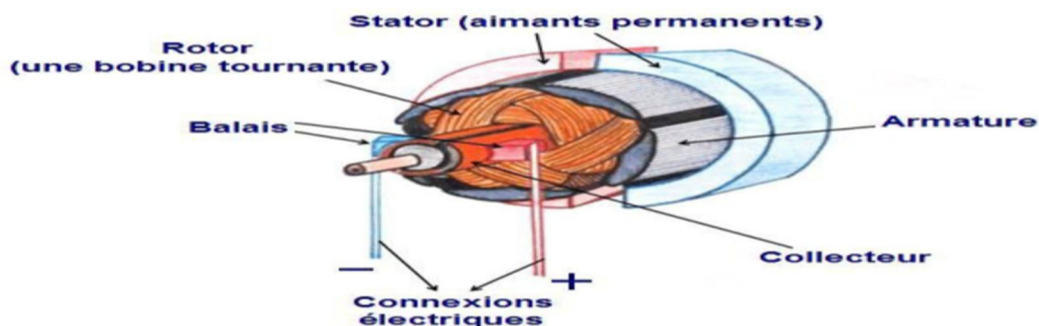


Fig III 23 : Moteurs à aimants

III.10.1. le rotor :

Le moteur est équipé d'aimants permanents en général en terre rare pour obtenir un champ élevé dans un volume réduit.

III.10.2. Le stator :

Il comporte les enroulements triphasés. Ces moteurs peuvent accepter des courants de surcharge importants pour réaliser des accélérations très rapides. Ils sont toujours associés à un variateur de vitesse et ces ensembles moto-variateurs sont destinés à des marchés spécifiques comme ceux des robots ou des machines-outils pour lesquels un moindre volume des moteurs, les accélérations et la bande passante sont des impératifs.

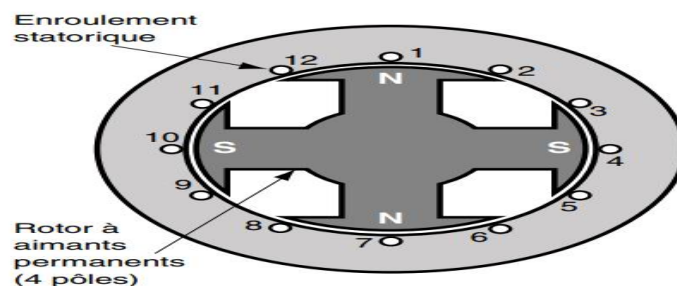


Fig III 24 : Coupe d'un moteur à aimants permanents

III.11. Les moteurs à rotor bobiné :

Elles sont réversibles et peuvent fonctionner en générateurs (alternateurs) ou en Moteurs. ces machines ont surtout été utilisées en alternateurs. Leur usage en moteur était pratiquement confiné aux Applications où il était nécessaire d'entraîner des charges à vitesse fixe en dépit des variations relativement importantes de leur couple résistant.

Les moteurs synchrones utilisés industriellement dans la gamme de puissance dépasse le mégawatt de 150 kW à 5 MW, c'est au-delà de 5 MW que les entraînements électriques utilisant des moteurs synchrones se sont pratiquement imposés majoritairement associés à des variateurs de vitesse.

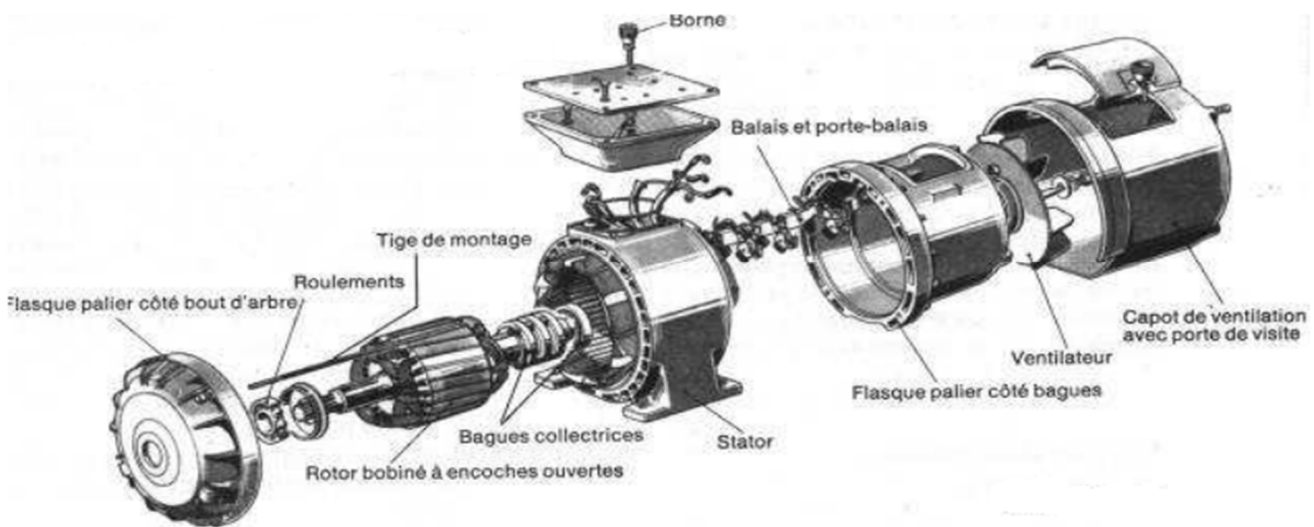


Fig III 25 : Moteurs à rotor bobiné ou moteurs à bagues. [6].

III.12. Les moteurs linéaires :

Leur structure est identique à celle des moteurs rotatifs de type synchrone : ils sont composés d'un stator (plateau) et d'un rotor (tige d'avance) développés en ligne. En général le plateau se déplace sur une glissière le long de la tige d'avance. Ce type de moteur s'affranchit de toute cinématique intermédiaire pour la transformation du mouvement d'où l'absence de jeu et d'usure mécanique de cet entraînement.

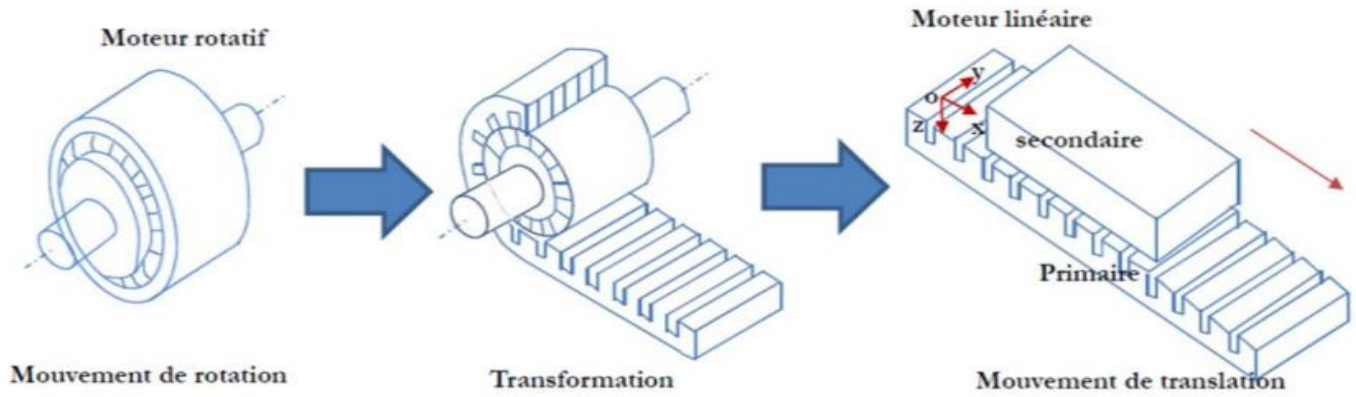


Fig III 26 : Les moteurs linéaires. [6].

III.13. Les moteurs asynchrones synchronisés :

Ce sont des moteurs à induction. Lors de la phase de démarrage, le moteur fonctionne en mode asynchrone et lorsqu'il a atteint une vitesse proche du synchronisme, il passe en mode synchrone. Si sa charge mécanique est importante, il ne peut plus tourner en mode synchrone et repasse en mode asynchrone. Cette particularité est obtenue par une construction spéciale du rotor et en général pour des moteurs de faible puissance.

III.14. Les moteurs pas à pas :

Ce sont des moteurs qui tournent en fonction des impulsions électriques alimentant ses bobinages. Selon son alimentation électrique, il peut être de type :

III.14.1.unipolaire :

Si ses bobinages sont toujours alimentés dans le même sens par une tension unique, d'où le nom d'unipolaire.

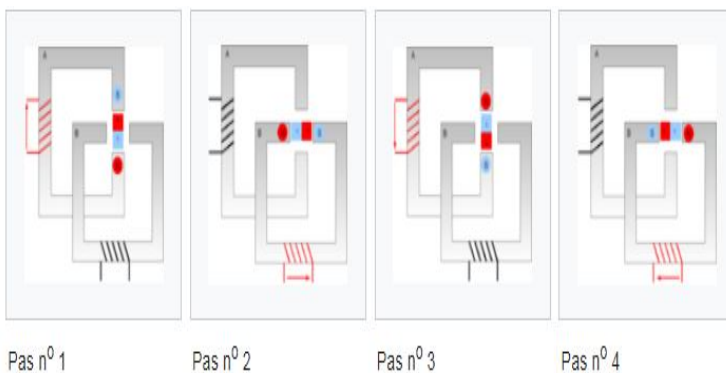


Tableau récapitulatif de l'ordre des phases

Impulsion	Bobine A	Bobine A	Bobine B	Bobine B
T1	+	-		
T2			+	-
T3	-	+		
T4			-	+

Fig III 27: Les moteurs pas à pas.

III.14.2. Bipolaire :

Lorsque ses bobinages sont alimentés tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre sens. Ils créent une fois un pôle Nord, une fois un pôle Sud d'où le nom de bipolaire .Les moteurs pas à pas peuvent être à réluctance variable, à aimants ou une combinaison des deux (cf. fig. 11).L'angle de rotation minimal entre deux modifications des impulsions électriques s'appelle un pas.

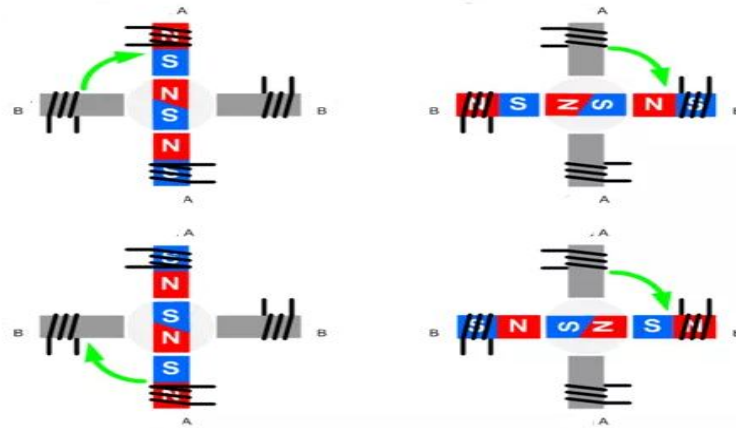


Fig III 28 : Principe de fonctionnement du moteur pas à pas en pas Complet avec alimentation biphasée. [6].

III.15. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons évoqué les concepts de base et les informations nécessaires pour expliquer la structure du moteur électrique, en plus de sa classification des moteurs à courant continu et à courant alternatif, avec une définition de l'ingénierie de chaque moteur et de son principe de fonctionnement. En plus d'expliquer les avantages des moteurs synchrones et asynchrones en les différenciant.

CHAPITRE IV

LES MOTEURS À RELUCTANCE

VARIABLE MRV

IV .1.Introduction :

Les MRV ont longtemps été utilisés exclusivement comme moteurs pas à pas, d'une Les MRV ont longtemps été utilisés exclusivement comme moteurs pas à pas, d'une Part grâce à leur précision de positionnement et d'une autre part, à cause de l'absence de Systèmes de commutations fiables et rapides. Dans les années 60-70, le développement des composants électroniques a permis d'élargir le domaine d'utilisation des MRV, en leur permettant d'atteindre des performances jusque-là inconcevable. Dés alors, les MRV ont constitué une classe de machines à part entière.

D'une façon générale, le MRV présente beaucoup d'avantages et peut être employé avec succès en tant que moteur à vitesse variable. Il fournit des solutions pour des applications très variées, notamment des applications de traction de petite taille, avec des performances très satisfaisantes et des puissances pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilowatts. Le MRV présente une alternative dans une multitude d'applications. Parmi ces applications nous pouvons citer: - Les applications spécifiques : compresseurs, ventilateurs, pompes. Les équipements médicaux et de laboratoires comme les pousse-seringues les centrifugeuses ainsi que les fauteuils roulants électriques - Les appareils ménagers : Robot ménager, Les applications pour véhicules électriques et hybrides, le domaine de traction électrique sur rails comme les MRV linéaires ainsi que les rotors « in Wheel » directement associés aux roues et les équipements de bord Moteur hybride destiné à la traction Système d'aération dans les transports en commun Les équipements informatiques et bureautiques : impression, ventilateur, têtes de lecture...

- Les pompes à fuel et appareillages embarqués à bord des avions, navettes spatiales, fusées et différents équipements aéronautiques et aérospatiaux Le manque d'une atmosphère dans l'espace fait que le moteur électronique est le seul choix viable pour les systèmes de propulsion des robots d'exploration spatiale. L'agence NASA pour son programme d'exploration de mars a conçu un MRV pouvant supporter une température de 540° pendant 27heures.

IV.2 Classification de moteur à reluctance variable :

En électrotechnique, il a été convenu de classer les machines électrique selon le type d'énergie électrique (continu ou alternative). Mais cela n'empêche pas que certaines classifications prennent en considération la géométrie, le type de mouvement (linéaire, rotatif ou combiné)...etc.

En menant notre recherche bibliographique, nous avons constaté que les MRV ne se plient pas à une classification évidente. En effet, pour la même géométrie, ils peuvent fonctionner avec de l'énergie continu comme le MRV pure à double saillance, ou avec de l'énergie alternative comme le MRV synchrone, VERNIER, hybride, ...etc.

Certains auteurs, ont tenté de lui trouver sa place dans « l'arbre généalogique » des machines électriques. Dépourvu de collecteur, le MRV se place du côté des machines à courant alternatif comme le montre la (Fig IV .1).

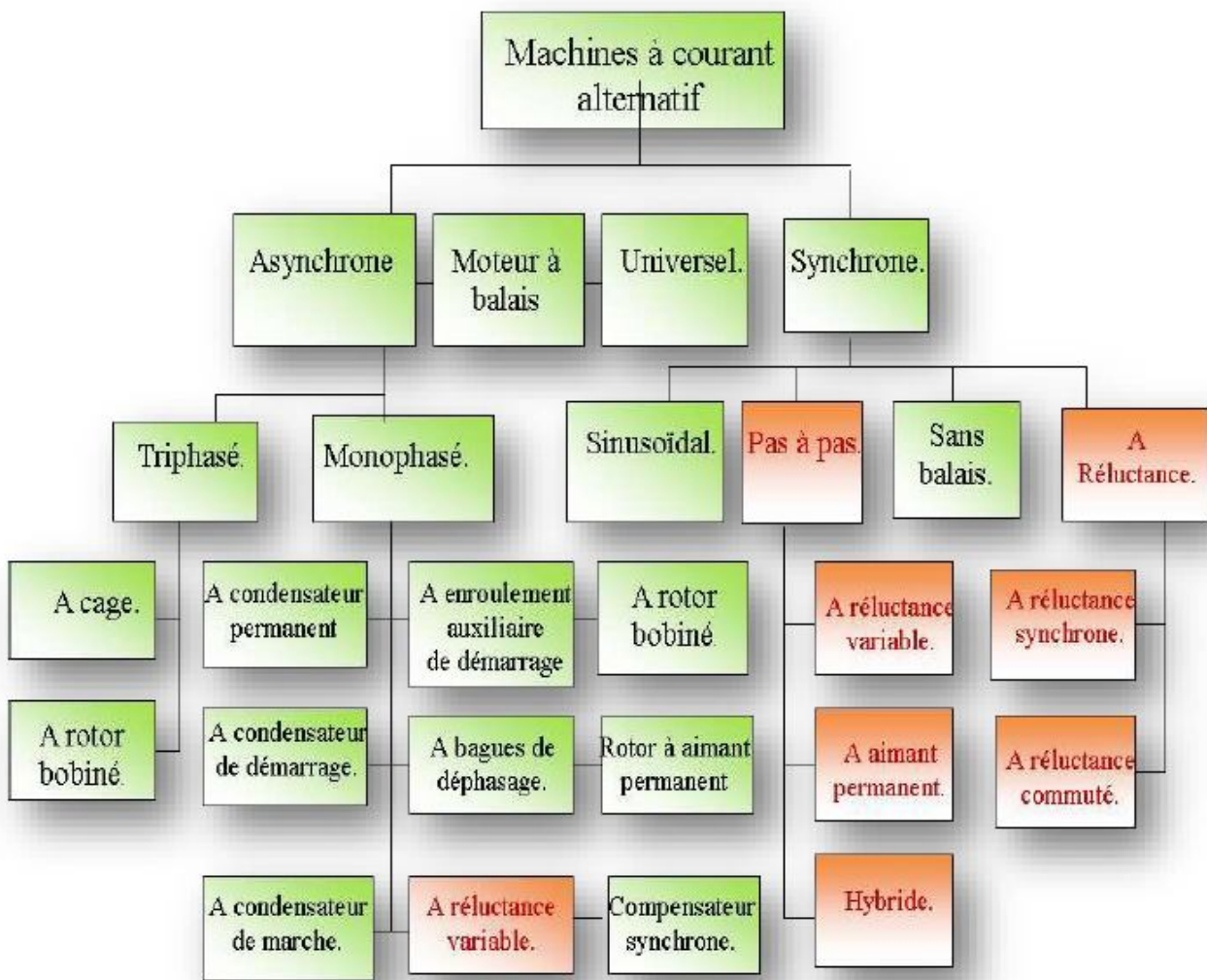


Fig IV.1 : Les moteurs électriques

IV.3. Compose un moteur à reluctance variable:

Comme toujours on a un stator et un rotor ...

IV.3. 1.Le stator :

Est ici incarné par plusieurs phases / bobines (nombre paire obligatoire) comme on peut le voir sur un moteur à aimant permanent synchrone. Cependant chaque phase est doublée, ce qui veut dire qu'une phase correspond à deux bobinages l'un en face de l'autre : ils seront commutés en même temps.

Au centre.

IV.3. 2.Le rotor :

(Barreau de ferrite) n'est ni un matériau aimanté / magnétique ni un matériau sur lequel on pourra induire du courant ... Alors comment peut-il marcher puisque le rotor ne semble pas pouvoir être sensible aux bobines du stator ? Essayons de décrypter tout cela ...

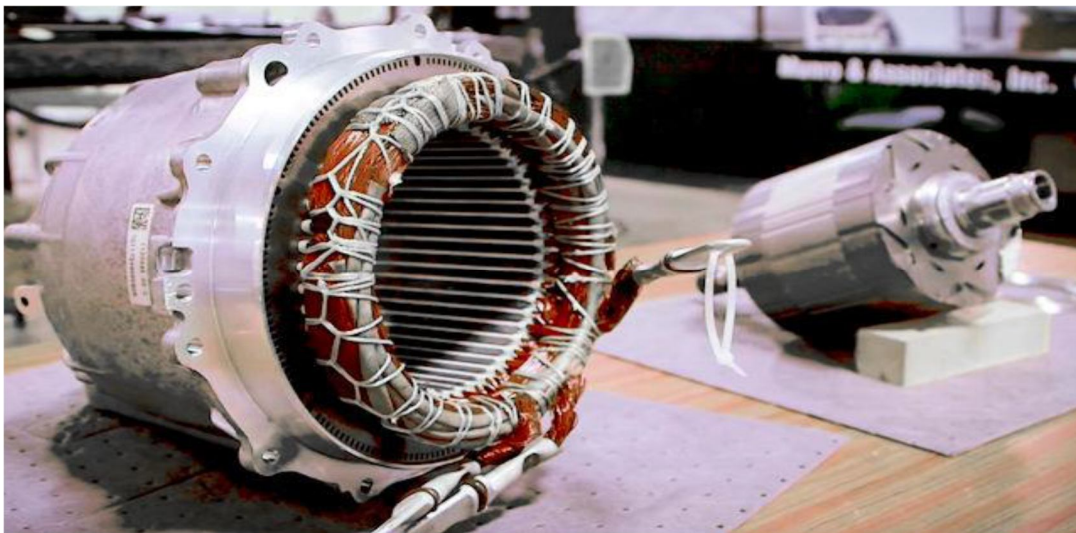


Fig IV.2 : Stator et rotor du MRV.

IV.4.Topologies des MRV tournantes :

Les MRV peuvent être à mouvement rotatif ou linéaire, mais dans notre cas nous allons nous intéresser aux machines tournantes. Il existe plusieurs configurations géométriques pour les MRV rotatifs, les plus usuelles sont celles qui considèrent le nombre de pôles statoriques plus élevé que le nombre de pôles rotorique (cela n'empêche pas que dans certains cas le rotor contient plus de dent que le stator).

Le choix du nombre des dents et des phases doit se faire par rapport à l'application envisagée et aux performances souhaitées. Les critères qui peuvent influencer le choix pour une topologie particulière incluent, entre autres.

La valeur du couple et sa forme lors du démarrage, du freinage et en régime permanent. - Le type d'alimentation (triphasé, monophasé, etc.) et le circuit de commande utilisé. - Les chemins de flux magnétique et les pertes fer produites.

IV.4.1. Les MRV pure :

Les MRV dits "purs" ont une structure saillante au rotor et au stator, avec un stator "actif" où sont situés les bobinages et un rotor "passif" (sans bobinage ni aimants). Alimentés avec une tension ou un courant de forme rectangulaire (alimentation en créneaux), ils induisent des couples à caractère pulsé considéré comme inconvenient. On peut citer divers types de structures de MRV pures.

-Structures à double denture à gosses dents à 2 dents par phase (figure ci-dessous).

Structures à double denture à gosses dents à plus de 2 dents par phase.

-Structures à pôles statoriques dentés (« petites dents ») où un bobinage excite plusieurs dents à la fois : on parle de « bobinage global ».

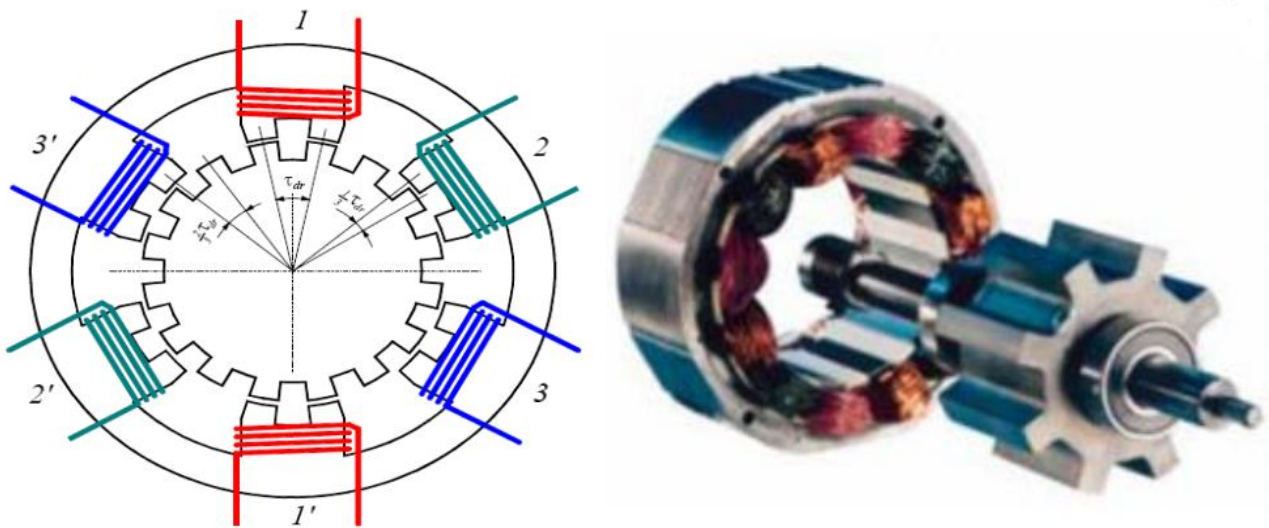


Fig IV.3 : MRV pur à grosses dents.

IV.4.2. Les MRV à effet vernier:

Les MRV à effet Vernier ont des structures identiques aux MRV pures sauf qu'ils possèdent des enroulements repartis et sont alimentées en courant alternatif sinusoïdal et non en créneaux. Il existe des machines dites «Vernier à grand nombre de dents », qui possèdent deux armatures saillantes (figure II.3); sur chaque armature, les dents sont identiques et équi-réparties mais les nombres de dents statoriques et rotorique sont légèrement différents (similaire à celui d'une machine synchrone à rotor lisse), ce qui permet d'obtenir une perméance sinusoïdale.

Il y a aussi les machines dites « Vernier à grosses dents » dans lesquelles chaque pôle statorique constitue lui-même la dent. Les nombres de pôles sont alors relativement faibles et les performances couple-vitesse sont comparables à celles des machines asynchrone et synchrone à aimants avec des fréquences d'alimentation voisines

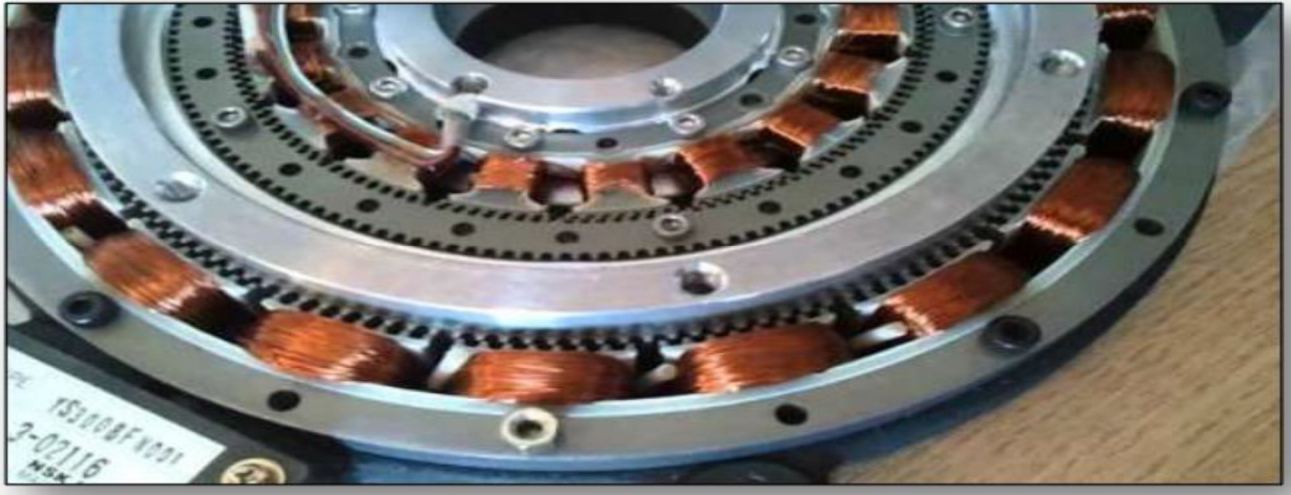
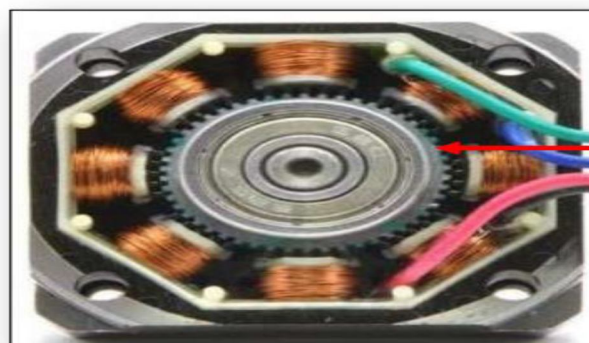


Fig IV.4: MRV à effet Vernier.

IV.4.3. Les MRV hybrides :

Les MRV hybrides ont parfois la même structure que les deux types précédents, mais en plus ils sont dotés d'aimants permanents afin d'améliorer leurs performances. L'adjonction d'aimants dans les structures à double saillance permet de compenser un entrefer trop élevé. Deux machines à aimants à double saillance dérivées des MRVDS: l'une met en œuvre des aimants placés au rotor (figure II.4). La machine se rapprochant des machines synchrones à aimants enterrés (Interior Permanent Magnet).

La seconde conserve le rotor passif de la MRV pure et utilise des aimants placés au stator: on obtient alors une machine à double saillance et aimants permanents statoriques (DSPMM) dite « MRV polarisée».



**Rotor
d'aimant
permanent**

Fig IV.5: MRV hybride.

IV.5. Paramètres caractéristiques du MRV:

Le MRV est caractérisé par plusieurs paramètres qui déterminent la durée de commutation et le sens de rotation.

IV.5.1. Le pas incrémentale :

Le pas incrémental du MRV est l'angle entre la position de conjonction et celle d'opposition C'est une grandeur très importante pour déterminer les durées d'alimentations des bobines et les périodes de commutation des composants du circuit d'alimentation.

On désigne le pas polaire statorique α_s tel que $\alpha_s = \frac{2\pi}{N_s}$ (IV.1)

Et le pas polaire rotorique α_r par $\alpha_r = \frac{2\pi}{N_r}$ (IV.2)

Pour une machine symétrique l'espacement des pôles statorique et rotorique est régulier. Entre deux commutations, le déplacement angulaire sera égal à la différence entre α_s et α_r . Le pas incrémental sera donc égal à : $\alpha_p = [\alpha_r - \alpha_s]$ (IV.3)

Dans le cas d'une MRV 6/4 nous aurons $\alpha_s=60^\circ, \alpha_r=90^\circ$ et le pas polaire $\alpha_p=30^\circ$. Chaque bobine sera donc excitée pendant une période de 30° .

IV.5.2. Le sens de rotation :

Le sens de rotation du rotor du MRV dépend lui aussi du nombre de pôles statorique

N_s et rotorique N_r Si $N_s < N_r$ ou $\alpha_s > \alpha_r$ alors $\alpha_p = \alpha_s - \alpha_r$ (IV.4)

Le sens de rotation du rotor est identique au sens de l'alimentation des bobines statorique.

Si au contraire $N_s > N_r$ ou $\alpha_s < \alpha_r$ alors : $\alpha_p = \alpha_r - \alpha_s$ (IV.5)

Le sens de rotation du rotor est alors opposé à celui de l'alimentation des bobines statorique avec

$$\alpha_r = q \cdot \alpha_p$$

Pour un MRV 16/12 le sens de rotation est donc contraire au sens d'alimentation des phases. Le nombre de pas par tour est donné par :

$$N_p = \frac{2\pi}{\alpha_p} \quad (IV.6)$$

Pour notre MRV nous obtiendrons $N_p = 24$ cela revient à dire que : pour que le rotor fasse un tour complet, il faut alimenter les 8 phases 24 fois c'est un MRV 16/12 à 8 phases et 24 pas.

IV.6. Principe de fonctionnement du MRV :

Le fonctionnement des MRV repose sur le principe très simple de l'attraction entre un électro-aimant et une structure ferromagnétique. L'électro-aimant est représenté par les pôles du stator et la structure en fer par les dents du rotor. Pratiquement cette attraction entraîne une variation de la réluctance du circuit magnétique de la machine.

Ce circuit magnétique est constitué des culasses et des dents statorique et rotorique ainsi que de l'entrefer. Le mouvement du rotor a pour effet la variation de la configuration de l'entrefer, et par conséquent sa perméance (d'où le nom moteur à reluctance variable).

Pour bien illustrer le fonctionnement du MRV, deux positions de référence sont déterminées pour chaque phase :

a) La position d'opposition qui est la position de désalignement de l'axe de la dent rotorique (la dent N°1 dans la (Fig II.6- (a)) par rapport à l'axe de la dent statorique active; c'est à partir de cette position que la phase est généralement excitée. C'est la position de référence 0° .

b) La position de conjonction qui est la position d'alignement de la dent rotorique N°1 (Fig IV.6) (b) avec la dent statorique active.

Et c'est à cette position qu'aura lieu l'extinction de la tension.

Ceci dit, ces angles de commutations peuvent être plus ou moins décalés selon l'application comme il sera détaillé plus tard

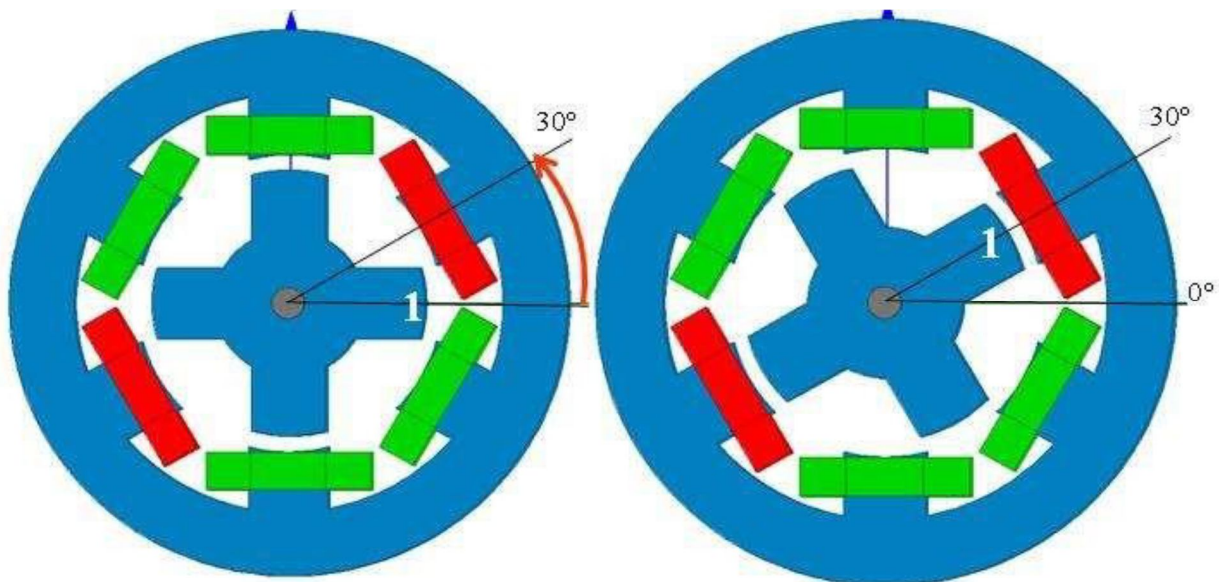


Fig IV.6: Positions de référence de la dent rotorique.

Position d'opposition (b) position de conjonction.

Lorsqu'une phase du stator est alimentée, un courant électrique circule dans le bobinage et crée un flux magnétique qui se repartit dans toutes les parties magnétiques du moteur. Les lignes de flux qui

traversent l'entrefer denté et qui sont de nature raidisse trouvent par endroits brisés ; c'est cette nature même qui génère un couple «réloquent » qui tente de redresser ces lignes de flux et minimiser le chemin qu'elles traversent (et par conséquence, la reluctance). La dent rotorique N°1 la plus proche (figure IV.6) se trouve alors attirée vers le pôle excité. C'est le principe du flux maximal. L'alimentation successive des phases statoriques entraîne un mouvement continu du rotor.

IV.7. Alimentation du MRV :

Le moteur fonctionne grâce à un convertisseur électronique qui va permettre d'alimenter les phases, de faire varier les instants de commutations et de changer le sens de rotation ainsi que la vitesse.

IV.7.1. Condition d'alimentation d'une bobine :

Pour un système réloquent, il est clair que plus la pièce mobile est éloignée plus la force d'attraction est importante, la force d'attraction étant proportionnelle à la distance.

Afin d'exploiter au mieux ce phénomène il serait judicieux d'alimenter les bobines statoriques au moment où la dent rotorique est la plus éloignée, ainsi la position d'opposition est la plus adaptée pour l'alimentation. Pour une commutation dite simple, les séquences d'alimentation sont montrées sur la (Fig (7)).

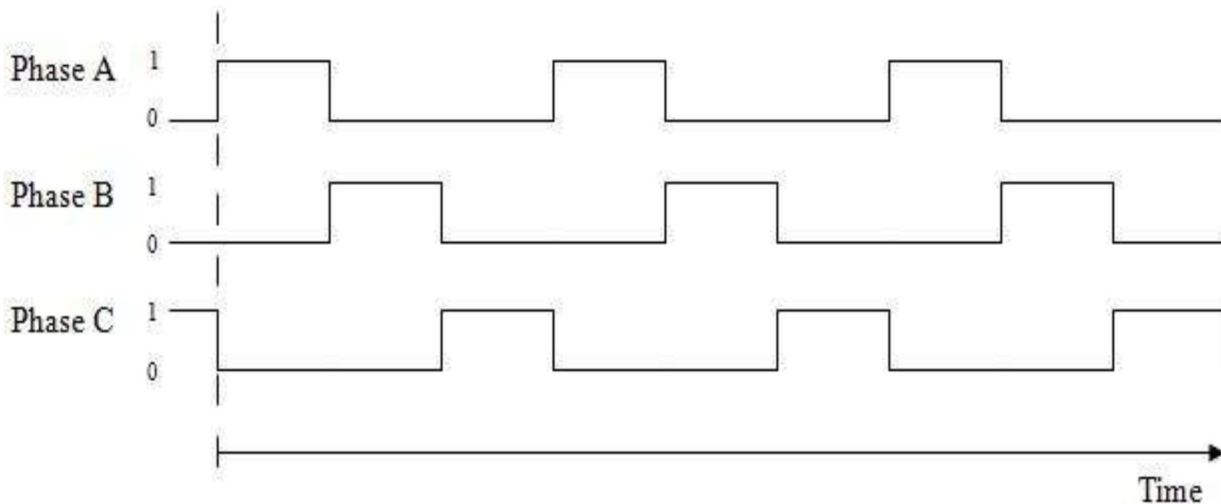


Fig IV.7: Commutation simple des phases.

Nous pouvons aller au-delà de cette position de quelques degrés, mais il faut faire attention à ne pas attirer le rotor dans le sens inverse. Pour éviter ce problème, nous adopterons la position d'opposition comme la position 0° .

De la même manière, pour une commutation améliorée, les séquences d'alimentation des phases sont représentées sur la (Fig (8)).

Pour ce cas l'effet de la mutuelle entre deux phases est présent. Le couple total délivré ne s'annule pas puisque chaque bobine est alimentée avant l'extinction de la bobine qui la précède (fig.8). Ceci réduit considérablement les inconvénients liés à l'ondulation du couple.

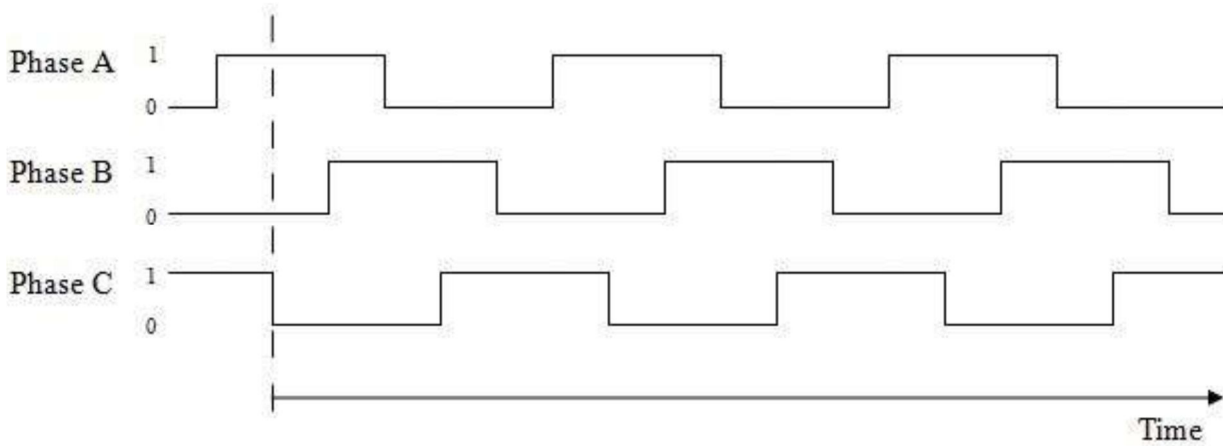


Fig IV.8 : Commutation améliorée des phases.

IV.8. Le convertisseur électronique :

Le choix du type de convertisseur dépend de la géométrie du moteur, du nombre de phases et des spécifications de l'application. Les MRV sont également dotés de capteurs de position permettant de détecter la position du rotor pour synchroniser les séquences d'alimentations des phases. Le signe du couple produit par un MRV étant indépendant de la polarité du courant dans les enroulements, des convertisseurs unipolaires peuvent être utilisés pour alimenter les phases. Ces convertisseurs comprennent en général moins d'interrupteurs que ceux utilisés pour alimenter les machines à courant alternatif classiques. De plus chaque phase peut être alimentée indépendamment, ce qui donne une fiabilité de fonctionnement plus élevée que dans les machines à commutation électronique traditionnelles.

La (Fig IV.9) montre la configuration du convertisseur que l'alimentation d'une seule phase.

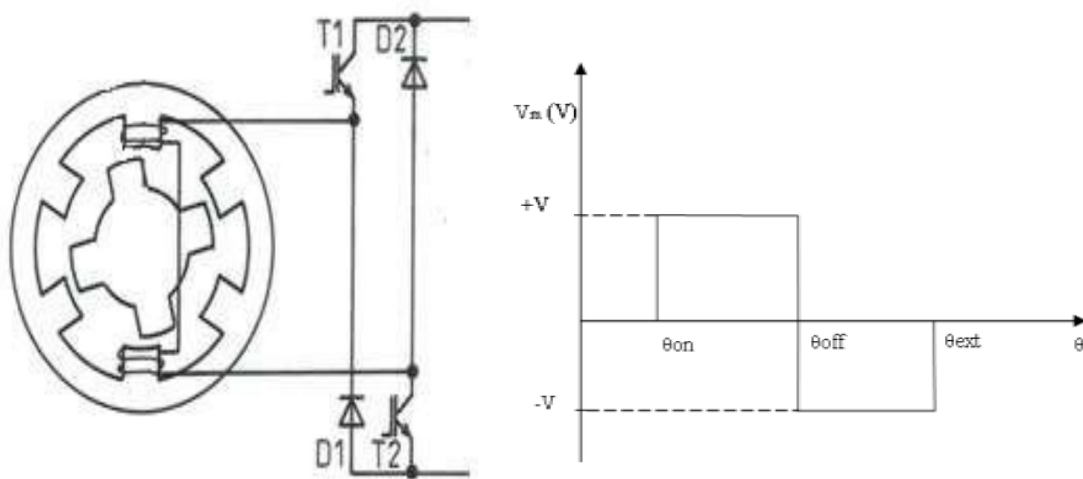


Fig IV.9: Convertisseur d'une phase(a) et fonction de la tension(b).

Les transistors sont amorcés par les signaux provenant des capteurs de position placée sur le stator pour détecter la position du rotor pour laquelle l'alimentation a lieu. Quand les transistors conduisent (figure.9 -a), le courant passe par T1 et T 2 et par l'enroulement de la phase excitée. Quand le courant atteint la limite supérieure, T1est bloqué, le courant des enroulements passe par T2 et D1, et la tension aux bornes des enroulements est proche de zéro. Au point de commutation, les deux transistors changent d'état, le courant est transféré aux diodes, et la polarité de la tension aux bornes des enroulements est inversée.

Le convertisseur délivre une tension aux bornes de chaque phase ayant la forme suivante en fonction de la position du rotor (équation (IV.7)).

$$v_m = \begin{cases} v + si\theta & \text{on} \leq \theta \leq \theta \text{ off} \\ v - si\theta & \text{of} \leq \theta \leq \theta \text{ exit} \end{cases} \quad (\text{IV.7})$$

L'inversion de la tension est nécessaire afin de réduire, voire annuler les couples de freinage lors de l'attraction du rotor par la bobine suivante (fig.9).

IV.9. Equations électromagnétique du MRV :

Le moteur comporte six bobines dont les noyaux sont les pôles statoriques.

Comme déjà cité plus haut, chaque paire de bobines diamétralement opposées et reliées en série, forme une phase; on aura donc trois phases pour notre moteur et son comportement électromagnétique sera régi par le système d'équations (IV.8) suivant :

$$\begin{cases} V_1(t) = r \times i_1(\theta) + \omega \times \frac{d \times f_1(i_1 \times \theta)}{d\theta} \\ V_2(t) = r \times i_2(\theta) + \omega \times \frac{d \times f_2(i_2 \times \theta)}{d\theta} \\ V_3(t) = r \times i_3(\theta) + \omega \times \frac{d \times f_3(i_3 \times \theta)}{d\theta} \end{cases} \quad (\text{IV.8})$$

Le système d'équations (IV.8) comporte des éléments fortement non

Linéaires et interdépendants. La résolution d'un tel système requiert une méthode élaborée qui permettra non seulement de déterminer le courant électrique, mais aussi le flux magnétique et la position.

IV.10. Equation mécanique du MRV :

Afin d'étudier le comportement dynamique du MRV, le système

D'équations (IV.8) sera couplé à l'équation mécanique (IV.9) suivante :

$$M \times \frac{d\omega}{dt} = T_e - T_r - f \times \omega \quad (\text{IV.9})$$

Te est le couple électromagnétique délivré par la machine, Tr les couple résistant, f le coefficient de frottements mécaniques, ω la vitesse angulaire et M le moment d'inertie de la masse du rotor.

La résolution de l'équation (IV.9) nécessite le calcul du couple électromagnétique Te.

Les deux méthodes généralement utilisées pour le calcul du couple électromagnétique sont la variation d'énergie et le Tenseur de Maxwell.

Dans le cas des Réseaux de réductances, la méthode de variation d'énergie es appliquée aux niveaux des perméance d'entrefer.

Le Tenseur de Maxwell présente une autre approche utilisée dans le calcul du couple dans les machines électriques. Cette méthode ne peut être appliquée dans le cas d'un réseau de perméance avec des réductances unidirectionnelles,

où on ne peut accéder qu'à une des composantes de l'induction.

Pour ce qui est de la première méthode, le calcul du couple pourra se faire en utilisant l'énergie ou la Co énergie. Etant donné que le courant est plus accessible que le flux, nous adopterons alors la Co énergie comme grandeur de calcul.

IV.11. Notion de co-énergie :

La co-énergie (figure.10) n'a pas de sens physique proprement dit, elle représente le complément géométrique de l'aire de l'énergie magnétique par rapport à la surface du rectangle représentant le produit $(Ni. \phi)$.

Prenons l'équation électrique d'une seule bobine du MRV :

$$V_1(t) = r \times i_1(t) + \omega \times \frac{d\phi_t}{d\theta} \tag{IV.10}$$

Notons ici que pour simplifier le problème, le flux de couplage dû aux courants des autres bobines est négligeable.

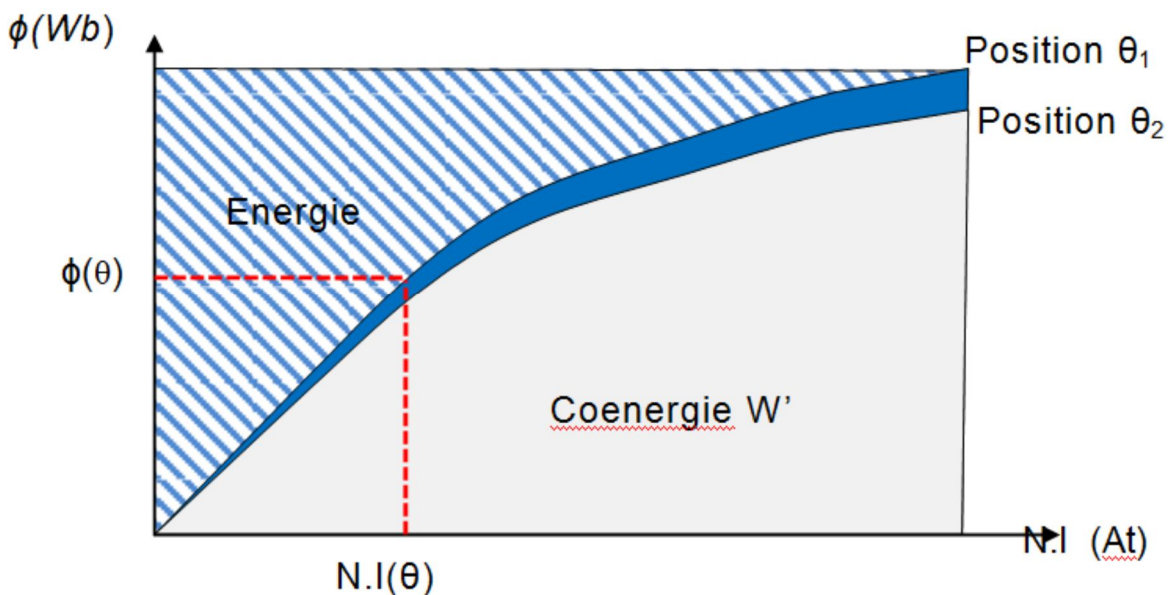


Fig IV.10 : Énergie et co-énergie magnétique.

En multipliant la tension de l'équation (IV.10) par le courant de bobine, nous obtiendrons la puissance instantanée fournie à la machine, donnée par :

$$p(t) = r \times i_1^2(t) + i(t) \times d \frac{d\phi_1(t)}{dt} \tag{IV.11}$$

La puissance de l'équation (IV.11) contient les pertes Joule et un deuxième membre incluant la puissance mécanique et la puissance magnétique emmagasinée (principe de conservation de l'énergie).

$$\mathbf{i}(t) \times \frac{d\mathbf{f}_1(t)}{dt} = \mathbf{T}_e \times \frac{d\theta}{dt} + \frac{dw_{\text{magn}}}{dt} \quad (\text{IV.12})$$

$$\mathbf{T}_e \times \frac{d\theta}{dt} = \mathbf{i}(t) \times \frac{d\mathbf{f}_1(t)}{dt} - \frac{dw_{\text{magn}}}{dt} \quad (\text{IV.13})$$

En simplifiant l'équation (IV.13):

$$\mathbf{T}_e d\theta = \mathbf{i}(t) \times d\mathbf{f}_1(t) - dw_{\text{magn}} \quad (\text{IV.14})$$

En écrivant l'équation (IV.14) sous sa forme variation elle, nous aurons:

$$\mathbf{T}_e \delta\theta = \mathbf{i}(t) \times d\mathbf{f}_1(t) - dw_{\text{magn}} \quad (\text{IV.15})$$

Le flux étant constant le terme $\mathbf{i}(t) \cdot \delta\mathbf{f}_1(t)$ de l'équation (IV.15) s'annule. En appliquant le théorème des travaux virtuels, nous déduisons l'expression du couple électromagnétique lors d'un déplacement infinitésimal ($\partial \cdot \theta$) et à flux constant.

$$\mathbf{T}_e = - \frac{\partial w_{\text{magn}}}{\partial \theta} \quad (\text{IV.16})$$

Dans le cas d'un déplacement à courant constant nous pouvons écrire :

$$\mathbf{i}(t) \times \partial\mathbf{f}_1(t) = \partial[\mathbf{i}(t) \times \mathbf{f}_1(t)] \quad (\text{IV.17})$$

Le couple électromagnétique s'écrira alors :

$$\mathbf{T}_e = \frac{\partial[\mathbf{i}(t) \times \mathbf{f}_1(t)] - dw_{\text{magn}}}{\partial \theta} = \frac{\partial w_{\text{magn}}}{\partial \theta} , \langle \mathbf{i} = \text{const} \rangle \quad (\text{IV.18})$$

Le terme W'_{magn} représente une grandeur appelée « la co-énergie magnétique ».

IV.12. Calcul du couple en utilisant la co-énergie :

D'après l'équation (IV.18), et pour un courant constant, l'accroissement de l'énergie est :

$$\mathbf{W}'_{\text{magn}} = \int \theta d\mathbf{N}_i \quad (\text{IV.19})$$

$$\mathbf{W}'_{\text{magn}} = \int \mathbf{N} \theta d\mathbf{i} \quad (\text{IV.20})$$

$$\mathbf{W}'_{\text{magn}} = \mathbf{L}(\theta, \mathbf{i}) \times \mathbf{i} \times d\mathbf{i} \quad (\text{IV.21})$$

En remplaçant l'équation (IV.21) dans (IV.18) et après développement nous obtenons l'équation du couple suivante :

$$\mathbf{T}_e = \frac{d\mathbf{L}(\theta, \mathbf{i})}{d\theta} \times \frac{\mathbf{i}^2}{2} \quad (\text{IV.22})$$

$$\text{Ou} \quad \frac{dI(\theta, i)}{d\theta} = \frac{I(\theta_2, i) - I(\theta_1, i)}{\theta_2 - \theta_1} \langle i = \text{const} \rangle \quad (\text{IV.23})$$

L'équation (IV.22) montre que le couple est proportionnel au carré du courant ce qui veut dire qu'il est indépendant de la polarité du courant. Notons que cela facilitera le choix des composants du convertisseur.

IV.13. Avantages et inconvénients du moteur à reluctance variable :

1/ Ce moteur est plein d'avantages, notamment économique : pas cher à produire il est aussi compacte et léger (parfait pour l'intégration et l'économie d'énergie grâce à la réduction de la masse). Son rendement est désormais très bon grâce à l'emploi de matériaux optimaux pour le rotor mais aussi par l'emploi d'une électronique de puissance programmée aux petits oignons qui permet d'améliorer l'efficacité de ce moteur. on parle aujourd'hui d'un rendement jusqu'à 95%, ce qui est pour le coup le meilleur moteur électrique qui soit. Cela est en grande partie dû au fait que ce moteur ne chauffe pas beaucoup, et donc on a moins de perte thermique (un moteur thermique perd la majorité de son énergie en chaleur ...).

2/ On en arrive donc aux inconvénients, ce moteur est particulièrement difficile à exploiter et les marques qui se lancent dans l'aventure ont intérêt d'avoir des ingénieurs de qualité pour arriver à leur fin. La fabrication est aussi assez compliquée puisque ce moteur nécessite un assemblage de grande précision. Les entrefers doivent en effet être les plus réduits possibles afin d'obtenir un rendement satisfaisant.

IV.14. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les notions indispensables à la compréhension du fonctionnement du MRV ainsi que sa classification parmi les moteurs conventionnels et les différentes topologies qui existent.

Nous avons aussi spécifié la géométrie du MRV, son principe de fonctionnement et le convertisseur qui va commander l'alimentation des phases. Le développement des équations électromagnétiques et mécaniques le régissant nous a permis de déduire certains de ces avantages comme la robustesse, la simplicité et la possibilité de son fonctionnement sur des plages étendues de vitesses et de couples.

Au vu et au vu de ces nombreux avantages notamment son fonctionnement en n conditions extrêmes et son coût bon marché et sa facilité d'entretien et de réparation, nous pouvons conclure que ce moteur est le plus adapté pour les conditions extrêmes des mines et des carrières.

CHAPITRE V:
COMPARAISON TECHNO-ÉCONOMIQUE
ENTRE LA MAS EXISTANTE ET MRV

V.1. Introduction :

Le moteur à réluctance variable constitue un type particulier de machine électromagnétique comparé aux machines à induction. La dénomination de machine à réluctance variable (MRV) englobe les machines de structures différentes dont la propriété commune Il ne possède ni balais, ni aimant permanent et ni enroulement rotorique ce qui a suscité l'intérêt actuel des constructeurs.

Cela rend impérativement la structure du rotor est simple, robuste, sans en cambrement, d'excellentes performances dans des environnements difficiles, une capacité de surcharge élevée, faibles coûts de fabrication et un intervalle de puissance.

Pour pouvoir l'utiliser confortablement (sans ondulations du couple qui génèrent forcément des bruits et vibrations) lors de fonctionnement et dans des conditions difficiles telles que les mines et pour assurer une durée de vie plus longue, ce travail présente la comparaison entre l'utilisation des moteurs asynchrone a rotor bobiné et moteurs synchrone a rotor bobine (cas du manutention dans la mine de Boukhadra) et un moteur a réluctance variable avec les mêmes caractéristiques du couple . Le moteur à réluctance variable a déjà été présent dans de nombreuses publications scientifiques dans la littérature.

Cependant, la plupart des publications ne traitent qu'une partie des problèmes. Moins d'attention a été prêtée aux examens et optimisations du système global composé de moteur, convertisseur et commande.

Le seul inconvénient qui accompagne l'utilisation des MRV est uniquement l'ondulation de couple qui génère de bruit et la vibration dues essentiellement à la forme saillante du rotor, notamment les rotors a grosses dents.

V.2. Critères des comparaisons des différentes structures.

Pour comparer le plus objectivement possible les différentes structures considérées ci-dessus, nous Définissons d'abord des critères représentant le mieux l'aptitude d'une machine

- Définition de critères de comparaison.
- Les performances des systèmes.
- L'aptitude du système à être intégré dans un système.
- La sécurité et la fiabilité du système.
- Le coût du système.

V.3.Plaques signalétiques:

La plaque signalétique principale du moteur indique les valeurs de performance du moteur à la vitesse nominale.

La plaque de lubrification spécifie la quantité de graisse, l'intervalle de lubrification en heures (selon la position de montage et la température ambiante) et les types de lubrifiant recommandés.

CE						
3 ~ SYNCHRONOUS RELUCTANCE MOTOR						
M3BL 280SMC 4 IMB3/IM1001						
765780-6			2014		No. 3GF13153877	
			Ins.cl. F		IP 55	
V	Hz	kW	r/min	A	Eff.	Duty
370 D	50	110	1500	245	96.3%	S9
Prod. code 3GBL282233-ADC107445						
NETWORK VOLTAGE 400 V						
			Nmax 1500 r/min			
6316/C3			6316/C3VL0241		697 kg	
ABB IEC 60034-1						

Plaque signalétique principale

FigV.1: Plaques signalétiques principale

ABB						
Regreasing intervals in duty hours						
Bearings 6316/C3 6316/C3VL0241						
Amount of grease 40 g 40 g						
Mounting	Ambient temp.	1800 r/min	1500 r/min	1000 r/min	0-900 r/min	
Hor	25	8000	10500	14000	17000	
Hor	40	4000	5250	7000	8500	
Vert	25	4000	5250	7000	8500	
Vert	40	2000	2630	3500	4250	
Do not exceed the motor max. speed						
The following or similar high performance grease can be used:						
Esso	Unirex N2 or N3		Shell	Albida EMS2		
Total	Multis Complex S2 A		Mobil	Mobilith SCH100		
Kluber	Kluberplex BEM41-132		FAG	Arcanol TEMP110		
765780-6						
See respective "Motor Manual"						

Plaque de lubrification

FigV.2: Plaques signalétiques lubrification

Tab 6. Description des différents types de moteurs électriques installés sur manutention de la mine de Boukhadra

		moteur						
Emplacement de montage du moteur	concasseur	TAPIS T0	TAPIS T1	TAPIS T1 BIS	TAPIS T2	TAPIS T2 BIS	T3 (navette)	silos
type moteur	DSOR 355 S8 079	ENEL	ENEL	ENEL	DSOR 315 MY4-035	DSOR 315 MY4-035	ENEL	Moteur vibrant
Nom du fabricant	HELMKE	890-100-1864-0041	890-100-1864-0041	890-100-1864-0041	HELMKE	HELMKE	890-100-1864-0041	VIB TEC
Numéro de série	460710040 0116	86-269-03/006	86-270-01/015	86-269-03/006	144089/0 001H	144087/0 001H	86-269-03/006	0503445 64 0503445 62 0503445 76 0503445 28
Mot triphasé (3~) ou monophasé (1~)	triphasé (3~)	triphasé (3~)	triphasé (3~)	triphasé (3~)	triphasé (3~)	triphasé (3~)	triphasé (3~)	triphasé (3~)
Tension 'alimentation	▲ 500 v	400/690 ▲/Y	380 ▲	400/690 ▲/Y	400/690 ▲/Y	220/380 ▲	220/380 ▲	220/240 380/415
Vitesse nominale	345	1480/2200	1460	1480/2200	1480	1470 T/M	905T/M	1500T/M
Puissance	125 kw	22 kw	22 kw	22 kw	160kw	75 kw	3 kw	3.6 kw
Fréquence du réseau	50HZ	50HZ	50HZ	50HZ	50HZ	50HZ	50HZ	50HZ
Intensité (Ampérage)	215 A	270/157	45A	270/157	270/157	270/157	12.4 A/7.15 A	
déphasage angulaire φ	0.82	0.90	0.83	0.90	0.90	0.87	0.83	0.90
L'indice de protection : IP	55	55	45	55	55	55	45	66/7
poids	1405 kg	1350kg	.1900	1350kg	1350 kg	1350 kg	160 kg	160 Kg

V.4. Plaque signalétique des moteurs existant

Emplacement du moteur	plaque signalétique	
concasseur		
T0 / T1 / T1 BIS		
Silo 8 MOTEUR		
T2 /T2 BIS		
T3navette		

FigV .3 : Plaques signalétiques lubrification.

V.5. Calcul économique

❖ **Calcul de consommation prix de revient des moteurs installés :**

❖ **Consommation par jour :**

$$C_j = \text{puissance} \times N \text{ de moteur} \times N \text{ de poste} \times \text{prix (1KW)}$$

❖ **125*1*16*4.5=9000.00 DA**

❖ **Consommation par mois :**

$$C_m = C_j \cdot N_m ; (\text{DA})$$

$$= 9000.00 \cdot 22 = 189.000.00 \text{ DA}$$

N_m est le nombre de journée ouvrable par mois.

$$N_m = 22 \text{ jour}$$

❖ **Consommation annuelle :**

$$C_{an} = C_m \cdot 12$$

$$= 189.000.00 \cdot 12 = 2.376.000.00 \text{ DA}$$

Tab 7. Calcul de consommation des moteurs installés

moteur	puissance	N^{EM}	prix (1KW)	Consommation par jour	consommation par mois	consommation par Anne
concasseur	125 kw	1	4.5 DA	9.000.00 DA	189.000.00 DA	2.268.000.00DA
T0	22 kw	1	4.5 DA	1.584.00 DA	43.848.00 DA	526.176.00DA
T1	22 kw	1	4.5 DA	1.584.00 DA	43.848.00 DA	526.176.00DA
T1 bis	22 kw	1	4.5 DA	1.584.00 DA	43.848.00 DA	526.176.00DA
T2	160 kw	1	4.5 DA	11.520.00 DA	253.440.00 DA	3.041.280.00 DA
T2 bis	75 kw	1	4.5 DA	5.400.00 DA	118.800.00 DA	1.425.600.00 DA
T3	3 kw	1	4.5 DA	216.00 DA	4.752.00DA	57.024.00DA
Vebsilo	3.6 kw	8	4.5 DA	1.728.00 DA	38.016.00 DA	456.092.00DA
Consommation annuelle						8.826.524.00DA

moteur	Puissance de sortie nominale kW	Couple nominal Nm	Vitesse nominale tr/mn	Tensions d'alimentation	Nombre de pôles	Fréquence	Courant absorbé	Rendement	Facteur de puissance	Courant au démarrage / Courant nominal	Moment d'inertie J	Poids net
concasse	125 kw	708	1500	400	4	50Hz	287	87.7	0.83	11.4	1.5 Kg .m2	1405kg
T0	22 kw	144	1500	400	4	50Hz	43,5	91,6 %	0,82	6,4	0,13 Kg .m2	1350kg
T1	22 kw	144	1500	400	4	50Hz	43,5	91,6 %	0,82	6,4	0,13 Kg .m2	1900 g
T1 bis	22 kw	144	1500	400	4	50Hz	43,5	91,6 %	0,82	6,4	0,13 Kg .m2	1900 g
T2	160 kw	1050	1500	400	4	50Hz	287	90.6 %	0.85	22.1	1.941 Kg .m2	1350kg
T2 bis	75 kw	484	1500	400	4	50Hz		87.7 %	0.85	15.3	0.945 Kg .m2	428 kg
T3	3 kw	20	1500	380	4	50Hz	7,0 A	79%	0,83	6,0	0,0058 Kg.m2	160 Kg
Vebo silo	3.6 kw	20	1500	380	4	50Hz	7,0 A	87.7 %	0.85	6,0	0,0058 Kg.m2	160 Kg

Tab 8. Caractéristique des moteurs existants

Tab 9. Comparaison entre les moteurs existant et les moteurs choisis

Moteur existants	Rendement	Puissance de sortie nominale kW	Puissance de sortie kW	Moteur choisir	Rendement	Puissance de sortie nominale kW
125 kw	87.7%	$125 \times 87.7 / 100 = 109.625$	110 kw	114 kw	96.4%	$110 \times 100 / 96.4 = 114.10 \text{kw} \approx 114 \text{kw}$
22 kw	91,6%	$22 \times 91.6 / 100 = 20.152$	20kw	21kw	94.5%	$20 \times 100 / 94.5 = 21.16 \text{kw} \approx 21 \text{kw}$
22 kw	91,6%	$22 \times 91.6 / 100 = 20.152$	20kw	21kw	94.5%	$20 \times 100 / 94.5 = 21.16 \text{kw} \approx 21 \text{kw}$
22 kw	91,6%	$22 \times 91.6 / 100 = 20.152$	20kw	21kw	94.5%	$20 \times 100 / 94.5 = 21.16 \text{kw} \approx 21 \text{kw}$
160 kw	90.6%	$160 \times 90.6 / 100 = 144,96$	145kw	145kw	96.6%	$145 \times 100 / 94.5 = 150.10 \text{kw} \approx 150 \text{kw}$
75 kw	87.7%	$75 \times 87.7 / 100 = 65,775$	66kw	66kw	96%	$66 \times 100 / 94.5 = 68.84 \approx 70 \text{kw}$
3 kw	79%	$3 \times 79 / 100 = 2.37$	3kw	3kw	96%	$3 \times 100 / 94.5 = 3 \text{kw}$
3.6 kw	87.7%	$3 \times 87.7 / 100 = 2.63$	3kw	3kw	96%	$3 \times 100 / 94.5 = 3 \text{kw}$

Tab 10. Caractéristique des moteurs choisis

moteur	Puissance de sortie nominale kW	Couple nominal Nm	Vitesse nominale tr/mn	Nombre de pôles	Fréquence	Courant absorbé	Rendement	Facteur de puissance	Courant au démarrage/ Courant nominal	Moment d'inertie J	Poids net
concasse	114 kw	711	1800	//	50Hz	290	96.4%	0.83	11.4	1,21364 kgm2	1120kg
T0	21kw	133	1800	//	50Hz	49.1	94.5%	0,82	6,4	0,07022 kgm2	174 kg
T1	21kw	133	1800	//	50Hz	49.1	94.5%	0,82	6,4	0,07022 kgm2	174 kg
T1 bis	21kw	133	1800	//	50Hz	49.1	94.5%	0.85	6,4	0,07022 kgm2	174 kg
T2	145kw	822	1800	//	50Hz	343	96.6%	0.85	22.1	1,64183 kgm2	1250kg
T2 bis	66kw	377	1800	//	50Hz	173	96%	0,82	15.3	0,49911 kgm2	160 kg
T3	3kw	130	1800	//	50Hz	24.9	96%	0,82	6,0	0,05789kg m2	130 Kg
Veb silo	3kw	90	1800	//	50Hz	24.9	96%	0.83	6,0	0,0058 Kg.m2	130 Kg

Tab 11. Calcul de consommation des moteurs choisis

Moteur	puissance	N^{EM}	prix (1KW)	Consommation par jour	consommation par mois	consommation par Anne
concasseur	114 kw	1	4.5 DA	8.208.00DA	180.576.00DA	2.166.912.00DA
T0	21kw	1	4.5 DA	1.512.00 DA	33264.00 DA	399.168 .00DA
T1	21kw	1	4.5 DA	1.512.00 DA	33.264.00 DA	399.168 .00DA
T1 bis	21kw	1	4.5 DA	1.512.00 DA	33.264.00 DA	399.168 .00DA
T2	145kw	1	4.5 DA	10.440.00 DA	229.680.00 DA	2.756.160.00 DA
T2 bis	66kw	1	4.5 DA	4.752.00 DA	104.544.00 DA	1.254.528.00 DA
T3	3kw	1	4.5 DA	216.00 DA	4.752.00DA	57.024.00DA
Veb silo	3kw	8	4.5 DA	1.728.00 DA	38.016.00 DA	456.192.00DA
Consommation annuelle						7.888.320.00 DA

Gain économique annuel en énergie:

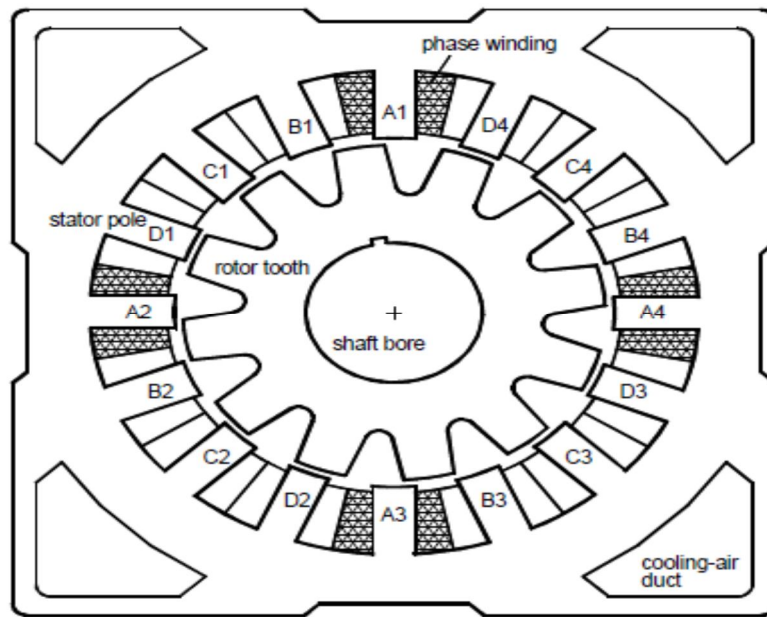
Consommation annuel de moteurs existants - Consommation annuel de moteurs proposes
 $8.826.524.00DA - 7.888.320.00DA = 938.204.00 DA$

L'étude économique présente un grand gain sur les économies de dépenses en plus de la qualité et un bon rendement, sans oublier le cout d'entretien très bas vu la simplicité de construction et de

maintenance. Le MRV consomme peu d'énergie par rapport au moteur son induction installé sur le site pour entrainer les convoyeur sa bande de la mine de fer de Boukhadra.

Les résultats économiques sont très positifs et bénéfique pour l'institution. Le prix de son achat est amorti rapidement, et les dépenses d'investissement sont récupérables.

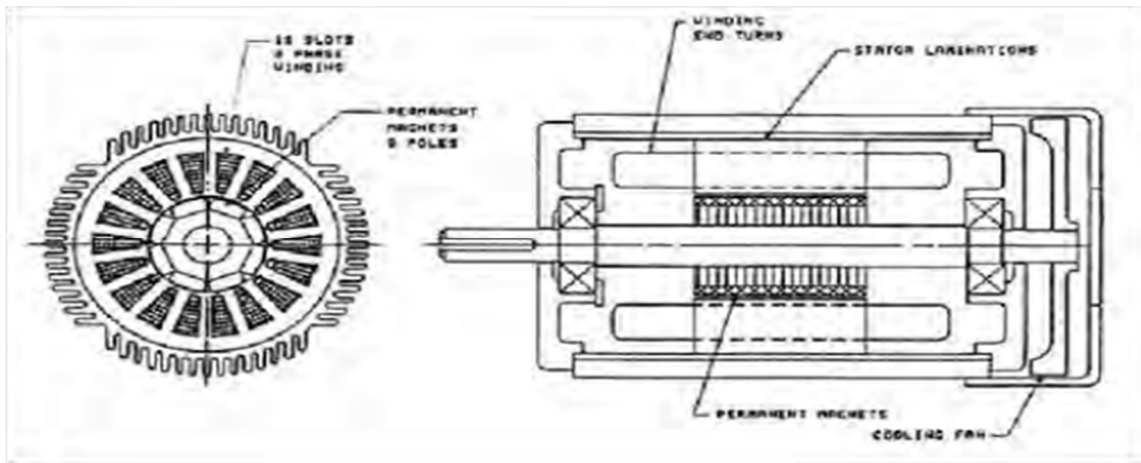
L'institut d'électrotechnicien a sélectionné le nouveau MRV avec 16 pôles au stator et 12 dents au rotor. C'est une machine à 4 pas d'enroulement, les 4 pôles du stator sont décalés de 90° les uns par rapport aux autres forment un enroulement de phase. (Fig V.2).



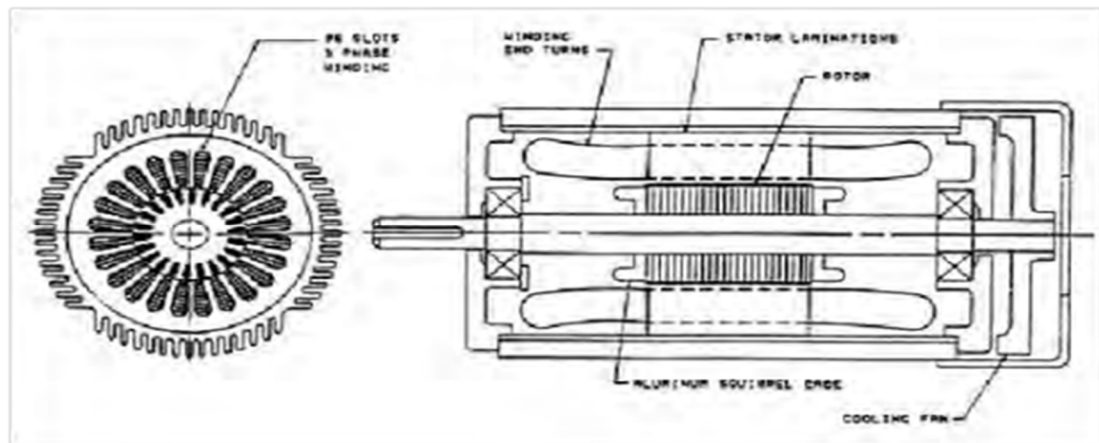
FigV.4: Coupe schématique transversale du Moteur à réluctance variable choisi

Cette conception a été proposée par l'auteur dans Comparé au moteur à réluctance triphasé ; la machine à 4 phases nécessite le même nombre de puissance ou même moins. Les quatre pôles de phase divisent davantage les forces uniformément autour du périmètre du moteur, ce qui réduit le bruit. Si seulement deux pôles opposés appartiennent à un enroulement de phase comme par exemple dans l'enroulement 4phases MRV8/6, les forces s'appliquent sur deux positions seulement. Le MRV16/12 à 4 phases divisent les forces jusqu'à quatre pôles. Par conséquent, ce sont environ deux fois moins que les forces du MRV8/6. De plus, le MRV16/12 génère moins de bruit que leMRV8/6. Ces résultats sont prouvés par mesures comparatives réalisées avec un MRV8/6 pôle au niveau de la société Ou l ton.

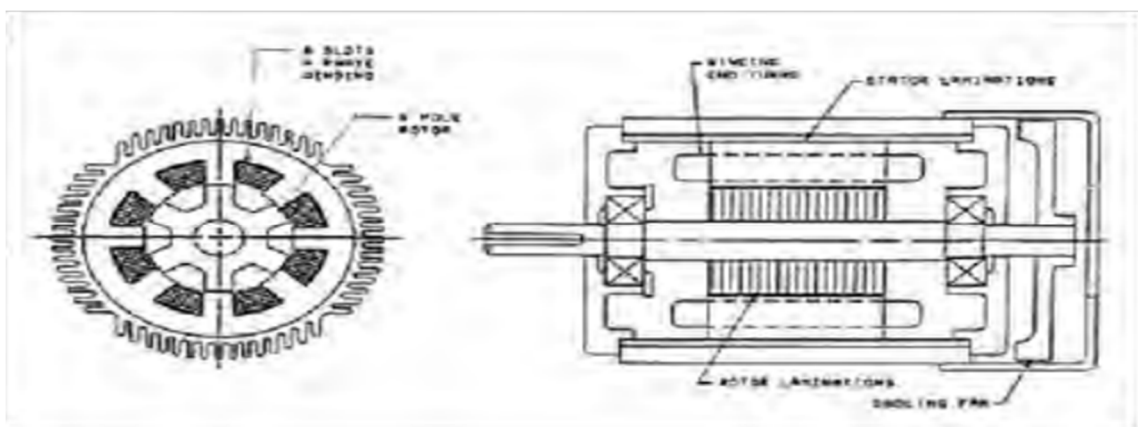
Les auteurs de l'article ont comparé un MRV6/4 avec un MRV12/8 et ont montré que l'utilisation de la machine avec plus de pôles est meilleure pour des couples plus élevés qui est dû à la liaison de flux et à l'étroitesse bobines d'enroulements. Le premier provoque un couple plus élevé, le dernier une résistance thermique inférieur dû contact enroulement-matériaux ferromagnétiques.



FigV.5 : Coupe Machine à induction (NEMA 184 T)



FigV.6 : Coupe Machine synchrone (NEMA 184 T)



FigV.7: Coupe Machine a réluctance variable (NEMA 184 T)

Les coupes du côté droit qui longe la longueur de l'axe (Fig.I.14-I.16) indiquent clairement les différences entre les MRV et les moteurs conventionnels. L'enroulement statorique occupe un grand espace qui tend à accroître les démentions des moteurs synchrone et asynchrone. Les deux paramètres

qui ont été maintenus identiques dans chacun des trois cas étaient les dimensions actives des parties magnétiques.

V.6. Avantages de la restitution du moteur existant par le MRV proposé

En comparant les données répertoriées dans le tableau V.2, les avantages et aussi les inconvénients deviennent évidents. Les avantages de la machine à induction triphasée sont le faible niveau sonore et une technique largement répandue et une grande disponibilité ainsi qu'une meilleure accélération. Le moteur à réluctance variable est caractérisé par une haute sécurité de fonctionnement après la défaillance d'un ou plusieurs phases motrices. Lorsqu'une telle panne se produit, le moteur continue de fonctionner sous charge, et il peut être accéléré ou freiné. Cependant, Malgré l'inconvénient des ondulations du couple ; pour juger du rapport puissance par volume et respectivement puissance par masse, les éléments suivants peuvent être évalués pour 1500 tr/min : La partie active du MRV est, par rapport au moteur à induction triphasé avec la même puissance nominale, est d'environ 10% plus petit et 10% moins lourd. Si la tôle d'acier magnétique mince est utilisée pour le MRV, les coûts de production augmentent, la partie active de la MRV devient 30% plus petit et 10% plus léger. (Pour cela la tôle d'acier magnétique et les enroulements ont été considérés comme partie active.) Pour une plage de vitesse d'environ 1500 tr/min le MRV peut offrir des avantages pour certaines applications. L'échauffement du rotor est très faible, l'échauffement de la MRV est très favorisée comparé à la machine à induction qui présente énormément de pertes joules dues aux enroulements rotorique qui sont inexistant dans le MRV.

Le MRV présente l'avantage d'une construction très simple, d'une grande fiabilité, d'un prix de construction réduit (52% par rapport au prix du moteur asynchrone et seulement 30% par rapport au moteur synchrone à aimants permanents et réduit le poids (85% du poids du moteur à aimant permanent et 73% du poids du moteur asynchrone). L'emplacement des enroulements au stator favorise la dissipation thermique et élimine le besoin de systèmes de refroidissement supplémentaires. Le coût de la partie alimentation est relativement élevé par rapport aux autres solutions. Et les inconvénients des quatre moteurs de traction électrique sont résumés dans le **tableau V.3**

Chaque moteur est noté sur une échelle de 0 à 5. 5 étant la meilleure réponse au critère. Comme on peut le voir, le SRM est une solution compétitive pour la traction électrique, avec un faible poids, un très haut rendement et un faible coût de fabrication.

V.7. Conclusion

L'étude économique présente un grand gain sur les économies de dépenses en plus de la qualité et un bon rendement, sans oublier le cout d'entretien très bas vu la simplicité de construction et de maintenance. Le MRV consomme peu d'énergie par rapport au moteur à induction installé sur le site pour entrainer le convoyeur à bande de la mine de fer de Boukhadra. Les résultats économiques de 475.200,00 Da/an est très positif et bénéfique pour l'institution. Le prix de son achat est amorti rapidement, et les dépenses d'investissement sont récupérables.

En comparant les données répertoriées dans le tableau V.2, les avantages que présente le MRV choisi comparé au moteur à induction installé, deviennent évidents.

Les avantages de la machine à induction triphasée sont le faible bruit et une technique largement répandu et une grande disponibilité ainsi qu'une meilleure accélération. Le moteur à réluctance variable est caractérisé par une haute sécurité de fonctionnement après la défaillance d'un ou plusieurs phases motrices. Cependant, Malgré l'inconvénient de l'ondulation du couple, la partie active du MRV est, par rapport au moteur à induction triphasé avec la même puissance nominale, est d'environ 10% plus petit et 10% moins lourd. Si la tôle d'acier magnétique mince est utilisée pour le MRV, les coûts de production augmentent, la partie active de la MRV devient 30% plus petit et 10% plus léger. (Pour cela la tôle d'acier magnétique et les enroulements ont été considérés comme partie active). A une plage de vitesse d'environ 1500 tr/min le MRV peut offrir des avantages pour certaines applications. L'échauffement du rotor de l'MRV est très faible, Il est très favorisée comparé à la machine a induction qui présente énormément de pertes joules dues aux enroulements rotoriques et qui sont inexistant dans le MRV.

Le MRV présente l'avantage d'une construction très simple, d'une grande fiabilité, d'un prix de construction réduit (52% par rapport au prix du moteur asynchrone et seulement 30% par rapport au moteur synchrone à aimants permanents et réduit le poids (85% du poids du moteur a aimant permanent et 73% du poids du moteur asynchrone). L'emplacement des enroulements au stator favorise la dissipation thermique et élimine le besoin de systèmes de refroidissement supplémentaires. Le coût de la partie alimentation est relativement élevé par rapport aux autres solutions. Le MRV est une solution compétitive pour la traction électrique, avec un faible poids, un très haut rendement et un faible coût de fabrication.

Conclusion générale

Le choix des appareils de manutention du transport du minerai en vrac, permet de transporter des produits sur des grandes distances avec un débit constant et continue tout en ayant un rendement acceptable.

Parmi les différents appareils de manutention cités, la vis d'Archimède n'est pas pratique pour les grandes distances, de plus leur rendement est faible. Le transport pneumatique n'est pas adéquat pour le cas de la mine de fer de Boukhadra, car l'aspiration d'une matière lourde n'est pas une chose aisée. L'élévateur à godets ou convoyeur à palette n'assure pas une continuité de débit.

Par contre le convoyeur à bandes se trouve être la solution la plus adéquate, car il répond efficacement aux critères de choix, d'autant plus que ce type de transport est déjà largement utilisé dans différentes entreprises minières.

Dans le troisième chapitre et après vérification et étude du convoyeur, les résultats obtenus lors du calcul attestent bien que le choix du convoyeur à bande pour le tronçon et la charge pour lesquels il a été destiné est rationnel et il est approprié pour assurer le transport de toute la productivité postière en fer.

Dans le quatrième chapitre nous avons présenté les notions indispensables à la compréhension du fonctionnement du MRV ainsi que sa classification parmi les moteurs conventionnels et les différentes topologies qui existent. Nous avons aussi spécifié la géométrie du MRV, son principe de fonctionnement et le convertisseur qui le commande et l'alimentation des phases.

Le développement des équations électromagnétiques et mécaniques le régissant nous a permis de déduire certains de ces avantages comme la robustesse, la simplicité et la possibilité de son fonctionnement sur des plages étendues de vitesses et de couples.

Au vu et au vu de ces nombreux avantages notamment son fonctionnement en conditions extrêmes et son coût bon marché et sa facilité d'entretien et de réparation, nous pouvons conclure que ce moteur est le plus adapté pour les conditions extrêmes des mines et des carrières.

L'étude économique présente un grand gain sur les économies des dépenses en plus de la qualité et un bon rendement, sans oublier le coût d'entretien très bas vu la simplicité de construction et de maintenance. Le MRV consomme peu d'énergie par rapport au moteur à induction installé sur le site pour entraîner le convoyeur à bande de la mine de fer de Boukhadra. Les résultats économiques de 475.200,00 Da/an est très positif et bénéfique pour l'institution. Le prix de son achat est amorti rapidement, et les dépenses d'investissement sont récupérables.

En comparant les données répertoriées dans le tableau V.2, les avantages que présente le MRV choisi comparé au moteur à induction installé, deviennent évidents.

Les avantages de la machine à induction triphasée sont le faible bruit et une technique largement répandue et une grande disponibilité ainsi qu'une meilleure accélération. Le moteur à réluctance variable est caractérisé par une haute sécurité de fonctionnement après la défaillance d'un ou plusieurs phases motrices. Cependant, Malgré l'inconvénient de l'ondulation du couple, la partie active du MRV est, par rapport au moteur à induction triphasé avec la même puissance nominale, est d'environ 10% plus petit et 10% moins lourd. Si la tôle d'acier magnétique mince est utilisée pour le MRV, les coûts de production augmentent, la partie active de la MRV devient 30% plus petit et 10% plus léger. L'échauffement du rotor de le MRV est très faible, Il est très favorisé comparé à la machine a induction qui présente énormément de pertes joules dues aux enroulements rotoriques et qui sont inexistant dans le MRV. L'emplacement des enroulements au stator favorise la dissipation thermique et élimine le besoin de systèmes de refroidissement supplémentaires

Le MRV présente l'avantage d'une construction très simple, d'une grande fiabilité, d'un prix de construction réduit (52% par rapport au prix du moteur asynchrone et seulement 30% par rapport au moteur synchrone à aimants permanents et réduit le poids

(85% du poids du moteur a aimant permanent et 73% du poids du moteur asynchrone).

Le coût de la partie alimentation est relativement élevé par rapport aux autres solutions mais peut être largement comblé par le gain qu'on a obtenu par notre étude technico économique.

Le MRV est une solution compétitive pour la traction électrique, avec un faible poids, un très haut rendement et un faible coût de fabrication.

RÉFÉRENCES




BIBLIOGRAPHIQUES

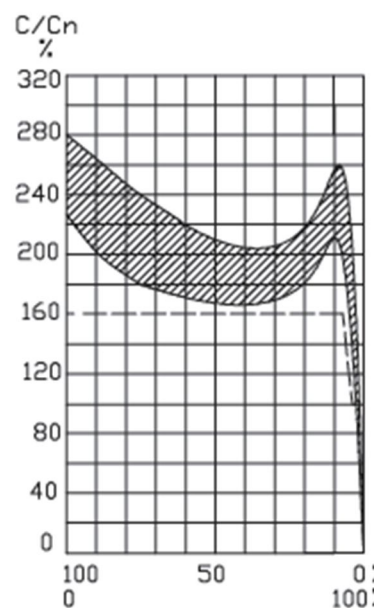
Références et bibliographie

- [1] Documents Historique de la mine de Boukhadra (réalisés par la DED) (géologues, topographes, techniciens, etc).
- [2] Dubourdiou 1956, 1959;David1956;Madre1969;Fleury1969;Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vila etAl, 2000 in Sami,L,et Kolli,O.,2011).
- arcelormétal D.E.D BK ; rapport géologique de la mine de BOUKHADRA, division d'étude et développement année 2014,pp.07.
- [3].....
- [4] Historique de l'utilisation des convoyeurs à bande dans les travaux miniers [article] B. V. FADDEEV. Revue d'histoire des sciences Année 1971 Volume 24 Numéro 1 pp. 61 66
- [5] http://www.tecnitude.com/dn_historique-convoyeur-bande-transporteuse/
- [6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Bande_transporteuse
- [7] ETUDE INFORMATISEE D'UN CONVOYEUR A BANDE (1994). Présenté par : MR. AMARA ZENATI MR. S .R.TALEB
- [8] <http://www.manutan.fr/fr/maf/transporteur-motorise-a-bande>
- [9] <http://www.usinenouvelle.com/expo/transporteur-a-rouleaux-motorises-parp18891895>.
- [10] <http://www.hellopro.fr/convoyeurs-transporteurs-a-galets-2002983-fr-1- feuille>
- [11] <http://www.fiktech.de/pages/005-produits-venturis-transport-pneumatique-fr.php>
- [12] <http://www.al-industrie.fr/vis-d-archimede-gal-seg8-prod68.html>
- [13] <http://www.remontees-mecaniques.net/bdd/liste-6-77-pohlig.html>
- [14] Catalogue : Rouleaux et composants pour la manutention des produits en vrac.
RULMECA: COMPANY WITH QUALITY SYSTEM CERTIED BY DNV ISO 9001. COPYRIGHT
JUN 2002.
- [15] ETUDE D'UN CONVOYEUR A BANDE (1997). Présenté par : Mr. EL HADJ MIMOUN MORAD Mr. GHOMRI MOHAMED
- [16] Catalogue de bande transporteuse TRELLEX à carcasse textile.
- [17]<http://www.directindustry.fr/prod/sempertrans/product-61752-477357.html>
- [18] <https://images.app.goo.gl/eRMx6vbi2ZHVBNDP9>
- [19] <https://images.app.goo.gl/FA4hMYvXmmhjwkrVA>
- [20] <https://images.app.goo.gl/6x288Hmw3uKekZJT8>

ANNEXES

Puissance			Performances à la vitesse nominale							Type de convertisseur de fréquence ACS880 suggéré pour une utilisation sans surcharge*	Rendement de la solution IE4, SynRM & ACS880 $C_u=100\%$, $\eta_c=100\%$	Rendement de la solution IE2, IM & ACS880 $C_u=100\%$, $\eta_c=100\%$	
			Vitesse n_n	Rendement moteur avec VSD	Courant I_n	Couple C_n	Couple C_{α}/C_n	Vitesse maxi. n_{max}	Inertie J				Poids m
KW	Type de moteur	Code produit	tr/min	%	A	Nm	Nm	tr/min	kgm ²	kg		%	%
11	M3BL 160 MLA 4	3GBL 162 104-SC	1500	93,3%	24,9	70	1,5	2100	0,0702	160	ACS880-01-025A-3	90,9%	87,1%
15	M3BL 160 MLB 4	3GBL 162 105-SC	1500	93,9%	33,7	95	1,5	2100	0,0864	177	ACS880-01-038A-3	91,6%	87,9%
18,5	M3BL 180 MLA 4	3GBL 182 102-SC	1500	94,2%	42,0	118	1,5	2100	0,0864	177	ACS880-01-045A-3	92,2%	88,4%
22	M3BL 200 MLF 4	3GBL 202 106-SC	1500	94,5%	49,1	140	1,5	2100	0,287	304	ACS880-01-061A-3	92,4%	88,8%
30	M3BL 200 MLA 4	3GBL 202 103-SC	1500	94,9%	66,7	191	1,5	2100	0,287	304	ACS880-01-072A-3	92,8%	89,4%
37	M3BL 250 SMF 4	3GBL 252 104-SC	1500	95,2%	82,0	236	1,5	2100	0,575	428	ACS880-01-087A-3	93,1%	89,8%
45	M3BL 250 SMG 4	3GBL 252 105-SC	1500	95,4%	99,5	286	1,5	2100	0,575	428	ACS880-01-105A-3	93,2%	90,2%
55	M3BL 250 SMA 4	3GBL 252 102-SC	1500	95,7%	121	350	1,5	2100	0,633	454	ACS880-01-145A-3	93,4%	90,1%
75	M3BL 280 SMA 4	3GBL 282 213-DC	1500	96,0%	173	478	2,0	2100	1,00	639	ACS880-01-206A-3	93,7%	90,6%
90	M3BL 280 SMB 4	3GBL 282 223-DC	1500	96,1%	202	573	2,1	2100	1,00	639	ACS880-01-206A-3	93,9%	90,8%
110	M3BL 280 SMC 4	3GBL 282 233-DC	1500	96,3%	245	699	2,1	2100	1,21	697	ACS880-01-246A-3	94,2%	91,1%
110	M3BL 315 SMA 4	3GBL 312 213-DC	1500	96,3%	244	702	2,0	1800	1,64	873	ACS880-01-246A-3	94,2%	91,1%
132	M3BL 315 SMB 4	3GBL 312 223-DC	1500	96,4%	290	842	2,0	1800	1,87	925	ACS880-01-293A-3	94,2%	91,3%
160	M3BL 315 SMC 4	3GBL 312 233-DC	1500	96,6%	343	1018	1,9	1800	2,04	965	ACS880-01-363A-3	94,5%	91,5%
200	M3BL 315 MLA 4	3GBL 312 413-DC	1500	96,7%	427	1272	1,9	1800	2,45	1116	ACS880-01-430A-3	94,4%	91,7%
250	M3BL 315 LKA 4	3GBL 312 813-DC	1500	96,7%	542	1591	2,0	1800	3,04	1357	ACS880-04-565A-3**	94,4%	91,8%
315	M3BL 315 LKC 4	3GBL 312 833-DC	1500	96,7%	650	2006	1,8	1800	3,77	1533	ACS880-04-650A-3**	94,3%	92,0%





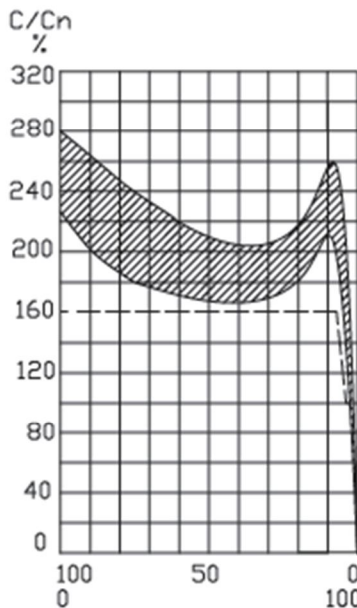
 ELECTRO-INDUSTRIES UNITE MOTEURS ELECTRIQUES BP 17 AZAZGA TIZI-OUZOU ALGERIE	DOCUMENT SYSTEME QUALITE		Édition Mars 2016
	FICHE TECHNIQUE PRODUIT		Référence : FIP 046
	<i>Moteur asynchrone triphasé</i> 22 KW – 1500 Tr/min		TEL/FAX +213(0)26 34 51 29
N° d'identification 890-100-1864-0081 B3 890-100-1864-1081 B5		Page	1/2
 Moteur asynchrone triphasé fermé, conforme aux normes CEI 60034, CEI 60038 et CEI 60072. A carcasse ventilée en fonte et à rotor en court-circuit à cage d'écuréuil.	IE1		
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT		CARACTERISTIQUES DE COUPLE	
Type	-	186-4	-
Puissance nominale	P_N	22 (30)	KW CV
Vitesse de rotation	N_N	1465	Tr/min
Nombre de pôles	2 p	4	-
Tensions d'alimentation	U_N	400	V
Couplages électriques	-	Δ	-
Mode de couplage	Direct ou Y/Δ (690/400V)		
Fréquence	f	50	Hz
Courant absorbé	I_N	43,5	A
Rendement	η	91,6	%
Facteur de puissance	Cos φ	0,82	-
Couple nominal	C_N	144	Nm
Courant au démarrage/ Courant nominal	Id/I_n	6,4	-
Couple au démarrage/ Couple nominal	Cd/C_n	2,6	-
Couple maximal / Couple nominal	C_{max}/C_n	2,5	-
Classe de couple	Cl	16	-
Température ambiante	T_{amb.}	40	°C
Altitude	-	1000	M
Classe d'isolation	F (155°C)		H (180°C) sur commande
Services	S1 (continu)		S2 et S3 sur commande



Classe 16



Personnalis

 ELECTRO-INDUSTRIES UNITE MOTEURS ELECTRIQUES BP 17 AZAZGA TIZI-OUZOU ALGERIE	DOCUMENT SYSTEME QUALITE		Edition Mars 2016
	FICHE TECHNIQUE PRODUIT		Référence : FTP 0037
	<i>Moteur asynchrone triphasé</i> 3 KW – 1500 Tr/min		TEL/FAX +213(0)26 34 51 29
N° d'identification 890-120-1074-0071 B3 890-110-1074-1071 B5		Page	1/2
	Moteur asynchrone triphasé fermé, conforme aux normes CEI 60034, CEI 60038 et CEI 60072. A carcasse ventilée en alliage d'aluminium et à rotor en court-circuit à cage d'écureuil.		 
CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT		CARACTERISTIQUES DE COUPLE	
Type	-	107-4	-
Puissance nominale	P_N	3 (4)	KW CV
Vitesse de rotation	N_N	1410	Tr/min
Nombre de pôles	2 p	4	-
Tensions d'alimentation	U_N	380	V
Couplages électriques	-	Δ	-
Mode de démarrage	Direct ou Y/Δ (660 / 380 V)		
Fréquence	f	50	Hz
Courant absorbé	I_N	7,0	A
Rendement	η	79	%
Facteur de puissance	$\cos \varphi$	0,83	-
Couple nominal	C_N	20	Nm
Courant au démarrage/ Courant nominal	I_d/I_n	6,0	-
Couple au démarrage/ Couple nominal	C_d/C_n	2,6	-
Couple maximal / Couple nominal	C_{max}/C_n	2,7	-
Classe de couple	CI	16	-
Température ambiante	$T_{amb.}$	40	°C
Altitude	-	1000	M
Classe d'isolation	H (180°C)		
Services	S1 (continu)		
		 <p>The graph shows the torque characteristics of the motor. The vertical axis represents torque as a percentage of nominal torque (C/Cn %), ranging from 0 to 320. The horizontal axis represents slip percentage (Glissement %), ranging from 100% at 0 rpm to 0% at 1410 rpm. The curve shows a starting torque of approximately 260% at 100% slip, a minimum torque of about 170% at 50% slip, and a maximum torque of about 270% at 0% slip. A shaded area under the curve indicates the operating range.</p>	

Type	Hau- teur d'axe	Données nominales pour fonctionnement sur réseau										En cas de démarrage direct		
		Puis- sance nomi- nale P _N [kW]	Vitesse nomi- nale n _N [min ⁻¹]	Couple nominal C _N [Nm]	Classe de rende- ment selon EN 60034-30	Rendement EN60034-2-1 : 2007			Facteur de puis- sance cos φ	Courant nomi- nal à I _N [A]		Courant de démarr- age I _D /I _N	Couple de démarr- age C _D /C _N	Couple maximal C _{max} /C _N
						η [%]				400V	380... 420V			

500 min-1 (4- pôles)

DOR63M1-04-1A	63	0,12	1330	0,86		57,0	56,8	53,0	0,64	0,47	0,49	4,0	2,2	2,4
DOR63M2-04-1A	63	0,18	1330	1,29		59,0	58,8	55,1	0,65	0,67	0,71	6,0	2,2	2,4
DOR71M1-04-1A	71	0,25	1330	1,79		60,0	59,8	56,1	0,72	0,83	0,87	6,0	2,2	2,4
DOR71M2-04-1A	71	0,37	1330	2,65		65,0	64,8	61,2	0,74	1,11	1,16	6,0	2,2	2,4
DOR80M1-04-1A	80	0,55	1370	3,83		67,0	66,8	63,3	0,75	1,57	1,65	6,0	2,2	2,4
DOR80M2-04-2A	80	0,75	1400	5,1	IE2	79,6	79,4	76,9	0,75	1,81	1,9	5,3	2,8	3,0
DOR90S-04-2A	90	1,1	1440	7,2	IE2	81,4	81,2	78,8	0,77	2,53	2,65	6,7	3,8	2,6
DOR90L-04-2A	90	1,5	1440	9,9	IE2	82,8	82,7	80,4	0,77	3,39	3,56	7,2	4,0	2,7
DOR100L1-04-2A	100	2,2	1440	14,5	IE2	84,3	84,2	82,0	0,81	4,6	4,8	7,4	3,6	3,6
DOR100L2-04-2A	100	3	1440	19,8	IE2	85,5	85,4	83,4	0,82	6,1	6,4	7,8	3,8	3,5
DOR112M-04-2A	112	4	1445	26,4	IE2	86,6	86,5	84,6	0,82	8,1	8,5	7,1	3,1	2,9
DOR132S-04-2A	132	5,5	1455	36	IE2	87,7	87,6	85,9	0,83	10,9	11,4	7,4	2,6	2,7
DOR132M-04-2A	132	7,5	1455	49,2	IE2	88,7	88,6	87,0	0,84	14,5	15,2	7,7	2,8	2,7
DOR160M-04-2A	160	11	1460	71,9	IE2	89,8	89,7	88,2	0,84	21,0	22,1	7,7	2,7	3,1
DOR160L-04-2A	160	15	1460	98,1	IE2	90,6	90,5	89,1	0,85	28,1	29,5	7,3	2,4	2,6