

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Draïa Adrar



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des sciences technologique

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Commandes électriques

Thème :

**Identification des paramètres d'une machine asynchrone
en vue de leur commande**

Préparé par :

Mlle. DRISSI Khadidja.
Mme. BAYOUCHEF Fatiha.

Membres de jury d'évaluation :

Mr. HAMOUDA Messaoud	Examineur	Pr.	Univ. Adrar
Mr. OULEDALI Omar	Encadreur	MCB	Univ. Adrar
Mme. MENASRIA Amel	Examineur	MAA	Univ. Adrar

Année Universitaire : 2021/2022



شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): أولاد علي عمر
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ: Identification des paramètres d'une machine asynchrone en vue de leur commande

من إنجاز الطالب(ة): بايوسف فتيحة

و الطالب(ة): دريسي خديجة

كلية: علوم وتكنولوجيا

القسم: الالكتروني

التخصص: تحكم كهربائي

تاريخ تقييم / مناقشة: 09/06/2022

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.
ويامكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والايكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

ادرار في: 03 جوان 2022

مساعد رئيس القسم:

محمود رضوان

مساعد رئيس قسم علوم التكنولوجيا
والتكنولوجيا
جامعة أحمد دراية - أدرار

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH, le tout puissant, de nous a donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

Mes remerciements aussi aux parents, le fondement de notre existence dans la vie et aussi le secret du succès et de l'excellence et ci n'était pas pour nos vies serait incomplète.

Nous tenons à remercier notre encadreur l'enseignant Dr. OULED ALI Omar D'avoir posé un sujet très intéressant et pour leur conseils, leur disponibilité et pour nous avoir fait profiter de leur connaissances et de leur qualité professionnelle.

Nous remercions également les membres du jury, Mme MENASIRIA Amel et le professeur HAMOUDA Massoud, pour l'intérêt qu'ils ont porté à nos recherches en acceptant d'examiner nos travaux et de les enrichir de leurs suggestions. Nous remercions également le directeur des laboratoires de recherche scientifique, Pr. HAMOUDA Massoud, qui nous a permis de mener des expériences en laboratoire LDDI.

Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements à « BOUSAID IBRAHIME» pour leurs conseils, leur générosité, et leur ai.

Un grand remerciement à tous les enseignants de l'Université d'Ahmed Daria Adrar spécialement du département de sciences technologies.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci a tout.....

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- A ma chère mère et mon cher père,*
- A mes chers frères et sœurs,*
- A toute ma famille Drissi,*
- A tous mes amis ZHRA, SAIDA....,*
- A tous mes collègues de la promotion 2021/2022.*

Je ne peux pas clore mes dédicaces, sans rendre un grand hommage au « Dr. OULEDALI Omar » Pour m'avoir tout simplement donné une grande partie de l'énergie nécessaire pour conclure ce travail.

A ma collègue Fatîha et toute sa famille.

DRISSI KHADIDJA

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire de master à : A mon marié
MOHAMMED .Et mes enfants AHMED Et ANES.

Aucun hommage ne pourrait être à hauteur de l'amour dont
ils ne cessent de me combler; que dieu leur procure bonne
santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long
de ce projet : A mes parents AICHA Et MOHAMMED.

Et bien sur ma sœur: Fatima, et mes frères: Brahim,
Oussama, Sid Ahmed.

Sans oublier mon amie Drissi Khadidja

Je ne peux pas clore mes dédicaces, sans rendre un grand
hommage au « Dr. Ouled Ali Omar » Pour m'avoir tout
simplement donné une grande partie de l'énergie nécessaire
pour conclure ce travail.

Et à chaque famille «Bayoucef, Omari, Madiani ».

Bayoucef Fatih

LISTES DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

LISTES DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

Notations	Signification
ω_s	Pulsation statorique, liée à la fréquence du stator
P	Nombre de pair de pôle de la force magnétomotrice résultant
G	Glissement de la vitesse de rotation par apport à celle du champ tournant statorique
v_{sa}, v_{sb}, v_{sc}	Tensions appliquées aux trois phases statoriques.
i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}	Courants qui traversent les trois phases statoriques
$\varphi_{sa}, \varphi_{sb}, \varphi_{sc}$	Flux totaux à travers ces enroulements
v_{ra}, v_{rb}, v_{rc}	Tension rotoriques
i_{ra}, i_{rb}, i_{rc}	Courant rotoriques
$\varphi_{ra}, \varphi_{rb}, \varphi_{rc}$	Flux rotoriques.
R_s	Résistance d'une phase statorique
R_r	Résistance d'une phase rotorique
$[L_s]$	Matrice des inductances statorique
$[L_r]$	Matrice des inductances rotorique
L_s	Inductance propre d'une phase statorique.
L_r	Inductance propre d'une phase rotorique.
M_s	Inductance mutuelle entre phases statoriques.
M_r	Inductance mutuelle entre phases rotoriques.
θ	Angle électrique définit la position relative instantanée entre les axes statoriques et les axes rotoriques qui sont choisis comme axes des références.
M	Maximum de l'inductance mutuelle entre phase du stator et la phase correspondante du rotor
J	Moment d'inertie des masses tournantes.
c_r	Couple résistant imposé à l'arbre de la machine.
Ω_r	Vitesse rotorique.
c_e	Couple électromagnétique.
F	Coefficient de frottement visqueux
$[P(\theta_{obs})]$	La matrice de Park dans le cas d'un passage inverse
d,q	Axe correspondants au référentiel lié au champ tournant

MAS	Machine Asynchrone
PSO	Particle Swarm Optimization.
AG	Genetic algorithms.
AOC	Ant colony algorithms.

Liste des figures

Figure	Titer	Page
Figure II.1	Principe de fonctionnement de la machine asynchrone	04
Figure I.2	Coupe de la machine asynchrone.	05
Figure I.3	Rotor bobiné.	06
Figure I.4	Rotor à cage d'écureuil.	06
Figure I.5	Représentation schématique d'une machine asynchrone triphasée	08
Figure 1.6	Transformation des axes réels aux axes (d-q).	13
Figure I.7	Schéma bloc e la machine asynchrone alimentée en tension.	15
Figure II.1	Mesure de la résistance apparente par la méthode des deux wattmètres.	22
Figure II.2	Schéma équivalent de la MAS en fonctionnement à vide.	23
Figure II.3	Schéma de montage pour l'essai à vide.	24
Figure II.4	Courbe de séparation des pertes.	25
Figure II.5	Schéma équivalent de la MAS en fonctionnement à rotor bloqué.	27
Figure II.6	Schéma équivalent simplifié de la machine asynchrone à rotor bloqué.	27
Figure II.7	Courbes expérimentales du ralentissement.	32
Figure II.8	Courant statorique i_a .	33
Figure II.9	Couple électromagnétique T_{em} .	33
Figure II.10	Vitesse rotorique N.	33
Figure II.11	Flux rotorique.	34
Figure II.12	Source triphasé.	34

Introduction général

Figure III.1	Structure schématique d'une particule dans l'algorithme PSO.	37
Figure III.2	Groupe de : (a) oiseux, (b) poissons, (c) fourmis, (d) abeilles	38
Figure III.3	Déplacement de la particule	39
Figure III.4	Modification d'un point de recherche par PSO	41
Figure III.5	Organigramme de l'algorithme de PSO	42
Figure III.6	Exemple de voisinage géographique	45
Figure III.7	Deux exemples de voisinage social	45
Figure III.8	Représentation tridimensionnelle de la fonction d'Ackley	46
Figure III.9	Résultat de l'optimisation de la fonction tridimensionnelle avec contraintes	47
Figure III.10	Structure de l'algorithme de PSO d'identification des paramètres du MAS	49
Figure II.11	Schéma bloc d'identification de des paramètres de la machine asynchrone par PSO	50
Figure III.12	Courant i_a	51
Figure III.13	Couple électromagnétique C_e	52
Figure III.14	Vitesse N	52

Liste des Tableaux

Tableaux	Titer	Page
Tableau II.1	Résultats de la méthode de la plaque signalétique.	21
Tableau II.2	Résultats obtenus avec la méthode volt-ampérométrique.	23
Tableau II.3	Résultats obtenus avec la méthode volt-ampérométrique.	24
Tableau II.4	Mesures de l'essai à rotor bloqué.	28
Tableau II.5	Les paramètres électriques.	29
Tableau II.6	Les paramètres mécaniques.	32
Tableau III.1	Résultats de l'estimation des paramètres du MAS	51

Table des matières

Table des matières

REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
RESUME	
LISTES DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
TABLE DES MATIERES	
Introduction générale	01
Chapitre I: Modélisation de la machine asynchrone	
I.1 Introduction	03
I.2 Définition de la machine asynchrone	03
I.3 Principe de fonctionnement de la machine asynchrone.	04
I.4 Description de la machine asynchrone triphasée.	04
I.4.1 Le Stator	05
I.4.2 Le Rotor	05
I.5 Modélisation la machine asynchrone	07
I.5.1 Hypotheses simplificatrices	07
I.5.2 Modélisation de la MAS dans le plan triphasé abc	07
I.5.3 Équations générales de la machine asynchrone triphasée	08
I.6 Transformation de Park	12
I.6.1 Modélisation de la MAS dans le plan biphasé dq	12
I.7 la machine asynchrone alimentée en tension	14

Introduction général

I.8 Représentation d'état du modèle de la MAS	15
I.9 Avantage de la machine asynchrone	17
I.10 Problématique du moteur asynchrone	17
I.11 Conclusion	17
Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques.	
II.1 Introduction	18
II.2 Généralités sur les Techniques d'identification	18
II.3 Matériels utilisés	19
II.4 Techniques d'identification du moteur asynchrone	19
II.5- Identification par la méthode de la plaque signalétique	19
II.6 Identification par la Méthode des essais classiques	21
II.6.1 Détermination des paramètres électriques	22
II.6.1.1 Mesure des résistances statoriques	22
II.6.1.2 Essai à vide	23
II.6.1.3 Essai en court-circuit à rotor bloqué	26
II.6.2-Identification des paramètres mécaniques	29
II.6.2.1 Essai du ralentissement	29
II.7 Validation le résultat	32
II.8 Résultat de simulation	33
II.9 Conclusion	35
Chapitre II: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle.	
III.1 Introduction	36
III.2 L'intelligence collective	36

Introduction général

III.3 Optimisation par Essaim de Particules (Particle Swarm Optimization)	36
III.3.1 Définition	36
III.3.2 Origine de la technique PSO	37
III.3.3 Principe de l'optimisation par essaim de particules	37
III.3.4 Principe de base d'un pso	39
III.3.5 Formulation	40
III.3.6 Conception et déroulement de l'algorithme PSO	42
III.3.7 Configuration des paramètres	43
III.3.8 Amélioration des algorithmes PSO	43
III.3.8.1 Coefficient de construction	43
III.3.8.2 Coefficient d'inertie	44
III.3.9 Notion de voisinage	44
III.3.9.1 Les voisinages géographiques	44
III.3.9.2 Les voisinages sociaux	45
III.3.10 Avantages et inconvénient de la technique PSO	47
III.3.10.1 Les Avantages	47
III.3.10.2 Les inconvénients	47
III.4 Application de l'algorithme PSO à l'identification et l'optimisation des paramètres d'un moteur asynchrone	48
III.4.1 Implantation de la technique d'identification	49
III.5 Validation de l'identification	51
III.6 Conclusion	53
Conclusion générale	54
Bibliographique	56

Introduction général

Annexes	59
---------	----

Introduction

Générale

Introduction générale

La machine asynchrone est considérée comme un système de conversion électromécanique le plus utilisé dans le milieu industriel, particulièrement pour des entraînements à vitesse variable. Cependant, elle est soumise des déférents contraintes (climatique, mécaniques, variations, vieillissement,) qui vont détériorer ses performances au cours du temps. Par conséquent, si la commande du moteur est conçue avec des valeurs de paramètre erronées, le comportement du système ne répondra plus au cahier des charges initial et ne fonctionnera pas efficacement, et aussi le système de control à haute performance dépendant plus ou moins, des paramètres de la machine asynchrone. Toute déviation entre les valeurs réelles et celles cédés au système provoque sur la robustesse de la commande. C'est pourquoi, la phase d'identification des paramètres des machines asynchrones indispensable avant la conception d'une commande [1,2].

Dans la littérature, plusieurs techniques sont proposées pour l'identification des paramètres de la machine asynchrone. Dans ce mémoire, nous allons déterminer les paramètres électriques, électromagnétiques et mécaniques d'une machine asynchrone triphasé, à l'aide de déférentes méthodes d'identification et de plusieurs essais expérimentaux. Deux méthodes d'identification seront analysées à partir des modèles statique et dynamique de la machine asynchrone. La première technique repose sur une méthode classique d'identification de la machine basée sur les essais à vide et en court-circuit à rotor bloqué. La deuxième méthode tire son principe d'une approche méta-heuristique basée sur l'optimisation par essaims de particules{en anglais –Particle Swarm Optimisation (PSO)}.

Pour atteindre l'objectif de ce mémoire, ce travail est organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre étudiera la présentation de la machine asynchrone triphasée et ses modèle mathématiques, en régime permanent, puis dans les référentiels biphasés fixe (α,β) et tournant de dq,
- Le second chapitre traitera l'identification des paramètres du moteur asynchrone par l'utilisation de la méthode des essais classiques. les paramètres du modèle identifié sont considérés des paramètres nominaux, et puis les testent sur la base des simulations du fonctionnement à vide et en charge de la machine en mode moteur.

Introduction général

- Le troisième chapitre analysera l'identification des paramètres électriques du moteur asynchrone par l'implémentation de la technique intelligente basée sur l'optimisation par essaims de particules (PSO).

Nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I:

Modélisation de la Machine Asynchrone

I.1 Introduction

Dans les pays industrialisés, plus de 60 % de la consommation d'énergie électrique est convertie en énergie mécanique grâce à des moteurs électriques. Les modèles mathématiques des moteurs à induction (MAS) facilitent leurs études et permettent leur contrôle dans divers systèmes d'exploitation temporaires ou permanents [3]. Nous allons d'abord introduire la définition et le principe d'une machine asynchrone, puis introduire le modèle mathématique (équations électriques et mécaniques) d'une machine asynchrone dans son référentiel triphasé. Ensuite, nous utiliserons la transformée dite PARK pour réduire l'ordre du système. Cette transformation constitue le modèle MAS [4] dans un nouveau référentiel, cette fois en deux étapes. Enfin, nous effectuerons des simulations numériques pour différents nombres de MAS.

Dans ce chapitre nous nous intéresserons à la modélisation de la machine asynchrone par:

- La mise en équation de la machine asynchrone à partir des hypothèses simplificatrices.
- La simplification de ces équations par l'introduction de la transformation de Park.
- La mise le modèle de MAS sous forme d'équation d'état.

I.2 Définition de la machine asynchrone

On appelle machine asynchrone toute machine, qui, ayant de p pôles et étant reliée à un réseau de fréquence f_s , ne tourne pas exactement à la vitesse synchronisme ($60f_s/p$). On parle généralement de moteurs asynchrones car ces machines sont destinées à fournir de la puissance mécanique à partir du réseau électrique. Parmi les machines asynchrones, on peut distinguer deux types [5]:

- Les machines d'induction.
- Les machines à collecteur.

Le moteur d'induction est tellement plus utilisé que les autres que lorsqu'on parle de moteur asynchrone on sous-entend d'induction. La machine d'induction est caractérisée par une armature non alimentée (rotor), parcourue par des courants induits par l'autre armature qui est alimentée à partir d'un réseau de fréquence (stator) f_s [6].

I.3 Principe de fonctionnement de la machine asynchrone

Le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone repose [7] :

- D'une part sur la création d'un courant électrique induit dans un conducteur placé dans un champ magnétique tournant. Le conducteur en question est un des barreaux de la cage d'écureuil constituant le rotor du moteur figure(I.1). L'induction du courant ne peut se faire que si le conducteur est en court-circuit (c'est le cas puisque les deux bagues latérales relient tous les barreaux).
- D'autre part, sur la création d'une force motrice sur le conducteur considéré (parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique tournant ou variable) dont le sens est donné par la règle des trois doigts de la main droite

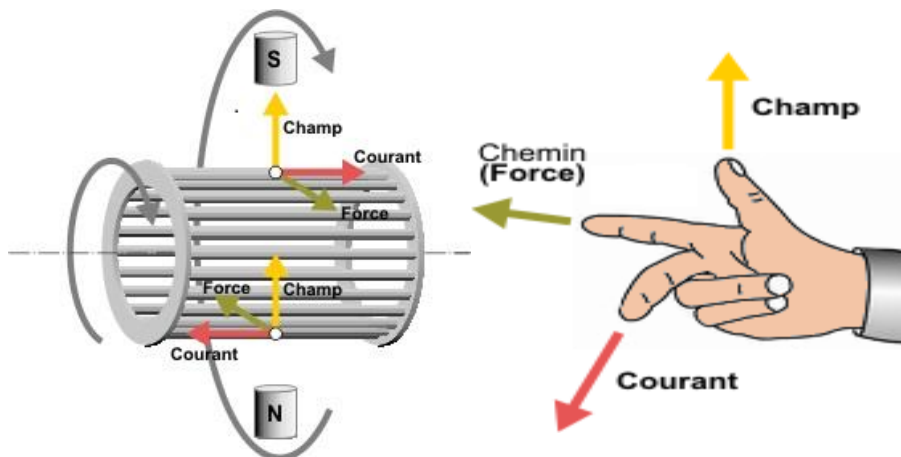


Figure I.1 Principe de fonctionnement de la machine asynchrone

I.4 Description de la machine asynchrone triphasée

Le moteur asynchrone comprend deux parties principales

- Le stator (partie fixe)
- Le rotor (partie mobile).

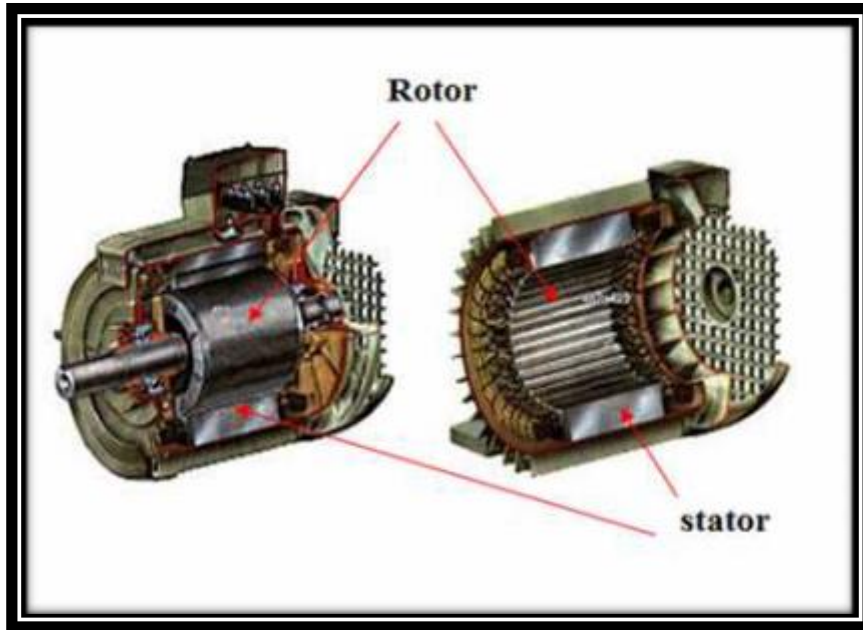


Figure I.2 Coupe de la machine asynchrone

I.4.1 Le Stator : Joint torique garni intérieurement avec bobine de type alternateur triphasé [1]. Le rôle du stator est de générer un champ tournant et de diriger le flux magnétique [8].

I.4.2 Le Rotor : Anneau laminé avec rainures à l'extérieure, concentrique et séparés du premier à travers un espace étroit d'épaisseur constante. Le rotor a un enroulement polyphasé Le court-circuit constitue le secondaire [1]. Le rôle du rotor est de guider le flux magnétique du stator et de générer le champ magnétique tournant du rotor [8]. Il existe principalement deux types de structures rotor:

a-Un rotor bobiné : Avec le même type d'enroulements que le stator, il est permis de connecter trois bornes (si l'enroulement est triphasé) à trois anneaux Appuyer sur les trois balais pour toucher la phase du rotor afin de régler, par exemple, les fonctions.

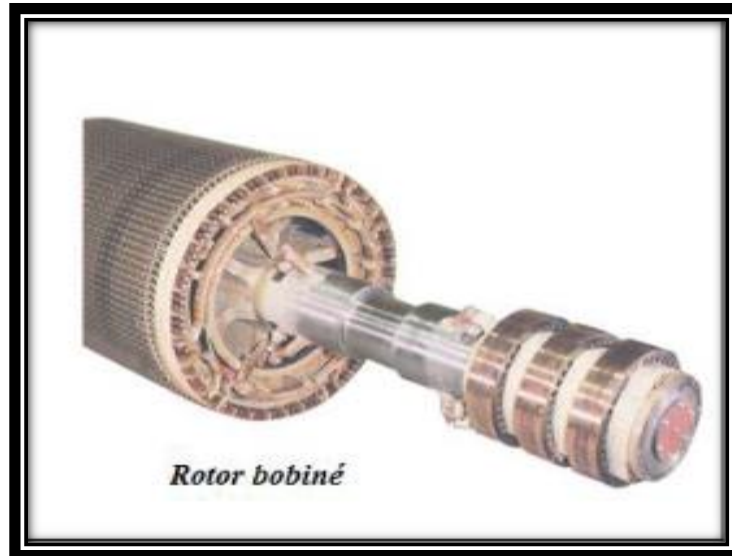


Figure I.3 Rotor bobiné

b-Rotor à cage d'écureuil: Chaque encoche contient une barre ; le courant qui y passe revient par la barre située à une distance polaire. On a confondu en deux anneaux d'extrémité l'ensemble des connexions reliant deux à deux les barres. C'est la structure la plus robuste [1].

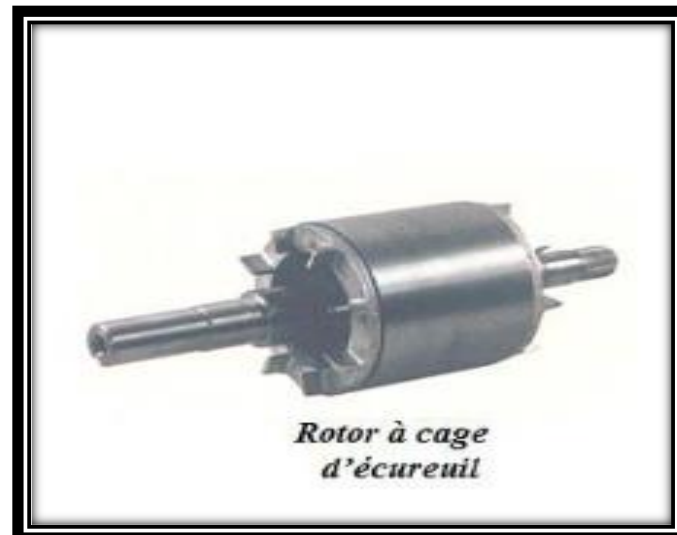


Figure I.4 Rotor à cage d'écureuil

La machine asynchrone comporte une partie fixe constituée d'une carcasse à l'intérieure de laquelle sont logés le circuit magnétique et le bobinage du stator d'un épart, et une partie mobile appelée rotor d'autre part. La carcasse nervurée à ailettes longitudinales est un monobloc en fonte ou en acier.

I.5 Modélisation de la machine asynchrone

I.5.1 Hypothèse simplificatrices

La modélisation de la machine asynchrone s'appuie sur un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, qui sont [2, 9,10]:

- Les circuits magnétiques sont symétriques.
- La répartition de l'induction dans l'entrefer est sinusoïdale.
- L'entrefer est constant.
- Les résistances des enroulements ne varient pas avec la température et l'effet de peau et d'encoche est négligé.
- On néglige les phénomènes de saturation, ce qui permet de considérer le flux magnétique comme fonction linéaire des courants.
- L'effet de l'encochage est négligeable.
- L'influence de l'effet de peau et de l'échauffement sur les caractéristiques n'est pas prise en compte.
- les pertes mécaniques et ferromagnétiques sont négligeables.

Ainsi, parmi les conséquences importantes de ces hypothèses, on peut citer [2] :

- L'additivité du flux.
- La constance des inductances propres.
- La loi de variation sinusoïdale des inductances mutuelles entre les enroulements statoriques et rotoriques en fonction de l'angle électrique entre leurs axes magnétiques.

I.5.2 Modélisation de la MAS dans le plan triphasé abc

Soit une machine asynchrone triphasée au stator et au rotor représentée schématiquement par la figure (I.5) et dont les phases sont repérées respectivement par SA, SB, SC. L'angle électrique θ variable en fonction du temps définit la position relative instantanée entre les axes magnétiques des phases SA et Ra choisis comme axes de référence [11].

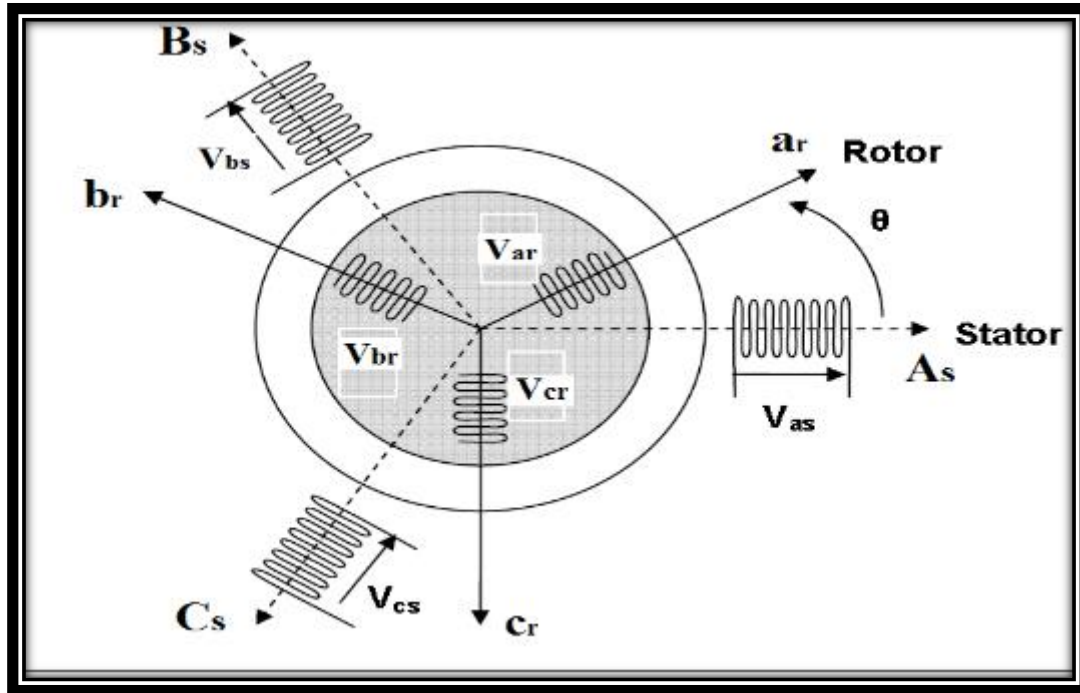


Figure I.5 Représentation schématique d'une machine asynchrone triphasée.

I.5.3 Équations générales de la machine asynchrone triphasée

Dans ces conditions, si on considère que le moteur à induction est triphasé au stator et au rotor. Les trois types d'équations traduisant le comportement du moteur sont [12] :

a-Equations électriques

Les équations de tension des trois phases statoriques et des trois phases rotoriques Sont

$$\begin{cases} V_{sa} = R_s i_{sa} + \frac{d\phi_{sa}}{dt} \\ V_{sb} = R_s i_{sb} + \frac{d\phi_{sb}}{dt} \\ V_{sc} = R_s i_{sc} + \frac{d\phi_{sc}}{dt} \end{cases} \quad (I.1)$$

$$\begin{cases} V_{ra} = R_r i_{ra} + \frac{d\phi_{ra}}{dt} \\ V_{rb} = R_r i_{rb} + \frac{d\phi_{rb}}{dt} \\ V_{rc} = R_r i_{rc} + \frac{d\phi_{rc}}{dt} \end{cases} \quad (I.2)$$

En désignant par:

v_{sa}, v_{sb}, v_{sc} : Tensions appliquées aux trois phases statoriques.

i_{sa}, i_{sb}, i_{sc} : Courants qui traversent les trois phases statoriques.

$\varphi_{sa}, \varphi_{sb}, \varphi_{sc}$: Flux totaux à travers ces enroulements.

v_{ra}, v_{rb}, v_{rc} : Tensions rotoriques,

i_{ra}, i_{rb}, i_{rc} : Courant rotorique .

$\varphi_{ra}, \varphi_{rb}, \varphi_{rc}$: Flux rotoriques.

R_s : Résistance d'une phase statorique.

R_r : Résistance d'une phase rotorique.

Les équations (I.1) et (I.2) peuvent être écrites sous la forme matricielle suivante:

Pour le stator :

$$\begin{bmatrix} v_{sa} \\ v_{sb} \\ v_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Phi_{sa} \\ \Phi_{sb} \\ \Phi_{sc} \end{bmatrix} \quad (\text{I.3})$$

Ou sous la forme condensée comme suit :

$$[v_{s(abc)}] = [R_s][i_{s(abc)}] + \frac{d}{dt} [\Phi_{s(abc)}] \quad (\text{I.4})$$

Pour le rotor:

$$\begin{bmatrix} v_{ra} \\ v_{rb} \\ v_{rc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Phi_{ra} \\ \Phi_{rb} \\ \Phi_{rc} \end{bmatrix} \quad (\text{I.5})$$

Ou sous la forme condensée comme suit :

$$[v_{r(abc)}] = [R_r][i_{r(abc)}] + \frac{d}{dt} [\Phi_{r(abc)}] \quad (\text{I.6})$$

b-Equation magnétiques

Les hypothèses simplificatrices citées antérieurement conduisent à des relations linéaires entre les flux et les courants de la machine asynchrone, ces relations s'écrivent matriciellement comme suit [13] :

Pour le stator:

$$\begin{bmatrix} \Phi_{sa} \\ \Phi_{sb} \\ \Phi_{sc} \end{bmatrix} = [L_s] \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} + [M_{sr}] \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} \quad (I.7)$$

Pour le rotor :

$$\begin{bmatrix} \Phi_{ra} \\ \Phi_{rb} \\ \Phi_{rc} \end{bmatrix} = [L_r] \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} + [M_{rs}] \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} \quad (I.8)$$

Telque:

$$[M_{sr}] = [M_{rs}]^T$$

On désigne par:

$[L_s]$: Matrice des inductances statorique

$[L_r]$: Matrice des inductances rotorique

Où :

$$[L_s] = \begin{bmatrix} L_s & M_s & M_s \\ M_s & L_s & M_s \\ M_s & M_s & L_s \end{bmatrix} \quad (I.9)$$

$$[L_r] = \begin{bmatrix} L_r & M_r & M_r \\ M_r & L_r & M_r \\ M_r & M_r & L_r \end{bmatrix} \quad (I.10)$$

Ainsi :

$$[M_{sr}] = [M_{rs}]^T = M_0 \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (I.11)$$

Avec :

L_s : Inductance propre d'une phase statorique.

L_r : Inductance propre d'une phase rotorique.

M_s : Inductance mutuelle entre phases statoriques.

M_r : Inductance mutuelle entre phases rotoriques.

θ : Angle électrique définit la position relative instantanée entre les axes statoriques et les axes rotoriques qui sont choisis comme axes des références.

M : Maximum de l'inductance mutuelle entre phase du stator et la phase correspondante du rotor.

c-Équations mécaniques

L'étude des caractéristiques de la machine asynchrone fait introduire la variation non seulement des paramètres électriques (tension, courant, flux) mais aussi des paramètres mécaniques (couple, vitesse) [11].

$$C_e = P [i_{s(abc)}]^T \frac{d}{dt} [M_{sr}] [i_{r(abc)}] \quad (I.12)$$

Pour avoir un modèle complet de la machine il nécessite d'introduire l'équation du mouvement de la machine est exprimée comme suit :

$$J \frac{d}{dt} \Omega_r = C_e - C_r - f \Omega_r \quad (I.13)$$

Avec :

J : Moment d'inertie des masses tournantes.

C_r : Couple résistant imposé à l'arbre de la machine.

Ω_r : Vitesse rotorique.

C_e : Couple électromagnétique.

f : Coefficient de frottement visqueux.

Les équations (I.4) ainsi obtenues sont à coefficients variables entraînant la complexité de résolution du modèle défini par (I.6). Cela conduira à l'usage de la transformation de Park qui permettra de rendre constant ces paramètres.

I.6 Transformation de Park

La transformation de Park a pour but de traiter une large gamme de machines de façon unifiée en le ramenant à un modèle unique, Cette conversion est appelée souvent transformation des axes, fait correspondant aux deux enroulements de la machine originale suivie d'une rotation, les enroulements équivalents du point de vue électrique et magnétique. Cette transformation ainsi, pour l'objectif de rendre les inductances mutuelles du modèle indépendantes de l'angle de rotation.

I.6.1 Modélisation de la MAS dans le plan biphasé dq

Du fait de l'existence des termes trigonométriques continus dans la matrice des inductances mutuelles $[M_{sr}]$, les coefficients des équations différentielles sont variables et la résolution analytique du système se heurte à des difficultés pratiquement insurmontables. Pour obtenir un système d'équations à coefficients constants on transforme les enroulements statoriques et rotoriques en deux enroulements biphasés orthogonaux (dq) selon la transformation de PARK. La conversion implique la transformation des enroulements équivalents du point de vue électrique et magnétique. La figure (I.6) représente la transformation des enroulements réels abc en enroulements orthogonaux d-q [14].

- Direct selon l'axe(d).
- Quadrature (transversal) selon l'axe(q).
- Homopolaire(o).

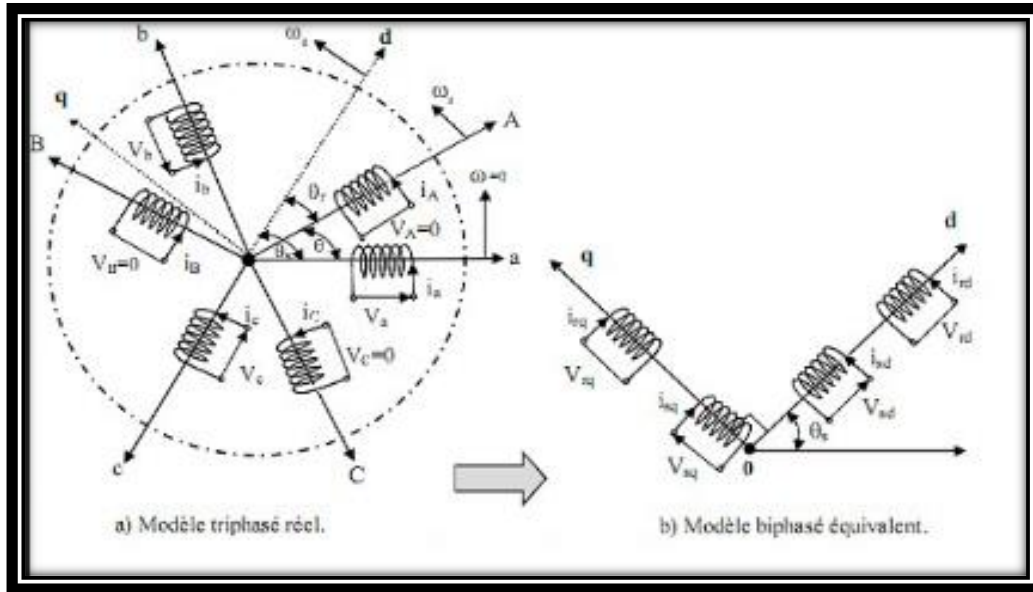


Figure 1.6 Transformation des axes réels aux axes (d-q)

Pour le passage du système triphasé vers le système biphasé, on a les équivalents suivants :

$$L'équivalent de tension: [V_{dq0}] = [P(\theta_{obs})][V_{abc}] \quad (I.14)$$

$$L'équivalent de courant: [i_{dq0}] = [P(\theta_{obs})][i_{abc}] \quad (I.15)$$

$$L'équivalent de flux: [\Phi_{dq}] = [P(\theta_{obs})][\Phi_{ab}] \quad (I.16)$$

$[(\theta_{obs})]$: est la matrice de Park dans le cas d'un passage inverse, on a :

$$\begin{cases} [V_{abc}] = [P(\theta_{obs})]^{-1}[V_{dq0}] \\ [i_{abc}] = [P(\theta_{obs})]^{-1}[i_{dq0}] \\ [\varphi_{abc}] = [P(\theta_{obs})]^{-1}[\varphi_{dq0}] \end{cases} \quad (I.17)$$

La matrice de transformation de Park modifiée directe et inverse s'écrit alors

$$[P(\theta_{obs})] = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta_{obs}) & \cos(\theta_{obs} - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_{obs} - \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin(\theta_{obs}) & -\sin(\theta_{obs} - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_{obs} + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \quad (I.18)$$

Le facteur $\sqrt{\frac{2}{3}}$ est là pour conserver la puissance électrique instantanée

$$[P(\theta_{\text{obs}})]^T = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta_{\text{obs}}) & -\sin(\theta_{\text{obs}} - \frac{2\pi}{3}) & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos(\theta_{\text{obs}} - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_{\text{obs}} - \frac{2\pi}{3}) & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos(\theta_{\text{obs}} + \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_{\text{obs}} + \frac{2\pi}{3}) & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \quad (\text{I.19})$$

Lors que l'angle θ_{obs} est attribué à la valeur zéro, la transformation de Park est dite Transformation de Clarke et la matrice de passage s'écrit comme suit:

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & \frac{-1}{2} & \frac{-1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{-\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (\text{I.20})$$

L'application de la transformation de Park aux modèles matriciels électriques, (I.11) et (I.12), et magnétiques, (I.7), (I.8), permet d'obtenir les équations suivantes:

$$C_{\text{em}} = P \frac{M}{L_r} (\Phi_{rd} i_{sd} - \Phi_{rq} i_{sq}) \quad (\text{I.21})$$

L'équation de la vitesse mécanique est représentée par l'équation (I.13) :

$$J \frac{d}{dt} \Omega_r = C_{\text{em}} - C_r - f \Omega_r \quad (\text{I.22})$$

I.7 la machine asynchrone alimentée en tension

Pour une machine asynchrone alimentée en tension, si on considère le courant statorique i_s et le flux rotorique ϕ_r comme variables d'état, et la pulsation ω_s et les tensions V_{sd}, V_{sq} comme grandeur de commande et le couple C_r comme une perturbation, on aura le schéma bloc suivant [7] :

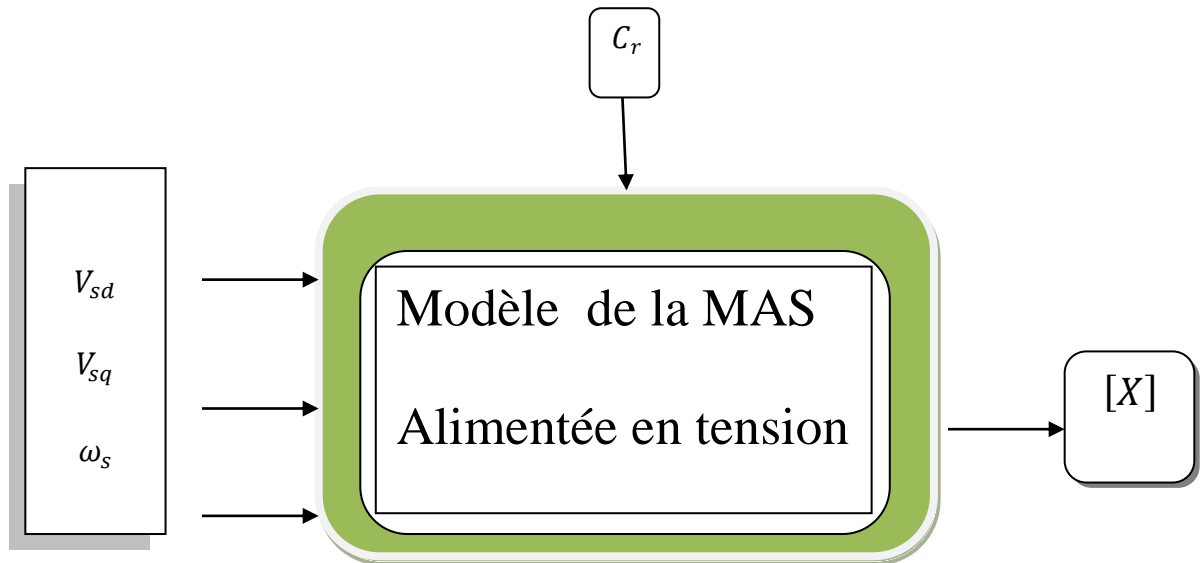


Figure I.7 Schéma bloc e la machine asynchrone alimentée en tension

Le vecteur de sortie[X], peut avoir une des formes des différentes expressions :

$$[X] = \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \\ i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} \text{ ou } [X] = \begin{bmatrix} \phi_{sd} \\ \phi_{sq} \\ \phi_{rd} \\ \phi_{rq} \end{bmatrix} \text{ ou } [X] = \begin{bmatrix} \phi_{sd} \\ \phi_{sq} \\ i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} \text{ ou } [X] = \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \\ \phi_{rd} \\ \phi_{rq} \end{bmatrix}$$

I-8 Représentation d'état du modèle de la MAS

$$[\dot{X}] = [A][X] + [B][U]$$

Avec

$$[X] = [i_{sd} \quad i_{sq} \quad \phi_{sd} \quad \phi_{sq}]^T \text{ vecteur d'état,}$$

[U]: $[V_{sd} \quad V_{sq}]$ vecteur de commande,

[A] :Matrice évaluation d'état du systeme,

[B] :Matrice du systeme de commande ,

$$\begin{cases} \frac{di_{sd}}{dt} = -\left(\frac{R_t}{L_s\sigma}\right)i_{sd} + \frac{1-\sigma}{MT_s\sigma}\varphi_{rd} + \frac{1-\sigma}{M\sigma}\omega\varphi_{rq} + \frac{1-\sigma}{L_s\sigma}V_{sq} \\ \frac{di_{sq}}{dt} = -\left(\frac{R_t}{L_s\sigma}\right)i_{sq} + \frac{1-\sigma}{MT_s\sigma}\varphi_{sd} + \frac{1-\sigma}{M\sigma}\omega\varphi_{rq} + \frac{1-\sigma}{L_s\sigma}V_{sq} \\ \frac{d\varphi_{rd}}{dt} = \frac{M}{T_r}i_{sd} - \frac{1}{T_r}\varphi_{rd} - \omega\varphi_{rq} \\ \frac{d\varphi_{rq}}{dt} = -\frac{M}{T_r}i_{sq} + \omega\varphi_{rd} - \frac{1}{T_r}\varphi_{rq} \end{cases} \quad (I.23)$$

Avec :

$T_s = \frac{L_s}{R_s}$ et $T_r = \frac{l_r}{R_r}$: constante de temps statorique et rotorique

$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_s L_r}$: Coefficient de dispersion.

$$[A] = \begin{bmatrix} -\frac{R_t}{L_s\sigma} & 0 & \frac{1-\sigma}{MT_s\sigma} & -\frac{1-\sigma}{M\sigma}\omega \\ 0 & -\frac{R_t}{L_s\sigma} & -\frac{1-\sigma}{M\sigma}\omega & \frac{1-\sigma}{MT_s\sigma} \\ & \frac{M}{T_r} & 0 & -\frac{1}{T_r}\omega \\ 0 & \frac{M}{T_r}\omega & & -\frac{1}{T_r} \end{bmatrix} \quad (I.24)$$

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_s\sigma} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_s} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (I.25)$$

Pour le référentielle lié au champ tournant (d,q), la matrice [A] devient :

$$[A] = \begin{bmatrix} -\frac{R_t}{L_s\sigma}\omega_s & \frac{1-\sigma}{MT_s\sigma} & -\frac{1-\sigma}{M\sigma}\omega \\ -\omega_s & -\frac{R_t}{L_s\sigma} & -\frac{1-\sigma}{M\sigma}\omega & \frac{1-\sigma}{MT_s\sigma} \\ \frac{M}{T_r} & 0 & -\frac{1}{T_r} & (\omega_s - \omega) \\ 0 & \frac{M}{T_r} & (\omega_s - \omega) & -\frac{1}{T_r} \end{bmatrix} \quad (I.26)$$

Le couple électromagnétique développé par la machine asynchrone donné par la relation suivante :

$$C_e = \frac{PM}{L_r}(\varphi_{r\alpha}I_{s\beta} - \varphi_{r\beta}I_{s\alpha}) \quad (I.27)$$

I.9 Avantage de la machine asynchrone

Comparé au moteur shunt, le moteur asynchrone a l'avantage d'être alimenté directement par le réseau triphasé. Son prix d'achat est moins élevé, il est beaucoup plus robuste car il ne nécessite pratiquement pas d'entretien.

Ses deux qualités fondamentales (prix et solidité) résultent du fait qu'il n'a pas de collecteur.

En effet, le collecteur est un organe coûteux et fragile qui nécessite un entretien fréquent :

Changement des balais [15].

I.10 Problématique du moteur asynchrone

A l'exception du démarrage et de l'inversion du sens de marche que l'on peut résoudre de façon satisfaisante, le moteur asynchrone a des performances très médiocres par rapport à celles du moteur shunt. En effet jusqu'à ces dernières années, l'entraînement idéal était réalisé par le léonard formé un moteur shunt alimenté par un convertisseur de tension [15].

I.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une description générale de la machine asynchrone à cage d'écureuil avec sa constitution précisant son principe de fonctionnement, puis nous avons pu construire le modèle mathématique de la machine asynchrone alimentée par une source de tension sinusoïdale triphasée en utilisant un certain nombre d'hypothèses simplificatrices grâce à l'application de la transformation de Park qui transforme la machine triphasée en une machine biphasée, ce qui nous a facilité la simulation après transformation des équations, nous avons donc choisi le référentiel associé au stator, qui est le plus choix approprié pour déterminer les paramètres de la machine asynchrone.

Chapitre II:
Identification par la méthode des
essais classiques

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous étudierons les techniques de détermination des différents paramètres de la machine asynchrone. Pour le savoir, il faut connaître les valeurs de la résistance du rotor et du stator, les inductances de fuite, ainsi les paramètres mécaniques comme le moment d'inertie et le coefficient de frottement, qui ont une grande importance dans les méthodes de contrôle utilisant ces paramètres, d'autant plus que ces méthodes sont sensibles aux variations.

Nous débuterons d'abord par la méthode qui est basée sur les données de la plaque signalétique qui sert à calculer les paramètres électriques des machines asynchrones et nous utiliserons dans un deuxième temps les tests traditionnels d'essai à vide, d'essai à rotor bloqué et autres.

Enfin, nous effectuons des opérations de critères et les commentons afin de vérifier la validité du modèle mathématique présenté dans ce chapitre.

II.2 Généralités sur les Techniques d'identification

L'identification d'un système consiste à obtenir une description du comportement du système à partir de données expérimentales. Nous avons constaté qu'un grand nombre de techniques de reconnaissance se répartissent en deux grandes catégories [16] :

1. Identification non paramétrique.
2. Identification des paramètres.

Lorsque nous parlons d'identification non paramétrique, nous entendons une interprétation graphique [16] ou tabulaire des réponses transitoires, fréquentielles ou de corrélation. Avec ces méthodes, nous ne pouvons obtenir qu'un concept dynamique du système. Si la précision de la connaissance du système doit être plus élevée, elle doit être transmise à l'identification des paramètres

L'identification des paramètres a pour but d'estimer les paramètres d'un modèle mathématique [16] afin d'obtenir une représentation satisfaisante du système réel étudié.

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

II.3 Matériels utilisé

Les tests de ces méthodes nécessitent des équipements bien spécifiques avec des compétences pratiques considérables pour obtenir des résultats avec des valeurs plus précises et moins de risques. Les équipements sont les suivants:

- Moteur asynchrone à cage d'écurail.
- Tachymètre (photo/contact).
- Capteur de couple rotatif sans balais
- Freine à poudre
- Analyseur de puissance PPA500, avec logiciel Datalogger (V 3.2)
- Alimentation variable portable
- Source de tension continu (CPX 400DP Dnal)

II.4 Techniques d'identification du moteur asynchrone

Dans ce travail, nous nous concentrons sur l'identification des paramètres car le modèle est calculé selon les lois de la physique. Par conséquent, nous avons un ensemble de paramètres physiques à identifier et aucune identification non paramétrique n'est requise. Selon la nature du modèle, différentes méthodes d'identification sont utilisées. Parmi ces méthodes, nous présenterons les méthodes les plus couramment utilisées en pratique.

II.5 Identification par la méthode de la plaque signalétique

Cette méthode, permet une approximation et la vitesse des paramètres électriques du MAS lors de l'utilisation d'indicateurs Classifications des plaques signalétiques, telles que $V_s, I_s, f_s, \cos(\varphi)$ et g. supposer que $L_r = M$ (fuites totales du stator) et que la machine est sans perte [16].

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma = \frac{1 - \cos(\varphi)}{1 + \cos(\varphi)} \\ T_r = \frac{1}{\omega_r} \sqrt{\frac{1}{\sqrt{\sigma}}} \\ l_s = \frac{V_s \sqrt{\sigma}}{I_s \omega_s} \\ M = L'_r = L_s \frac{1 - \sigma}{\sigma} \\ L_s = M + l_s \\ R_r = \frac{L'_r}{T_r} \end{array} \right. \quad (II.1)$$

La plaque signalétique de la machine comporte les caractéristiques suivantes :

Nous avons utilisé le couplage étoile:

Puissance utile nominale : 1.5kW

Fréquence nominale : 50 Hz

Tension stator nominale : 230/400V

Courant stator nominale : 6/3.45 A

vitesse nominale : 1420 tr/min

Facteur de puissance nominale: 0.81

Application

L'application de la relation (II.1) de cette méthode permet d'avoir un est imation très approximativement à partir de la plaque signalétique de la machine.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma = \frac{1 - 0.81}{1 + 0.81} = 0.1049 \\ T_r = \frac{1}{16.736} \sqrt{\frac{1}{\sqrt{0.1049}}} = 0.0792 \text{ S} \\ l_s = \frac{400\sqrt{0.1049}}{3.45 * 314} = 0.1195 \text{ H} \\ M = L'_r = 0.1195 \frac{1 - 0.1049}{0.1049} = 1.0196 \text{ H} \\ L_S = 1.0196 + 0.1195 = 1.1391 \text{ H} \\ R'_r = \frac{1.0196}{0.0792} = 12.8737 \ \Omega \end{array} \right.$$

Avec

$$g = \frac{N_S - N}{N_S} = \frac{1500 - 1420}{1500} = 0.053$$

$$W_S = 2\pi f = 2 * 3.14 * 50 = 314 \text{ rad/s}$$

$$W_r = gW_S = 0.0533 * 314 = 16.736 \text{ rad/s}$$

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats obtenus par la méthode d'identification de la plaque signalétique

$R'_r(\Omega)$	$L_S(H)$	$L'_r(H)$	M (H)	$T_r(s)$	σ
12.8737	1.1391	1.0196	1.0196	0.0987	0.1049

Tableau II.1 Résultats de la méthode de la plaque signalétique

II.6 Identification par la Méthode des essais classiques

Les méthodes de commande du moteur asynchrone nécessitent également une détermination précise de paramètres de la machine. Dans cette partie, nous identifions Les paramètres électrique plus importantes qui sont la résistance statorique et rotorique ($R_S R_r$) l'inductance statorique et rotorique ($L_S L_r$) coefficient de blonde (σ) l'inductance mutuelle (L_m) et deux paramètre mécanique coefficient de frottement(f) et moment d'inertie (J)

II.6.1 Détermination des paramètres électriques

II.6.1.1 Mesure des résistances statoriques

Cette méthode consiste à fournir une tension continue à une phase du stator et à mesurer le courant et la tension de la bobine de phase. Aussi, le courant injecté ne doit pas dépasser 10% du courant nominale de la machine, afin que la mesure soit faite a chaud c'est-à-dire lorsque le moteur atteint son équilibre thermique.

Le stator fourni est facilement calculé à partir de la mesure de la tension et du courant par l'équation:

$$R_s = \frac{V}{2I} \quad (II. 2)$$

Schéma de montage

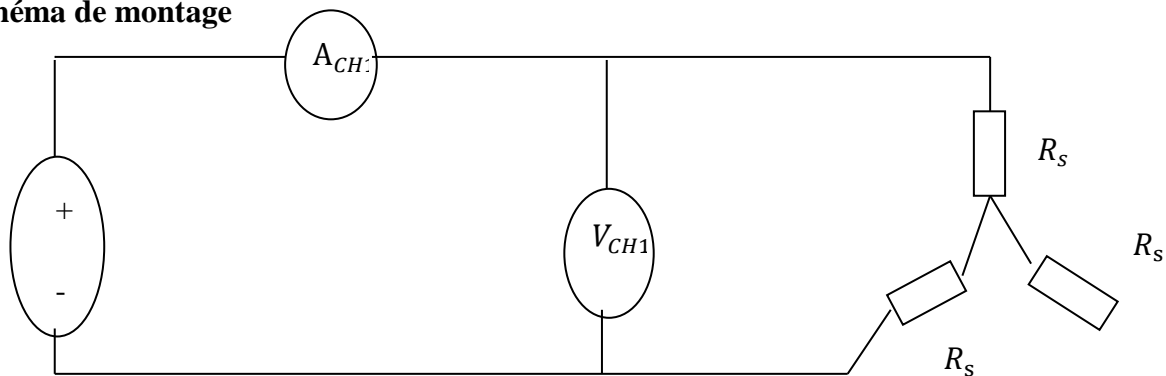


Figure II.1 Mesure de la résistance apparente par la méthode des deux wattmètres

Remarque : Par souci de sécurité, il faut s'assurer lors de l'essai à ne pas dépasser l'intensité maximale par phase (ici I_s nominale = 0.3 A pour le stator) [8].

Résultats

La résistance étant mesurée à température ambiante (25 °C), il est nécessaire de majorer sa valeur d'un facteur 1,15 pour obtenir sa valeur à chaud (80 °C) [2]. En faisant l'hypothèse que la résistance de chaque phase est identique, la résistance d'une phase est le rapport entre la tension et le courant observé aux bornes de deux phases selon la relation (II. 3).

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats obtenus par la méthode d'identification de la Mesure des résistances statoriques:

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

Branchement	Tension(V)	Courante (A)	$R_s(\Omega)$
(U_1V_1)	2.3126	0.20528	5.6328
(U_1W_1)	2.2962	0.20448	5.6147
(V_1W_1)	2.3176	0.20467	5.6617
Moyenne résistons			5.6364

Tableau II.2 Résultats obtenus avec la méthode volt-ampérométrique

A donné :

-à froid : $R_s = 5.6364\Omega$

- à chaud : $R_{sch} = 1,15.R_s = 6.48186\Omega$

II.6.1.2 Essai à vide

Cet essai on applique une tension nominale au moteur alors qu'il tourne au ralenti mais il existe un couple résistant de très faible valeur équivalent aux pertes mécanique dues aux frottements et à ventilation.

On en déduit que le glissement n'est pas tout à fait nul les courants rotoriques sont négligeables et le flux dans l'entrefer est créé par le stator seul on peut l'écrire lorsque $g=0$ [16]

$$V_s = V_{s0} \quad (II.3)$$

$$I'_r \approx 0 \text{ et } I_s = I_{s0} \approx I_m \quad (II.4)$$

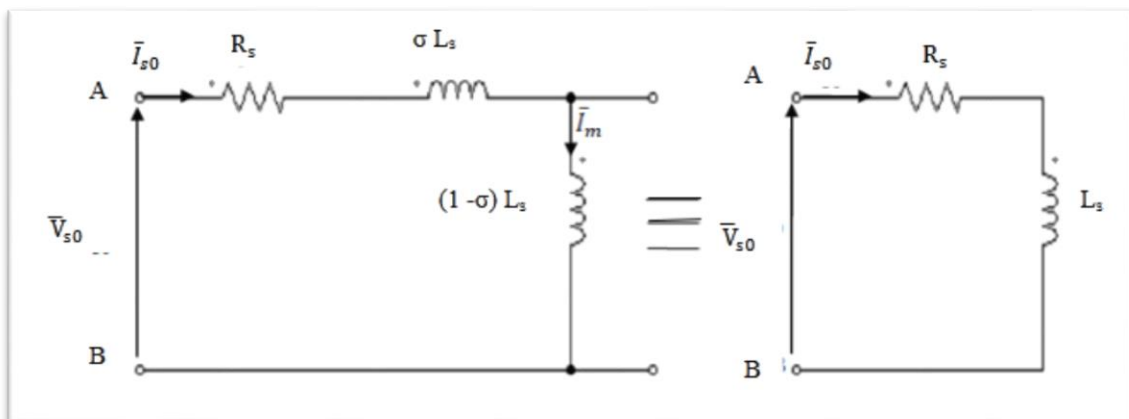


Figure II.2 Schéma équivalent de la MAS en fonctionnement à vide

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

Schéma de montage

Lorsque nous effectuons le test, nous donnons au moteur une tension d'alimentation comprise entre 100 % et environ 25 % de la tension nominale du moteur.

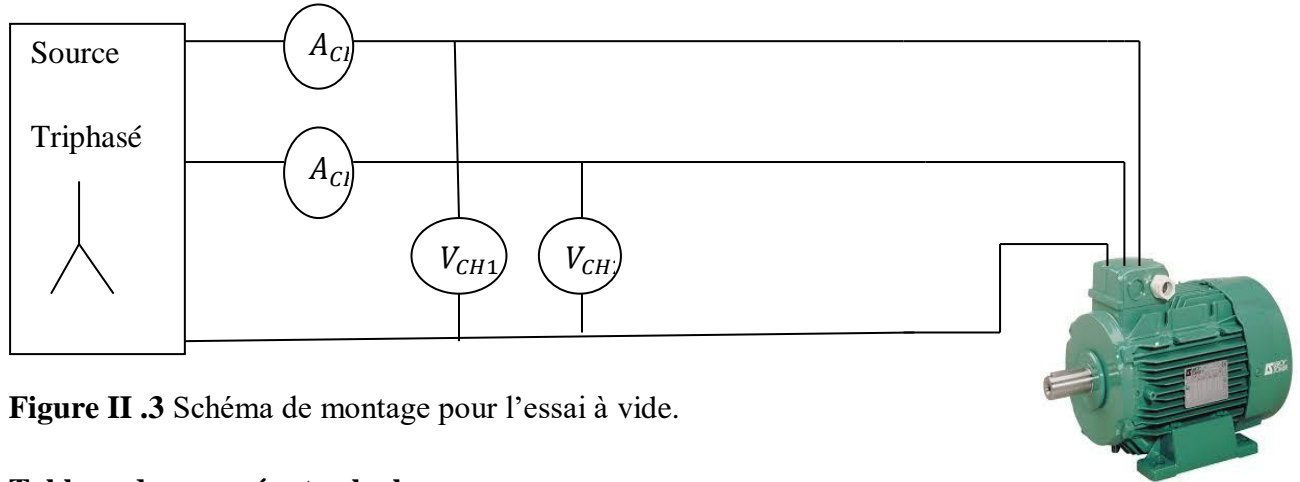


Figure II .3 Schéma de montage pour l'essai à vide.

Tableau de mesurés et calculs

Tension (V)	Courante I_S (A)	P(w)	Q(Var)	P_{js} (W)	$P_{fer} + P_{méq}$	V_S (V)	V^2_S (v)
101.31	0.43319	27.413	-73.801	3.6490	23.764	58.49	3421.08
150.69	0.63238	39.839	-146.63	7.7764	32.0626	87	7569
201.45	0.87467	58.273	-304.64	14.8768	43.3962	121.5	14762.25
250.79	1.1238	80.528	-487.23	24.5583	55.9697	144.79	20964.14
301.28	1.4158	107.80	-735.41	38.9785	68.8242	173.94	30255.12
350.28	1.8215	147.90	-1098	64.5178	83.3822	202.23	40896.97
397.10	2.448	215.83	-1673.6	116.5316	99.2984	229.27	52564.73

Tableau II.3 Mesures de l'essai à vide

Le moteur asynchrone absorbe une puissance P_0 qui correspond à la somme des pertes mécaniques, ferromagnétiques (fer) et Joules au stator.

$$P_0 = P_{js} + P_{mec} + P_{fer} \quad (II.5)$$

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

Où les pertes joules sont données par:

$$P_{js} = 3R_s I_0^2 \quad (\text{II.6})$$

En traçant la courbe de la puissance $P_{fer} + P_{mec}$ en fonction du carré de la tension d'alimentation.

Les pertes mécaniques P_{mec} sont calculer on utilisant la méthode de séparation des pertes mécaniques et des pertes dans le fer, la courbe c'est une droite (figure. II.4). dont le prolongement jusqu'à la tension nulle donne les pertes mécanique

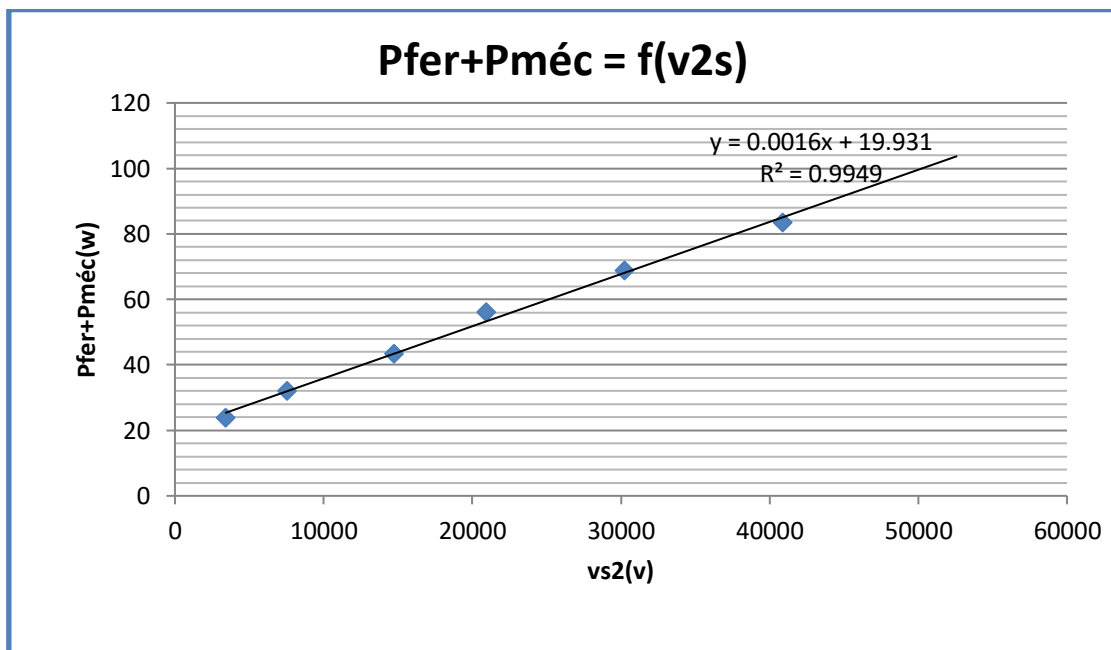


Figure II.4 Courbe de séparation des pertes

D'après la courbe de séparation des pertes (Figure II.4) on trouve:

$$P_{mec} = 19.93 \text{ W et } P_{fer} + P_{mec} = 104 \text{ W}$$

On déduit:

$$P_{fer} = 104 - P_{mec} = 104 - 19.93 = 84.07 \text{ W}$$

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

Calcul de R_f et L_s

En négligeant la chute de tension à la borne de R_s , les pertes fer peuvent s'exprimer sous la forme :

$$P_{fer} = \frac{3V_s^2}{R_f} \quad (II.7)$$

Donc:

$$R_f = \frac{3V_s^2}{P_{fer}} \quad (II.8)$$

$$\text{Pour } V_s = \frac{397.10}{\sqrt{3}} = 229.27V$$

Application:

$$R_f = \frac{3 * 52564.7329}{84.07} = 1875.748765 \Omega$$

L'inductance cyclique L_s est calculée par la formule de la puissance réactive:

$$L_s = 3 \frac{V_s^2}{\omega_s Q_s} = \frac{3 * 52564.7329}{314.16 * 1673.6} = 0.2999 H$$

$$\text{Donc } L_s = L_r = 0.2999 H$$

II.6.1.3 Essai en court-circuit à rotor bloqué

Dans ce test, le rotor est bloqué pour l'empêcher de tourner ($\Omega=0$, $g=1$). Nous nous assurons que le courant du moteur ne dépasse pas le courant nominal à tension réduite, on mesure :

- Tension d'alimentation U_{CC} nominale [V].
- Courant nominal du stator I_{CC} [A].
- Puissance absorbée nominale P_{CC} [W].

Essai de rotor bloqué, également appelé test de court-circuit, en raison du courant consommé par le rotor le moteur est haut. Le courant magnétisant est négligeable par rapport au courant continu I_{CC} d'où le schéma équivalent en court-circuit suivant:

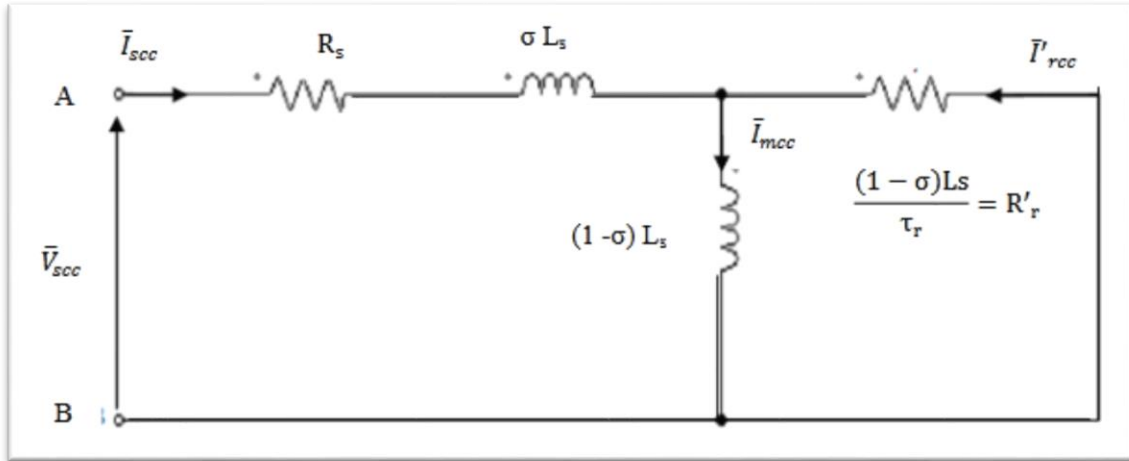


Figure II.5 Schéma équivalent de la MAS en fonctionnement à rotor bloqué

Le schéma simplifié de la figure permet de déterminer la résistance rotorique ramenée R'_r et l'inductance des fuites globales σL_s

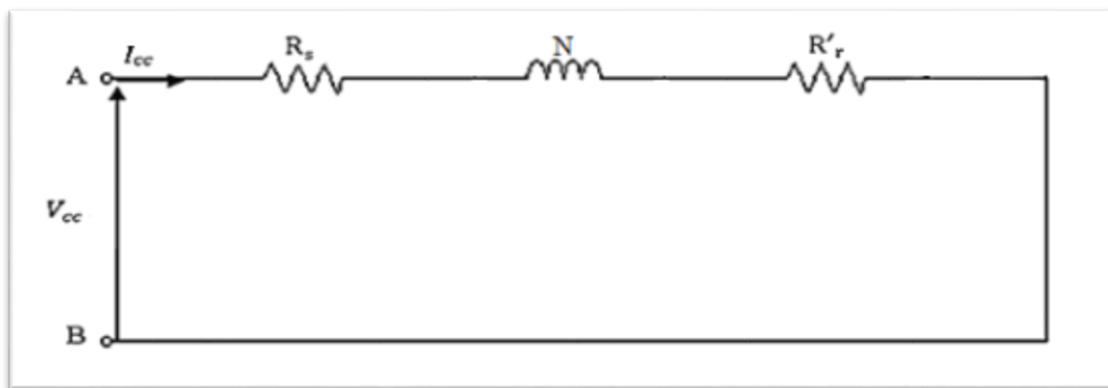


Figure II.6 Schéma équivalent simplifié de la machine asynchrone à rotor bloqué

Tableau de mesurés et calculs

$U_{cc}(V)$	$I_{cc}(A)$	$P_{cc}(W)$	$Q_{cc}(Var)$
12.027	0.5110	8.1564	-7.7692
20.074	0.8683	22.161	-21.413
25.197	1.0865	34.733	-33.607
40.322	1.7328	88.012	-85.120
42.605	1.7696	97.587	-88.607
47.422	1.9607	121.54	-109.98

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

50.312	2.1578	136.66	-131.36
60.218	2.5753	196.44	-186.80
70.263	2.9885	267.57	-251.38
76.288	3.1579	314.26	-281.35

Tableau II.4 Mesures de l'essai à rotor bloqué

Calcul de R'_r et l_m

$$P_{cc} = 3(R_s + R'_r)I_{cc}^2 \quad (\text{II.9})$$

$$\text{Donc: } R'_r = \frac{P_{cc}}{3 \cdot I_{cc}^2} \quad (\text{II.10})$$

$$Q_{cc} = 3(N_r W_s) I_{cc}^2 \quad (\text{II.11})$$

Donc:

$$N_r = \frac{Q_{cc}}{3 W_s I_{cc}^2} \quad (\text{II.12})$$

$$L_m = \frac{-N_r + \sqrt{N_r^2 + 4L_s^2}}{2} \quad (\text{II.13})$$

Application:

$$R'_r = \frac{314.6}{3 \cdot 9.9723} - 6.48186 = 4.0339 \, \Omega$$

$$N_r = \frac{281.35}{3 \cdot 314.16 \cdot 9.9723} = 0.0299 \, H$$

$$L_m = \frac{-0.0299 + \sqrt{0.0008940 + 4 \cdot 0.0894}}{2} = 0.2853 \, H$$

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

Les paramètres identifiés par les essais classiques sont représentés dans le tableau suivant :

Les paramètres identifiant	les valeurs
R_s	6.48186 Ω
R'_r	4.0339 Ω
L_s	0.299 H
L_r	0.299 H
L_m	0.2844 H

Tableau II.5 Les paramètres électriques

II.6.2 Identification des paramètres mécaniques

Les paramètres mécaniques de la machine sont déterminés par la méthode d'essai de décélération. C'est une méthode qui fonctionne sur tout type de machine. La machine est alimentée à la tension nominale et au ralenti [2]. Coupez ensuite l'alimentation et mesurez la vitesse par un DYNAMO YACHYMETRIQUE connecté avec l'analyseur de puissance avec un programme d'acquisition DATA logger simple pour enregistrer l'évolution de la vitesse dans le temps. L'identification des paramètres électriques du modèle MAS n'est pas suffisante pour étudier complètement et efficacement les différents états dynamiques. De plus, ces modes sont également informés par les paramètres mécaniques (moment d'inertie, frottement) présents dans les équations du mouvement.

Les paramètres mécaniques sont identifiés par la méthode de l'essai de ralentissement.

II.6.2.1 Essai du ralentissement

Ce test nous permet de déterminer les paramètres mécaniques du moteur asynchrone [2]. La machine est alimentée par sa tension nominale et tourne à vide, puis on coupe l'alimentation et enregistrez l'évolution à vitesse en fonction du temps est à l'aide un programme d'acquisition DATA logger. Le couple électromagnétique du moteur est donné par l'équation [2]:

$$C_e = J \frac{d\Omega}{dx} + f_r \Omega + C_r \quad (\text{II.14})$$

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

Le moteur tourne à vide à la vitesse Ω_0 avec C_{r0} est son couple résistant à vide. A l'instant $t=t_1$, l'alimentation est coupée, le couple électromagnétique du moteur est réduit à zéro ($C_e = 0$) et l'équation du couple s'écrit comme suit :

$$0 = \frac{J}{f_r} \frac{d\Omega}{dt} + \frac{C_{r0}}{f_r} + \Omega \quad (\text{II.15})$$

On pose:

$$T_m = \frac{J}{f_r} \text{ et } \Omega_f = -\frac{C_{r0}}{f_r} \text{ sa résolution donne : } \Omega(t) = K e^{-t/T_m}$$

La constante k est déterminé à partir des conditions initiales.

A l'instant $t = t_1$, $\Omega(t_1) = \Omega_0$ et on peut écrire:

$$\Omega(t) = (\Omega_0 - \Omega_f) e^{-t/T_m} + \Omega_f \quad (\text{II.16})$$

Après la coupure de l'alimentation, la machine continue à tourner pendant un temps t_f

$$\text{pourqu'elle puisse s'arrêter et } \Omega(t_f) = 0 \leftrightarrow 0 = (\Omega_0 - \Omega_f) e^{-t_f/T_m} + \Omega_f \quad (\text{II.17})$$

On obtain:

$$\frac{t_f}{T_m} = \text{Ln}\left(\frac{\Omega_f - \Omega_0}{\Omega_f}\right) \quad (\text{II.18})$$

La constante du temps mécanique :

$$T_m = \frac{t_f}{\text{Ln}\left(\frac{\Omega_f - \Omega_0}{\Omega_f}\right)} \quad (\text{II.19})$$

Etant donné que :

$$\text{Ln}\left(\frac{\Omega_f - \Omega_0}{\Omega_f}\right) = \text{Ln}\left(1 - \frac{\Omega_0}{\Omega_f}\right) = \text{Ln}\left(1 - f_r \frac{\Omega_0}{C_{r0}}\right) \quad (\text{II.20})$$

Le coefficient de frottement f_r est généralement faible d'où :

$$\text{Ln}\left(1 - \frac{\Omega_0}{\Omega_f}\right) \approx f_r \frac{\Omega_0}{C_{r0}} \quad (\text{II.21})$$

Par remplacement dans l'équation (II.18) on trouve :

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

$$t_f = T_m f_r \frac{\Omega_0}{C_{r0}} \quad (\text{II.22})$$

On substitue $T_m = \frac{J}{f_r}$ dans l'équation précédente, on obtient :

$$t_f = \frac{J}{f_r} f_r \frac{\Omega_0}{C_{r0}} = J \frac{\Omega_0}{C_{r0}} \quad (\text{II.23})$$

D'où:

$$J = t_f \frac{C_{r0}}{\Omega_0} \quad (\text{II.24})$$

Donc, pour déterminer le moment d'inertie, il suffit de connaître le couple résistant à vide C_{r0} qui est donnée par :

$$C_{r0} = \frac{P_{méc}}{\Omega_0} \quad (\text{II.25})$$

La constante mécanique T_m peut-être calculée à partir de la courbe de ralentissement, comme il est indiqué sur la figure suivante et le coefficient de frottement f_r est calculé à partir

de $f_r = \frac{J}{T_m}$ (II.26)

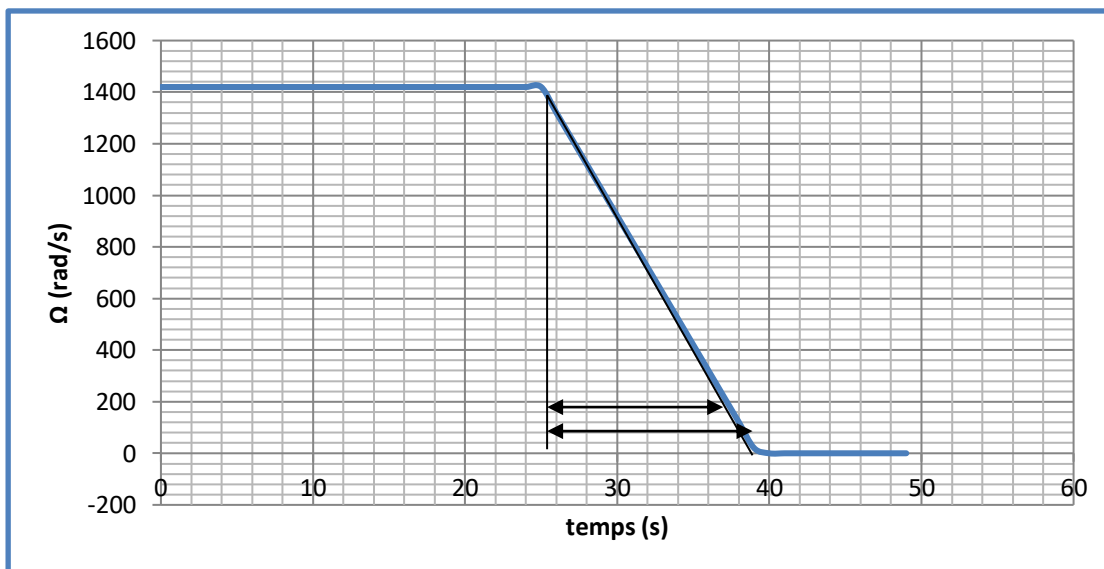


Figure II.7 Courbes expérimentales du ralentissement

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

Application:

$$C_{r0} = \frac{P_{mec}}{\Omega_0} = \frac{19.93}{148.702} = 0.134 \text{ N.m}$$

$$T_m = 10 \text{ s} \quad \text{et} \quad t_f = 13 \text{ s}$$

$$J = t_f \frac{C_{r0}}{\Omega_0} = 13 \left(\frac{0.134}{148.720} \right) = 0.0117 \text{ kg.m}^2$$

$$f = \frac{J}{T_m} = 0.0011731 \text{ kg.m}^2/\text{s}$$

Donc les paramètres identifiés mécaniques :

Les paramètres identifiés mécaniques	Les valeurs
<i>J</i>	0.0117 kg.m ²
<i>F</i>	0.0011731 kg.m ² /s

Tableau II.6 Les paramètres mécaniques

II.7 Validation le résultat

Après avoir déterminé les paramètres de la machine asynchrone à l'aide de la méthode classique, nous exécutons l'étape de simulation pour vérifier la validité du modèle et ajuster ses paramètres, et pour cela nous avons entré les paramètres calculés dans le modèle de simulation Matlabs/simulink.

Deux méthodes d'opération de a vide et de charge sont utilisées.

II.8 Résultat de simulation

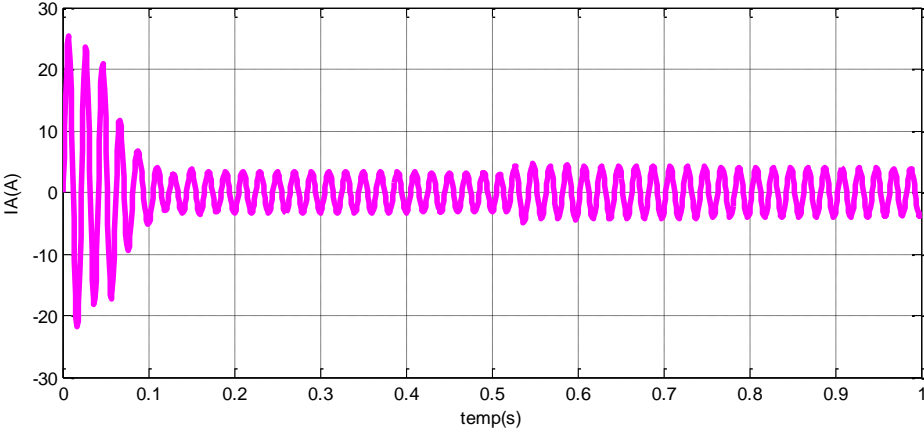


Figure II.8 Courant statorique i_a

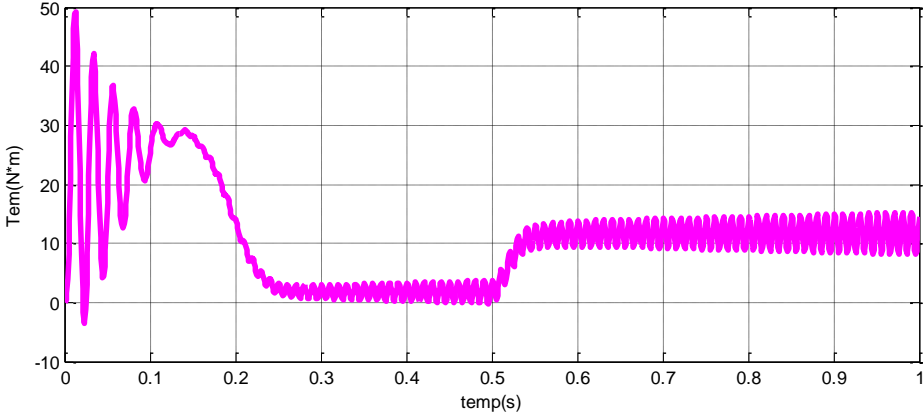


Figure II.9 Couple électromagnétique T_{em}

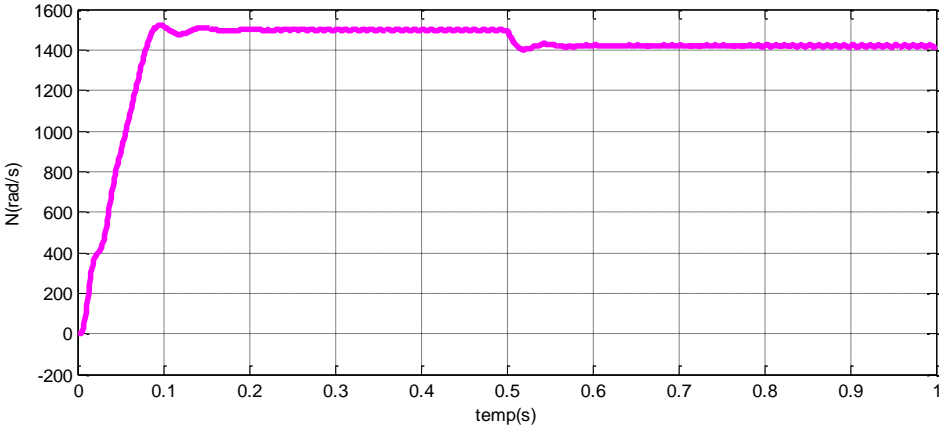


Figure II.10 Vitesse rotorique N

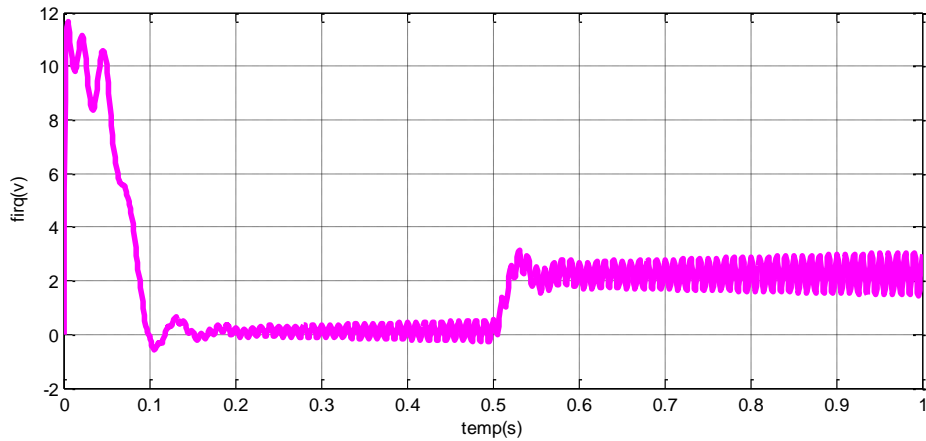


Figure II.11 Flux rotorique

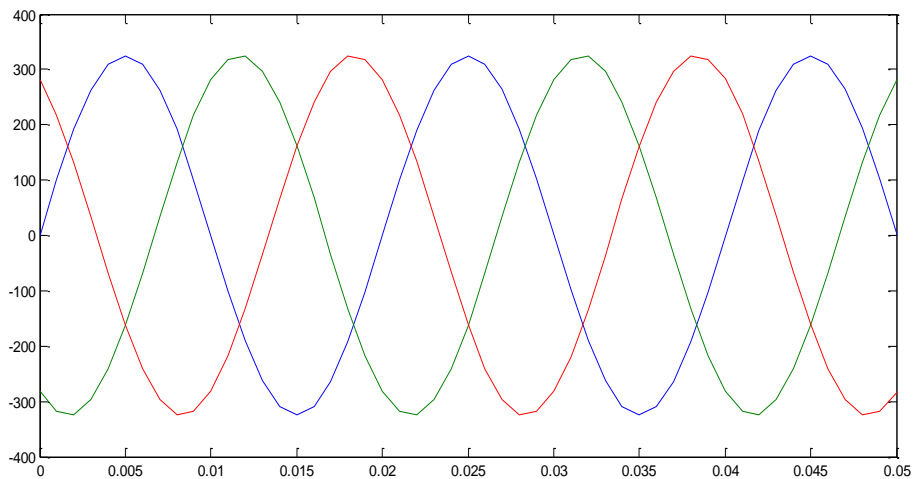


Figure II.12 Source triphasé

Résultats de la simulation de fonctionnement démarrage à vide et à l'instant $t = 0,5$ s on applique une charge de 10 N.m.

On remarque sur la figure (II.8) que l'impulsion de courant constant atteint une valeur réelle de 25,4A puis se stabilise à une valeur de 3,3A qui détermine le courant nécessaire pour magnétiser la machine (sans charge) et lorsqu'une charge est appliquée (10Nm) dans le temps $t=0,5$ s, l'impulsion de courant constant atteint une valeur de 4,1A puis se stabilise à une valeur constante.

On remarque sur la figure (II.9) que dans les premiers instants du démarrage le couple électromagnétique fournit des impulsions sinusoïdales et atteint une valeur maximale de 45

Chapitre II: Identification par la méthode des essais classiques

N.m. Il faut donc appliquer l'inertie du moteur pour obtenir une valeur constante pour compenser les pertes mécaniques.

Lorsqu'une charge ($C_r=10\text{N.m}$) est appliquée, le couple est augmenté pour se stabiliser à la valeur C_r .

Sur la figure(II.10) on remarque que la vitesse évolue en fonction du temps, elle croît linéairement puis se stabilise à environ 1500 rad/s (à vide) et lorsqu'on applique le charge ($C_r=10\text{Nm}$), la vitesse diminue pour s'établir approximativement à 1420 rad/s.

II.9 Conclusion

Dance ce chapitre, nous avons consacré à l'application expérimentale des méthodes classiques de détermination des paramètres des machines asynchrones, et nous avons remarqué que ces méthodes ne sont pas précises qu'elles ont la même valeur de paramètre dans différents tests et sont très utiles dans le cas d'une machine indisponible.

Nous avons également noté que dans tous les essais qui ont été effectués, les paramètres qui ont été identifiés diffèrent d'un paramètre à l'autre et d'un test à l'autre, et cela peut s'expliquer par des erreurs de mesure et de lecture qui ont été commises lors du l'essai.

Nous allons essayer d'utiliser une méthode d'intelligence artificielle pour améliorer ces paramètres et réduire le taux d'erreur, et c'est ce que nous étudierons dans le dernier chapitre.

Chapitre III:

**Identification des paramètres du
MAS par l'utilisation des
techniques d'intelligence artificielle**

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

III.1 Introduction

En engineering plusieurs problèmes nécessitent l'utilisation des méthodes d'optimisation pour approcher ou obtenir une solution optimale. Les méthodes déterministes semblent avoir rempli ce besoin, mais le problème des optimums locaux constitue un véritable piège pour accéder à l'optimum global. D'où, l'utilisation des méthodes méta-heuristiques, qui en général contournent ce problème car ces dernières sont caractérisées par une grande capacité pour trouver l'optimum global [17].

Parmi ces techniques, on cite celles basées sur l'intelligence collective, inspirées de la nature, les plus répandus sont : les algorithmes génétiques(AG), les algorithmes de colonies de fourmis (ACO), plus particulièrement l'optimisation par essaim de particules, en anglais : Particule Swarm Optimization (PSO).

Dans ce chapitre, nous présentons le principe de l'approche PSO, ainsi que son application en vue de l'identification et l'optimisation des paramètres de la machine asynchrone.

III.2 L'intelligence collective

La capacité des insectes sociaux à réaliser des tâches hautement complexes a inspiré les chercheurs à donner lieu au concept d'intelligence collective articulé autour des mécanismes d'auto organisation. L'intelligence d'essaim (Swarm intelligence) est le terme utilisé pour désigner les systèmes d'intelligence artificielle, où le comportement collectif de simples agents est bien apparent. Cette expression a été introduite par Berni et Wang en 1989 dans le contexte des systèmes robotisés cellulaires. Cette capacité de passer du comportement individuels simples à des comportements collectifs complexes et efficaces est appelée "intelligence en essaim" ("Swarm intelligence") ou «intelligence collective » sous domaine de l'intelligence artificielle [18,19].

III.3 Optimisation par Essaim de Particules (Particule Swarm Optimization)

III.3.1 Définition

L'optimisation par essaim de particules (Particule Swarm Optimization) est une méthode d'optimisation stochastique, pour les fonctions non-linéaires, basée sur la reproduction d'un comportement social, le PSO est un algorithme relativement récent de l'érudition computation. Il a été introduit par James Kennedy et Russell Eberhart en 1995. Il porte quelque ressemblance à computation évolutionnaire [2].

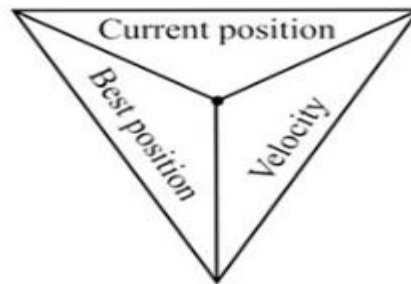


Figure III.1 Structure schématique d'une particule dans l'algorithme PSO.

III.3.2 Origine de la technique PSO

L'origine de cette méthode vient des observations faites lors des simulations informatiques de vols groupés d'oiseaux et de bancs de poissons. Ces simulations ont mis en valeur la capacité des individus d'un groupe en mouvement à conserver une distance optimale entre eux et à suivre un mouvement global par rapport aux mouvements locaux de leur voisinage [6,24].

III.3.3 Principe de l'optimisation par essaim de particules

Ce comportement social basé sur l'analyse de l'environnement et du voisinage constitue alors une méthode de recherche d'optimum par l'observation des tendances des individus voisins. Chaque individu cherche à optimiser ses chances en suivant une tendance qu'il modère par ses propres vécus. En effet, on peut observer chez ces animaux des dynamiques de déplacement relativement complexes, alors qu'individuellement chaque individu a une intelligence limitée et une connaissance seulement locale de sa situation dans l'essaim. Un individu de l'essaim n'a pour connaissance que la position et la vitesse de ses plus proches voisins.

Chaque individu utilise donc, non seulement, sa propre mémoire, mais aussi l'information locale sur ses plus proches voisins pour décider de son propre déplacement [20].

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure III.2 : Groupe de : (a) oiseux, (b) poissons, (c) fourmis, (d) abeilles

Depuis son apparition, PSO a gagné la popularité croissante parmi des chercheurs et des praticiens comme une technique robuste et efficace pour résoudre des problèmes d'optimisation difficiles. Dans le PSO, les particules individuelles d'un essaim représentent des solutions potentielles, qui se déplacent par le problème, fouillent dans l'espace cherchant un optimal, ou assez bon, la solution. La vitesse de chaque particule est ajustée en additionnant avec pondération sa vitesse à l'instant précédente; la différence entre la position précédente et sa meilleure position puis la différence entre la position précédente et la meilleure position globale. Quant à la position elle est mise à jours simplement par l'addition de la vitesse actuelle et la position à l'instant précédente [17].

PSO obtient de meilleurs résultats d'une manière plus rapide, comparé à d'autres méthodes. Une autre raison pour laquelle PSO est attrayant c'est qu'il y a peu de paramètres à ajuster [16].

III.3.4 Principe de base d'un PSO

Dans le PSO, chaque individu de la population est dit (particule), tandis que la population est connue sous le nom (Swarm). Il faut noter, que la particule peut bénéficier des

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

mouvements des autres particules dans la même population pour ajuster sa position et sa vitesse durant le processus d'optimisation [19]. Chaque individu utilise l'information locale à laquelle il peut accéder sur le déplacement de ses plus proches voisins pour décider de son propre déplacement. Des règles très simples comme "rester proche des autres individus", "aller dans la même direction", "aller à la même vitesse" suffisent pour maintenir la cohésion du groupe tout entier

Au départ de l'algorithme, un essaim est réparti au hasard dans l'espace de recherche, chaque particule ayant également une vitesse aléatoire. Ensuite, à chaque pas de temps

- ✓ Chaque particule est capable d'évaluer la qualité de sa position et de garder en mémoire sa meilleure performance.
- ✓ Chaque particule est capable d'interroger certaines de ses congénères de son voisinage et d'obtenir de chacune d'entre elles sa meilleure performance.
- ✓ A chaque pas de temps, chaque particule choisit la meilleure des meilleures performances dont elle à connaissance, modifie sa vitesse en fonction de cette information et de ses propres données et se déplace en conséquence.

A partir des quelques informations dont elle dispose, une particule doit décider de son prochain mouvement, c'est-à-dire décider de sa nouvelle vitesse. Pour ce faire, elle combine trois informations :

- sa vitesse actuelle
- sa meilleure position actuelle
- la meilleure performance (vitesse et position) de ses voisines

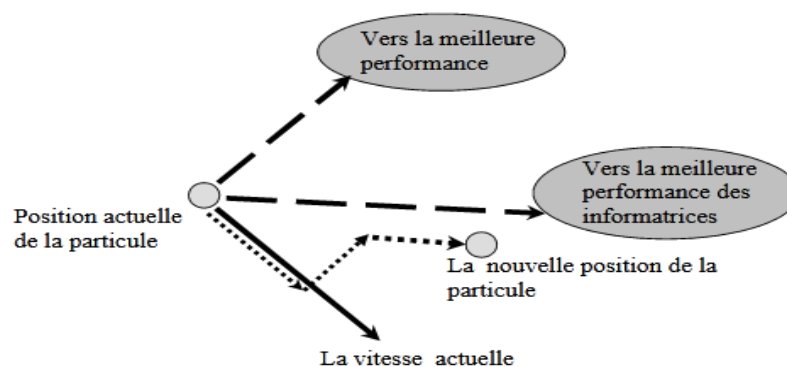


Figure III.3 Déplacement de la particule

Le hasard joue un rôle, grâce à une modification aléatoire limitée des coefficients de confiance, ce qui favorise l'exploration de l'espace de recherche Naturellement, pour pouvoir être programmé, tout ceci est formalisé dans des équations de mouvement. Un point intéressant est que, contrairement à bien d'autres heuristiques qui restent purement

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

expérimentales, il existe une analyse mathématique précisant les conditions de convergence et le choix des paramètres [2].

III.3.5 Formulation

L'essaim de particules est constitué de n particules et la position de chaque particule représente une solution dans l'espace de recherche [21]. Les particules changent d'état selon les trois principes suivants:

- Garder son inertie
- Changer d'état en fonction de sa position la plus optimiste
- Changer d'état selon la position la plus optimiste du groupe.

La position de chaque particule est affectée à la fois par la position la plus optimiste lors des on mouvement (expérience individuelle) et la position de la particule la plus optimiste dans ses environs (expérience globale). La mise à jour de la position $x_i(t)$ et la vitesse $v_i(t)$ d'une particule p_i est représentée par les équations (III.1) et (III.2)

$$v_i = \omega v_i(t) + c_1 r_1 [xp_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)] \quad (\text{III.1})$$

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + v_i(t + 1) \quad (\text{III.2})$$

Où ω est l'inertie

Où les coefficients c_1 , c_2 et r_1 , r_2 sont :

- c_1 et c_2 deux constantes, appelées coefficients d'accélération
- r_1 et r_2 deux nombres aléatoires tirés uniformément dans l'intervalle $[0 ; 1]$.

Les valeurs appropriées de c_1 et c_2 sont de 1 à 2, mais la valeur 2 est le plus approprié dans de nombreux cas.

Les trois composantes d'inertie, cognitive et sociale, sont représentées dans la relation ci-dessus par les termes suivants :

- v_i correspond à la composante physique du déplacement.
- $c_1 r_1 [xp_i(t) - x_i(t)]$ correspond à la composante cognitive du déplacement.
- c_1 pondère les tendances de la particule à vouloir suivre son instinct de conservation et à aller vers sa meilleure position connue.
- $c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)]$ correspond à la composante sociale du déplacement.
- c_1 contrôle l'aptitude sociale de la particule en se rapprochant plus de la meilleure position de ses informatrices [22]

La Figure (III.4) montre le concept de modification d'un point de recherche par le PSO ci-dessus:

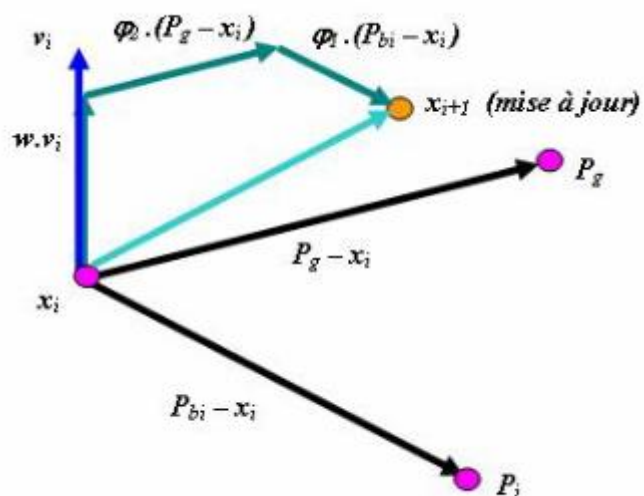


Figure III.4 Modification d'un point de recherche par PSO

Un organigramme pour être dresser comme suit:

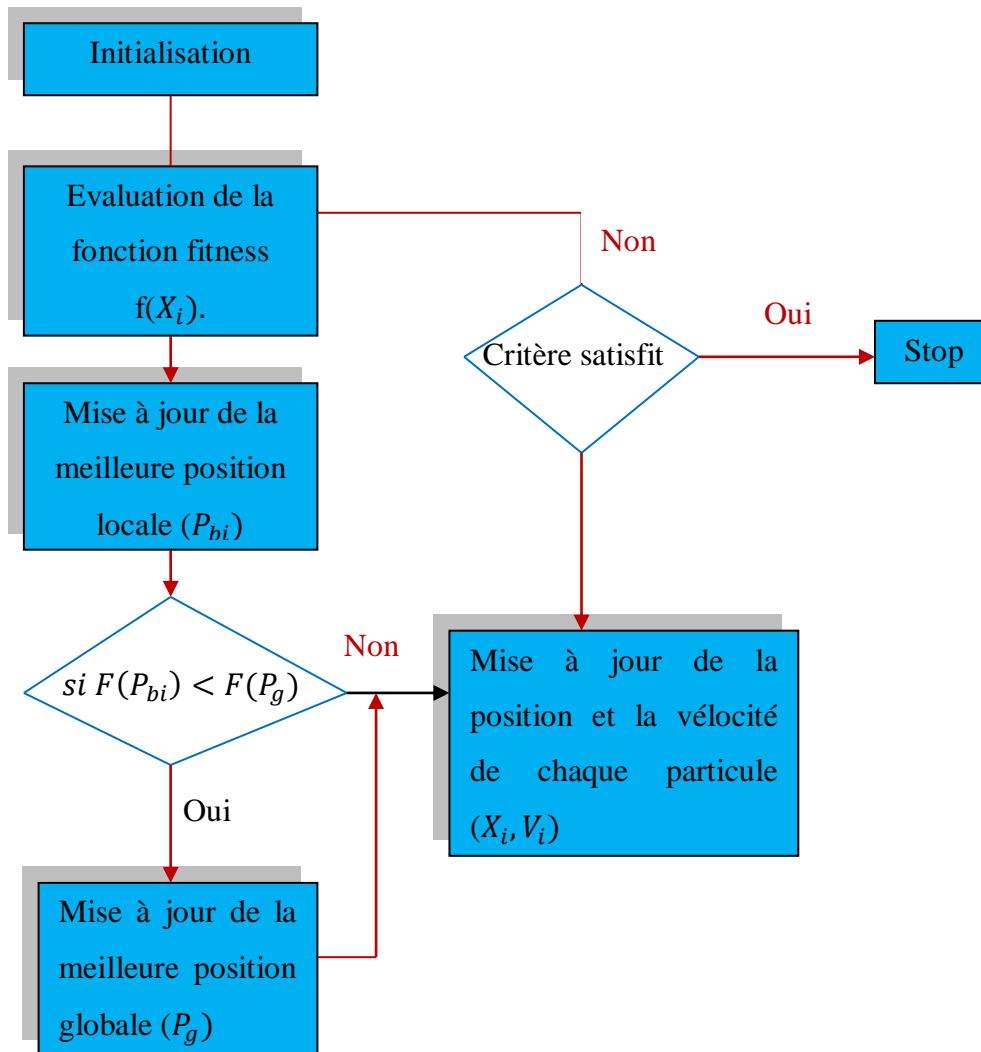


Figure III.5 Organigramme de l’algorithme de PSO

III.3.6 Conception et déroulement de l'algorithme PSO

Pour expliquer le principe de l'algorithme PSO appliqué pour résoudre un problème de minimisation ou de maximisation, considérons le problème d'optimisation:

$$\min \{f(x_i)\}, \quad i=1, 2, 3, \dots \quad (\text{III.3})$$

La fonction fitness associée est:

$$\text{Fitness}(x_j) = f(x_j) \quad (\text{III.4})$$

L'algorithme PSO se déroule suivant les étapes suivantes:

- Etape 1 : Initialiser une population de particules et de vitesses, uniformément réparties dans l'espace de recherche, et fixer le critère d'arrêt.
- Etape 2 : Evaluer la fonction objectif, pour chaque particule.
- Etape 3 : Mettre à jour la meilleure position pour chaque particule et la meilleure position globale dans la population.

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

- Etape 4 : Mettre à jour la position et la vitesse selon les équations (III.3) et (III.4).
- Etape 5 : Vérifier le critère d'arrêt, si ce dernier n'est pas satisfait, aller vers l'étape 2 ; sinon le programme se termine et la solution optimale est produite [20].

III.3.7 Configuration des paramètres [21]

La configuration de PSO nécessite le réglage des paramètres suivant :

- Le nombre de particules
- La vitesse maximale d'une particule, notée V_{max} .
- La topologie et la taille du voisinage d'une particule qui définit son réseau social
- Les coefficients de confiance, notés ρ_1 et ρ_2 , qui pondèrent le comportement conservateur (la tendance à retourner vers la meilleure solution visitée) et le panurgisme (la tendance à suivre le voisinage).

III.3.8 Amélioration des algorithmes PSO

Malgré la simplicité et la facilité de l'utilisation de l'algorithme PSO il présente un risque de divergence ou de convergence rapide qui permet de stagner dans un optimum local, de fait plusieurs améliorations ont été apportées à l'algorithme de base [22].

III.3.8.1 Coefficient de constriction

La combinaison des paramètres ωc_1 et c_2 permet de régler l'équilibre entre les phases de diversification et d'intensification du processus de recherche. L'utilisation d'un coefficient de constriction χ (ou facteur de constriction) permet de mieux contrôler la divergence de l'essaim et de s'affranchir de la définition de V_{max} [23].

Cette variante de PSO, qui a été largement utilisée dans la littérature, est connue sous le nom de l'algorithme PSO canonique. En utilisant le coefficient de constriction, l'équation (III.3) devient :

$$v_i = \omega(v_i(t) + \phi_1 r_1 [xp_i(t) - xi(t)] + \phi_2 r_2 [g(t) - x_i(t)]) \quad (III.5)$$

Avec

$$\chi = \frac{2}{\phi - 2 + \sqrt{\phi^2 - 4\phi}} \quad (III.6)$$

Où $\phi = \phi_1 + \phi_2$, $\phi > 4$

La technique avec coefficient de constriction est équivalente à celle avec coefficient d'inertie, en effet [1] :

$$X \leftrightarrow \omega \quad (III.7)$$

$$c_1 \leftrightarrow X\phi_1 \quad (III.8)$$

$$c_2 \leftrightarrow X\phi_2 \quad (III.9)$$

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

III.3.8.2 Coefficient d'inertie

Le coefficient d'inertie ω , introduit par *Y.Shi* et Eberhart [24], contrôle l'influence de la direction de la particule sur le déplacement futur. Le but de l'introduction de ce paramètre est de réaliser un équilibre entre la recherche locale (exploitation) et la recherche globale (exploration). L'intensité de l'exploration de l'espace de recherche dépend de la valeur du poids d'inertie, une grande valeur de ω facilite l'exploration globale, alors qu'une petite valeur facilite l'exploration locale. Du fait de son influence sur les performances de l'algorithme PSO, le poids d'inertie a suscité un grand intérêt de la part de la communauté des chercheurs. Dans, les auteurs ont proposé un coefficient d'inertie dynamique qui varie au cours du temps. Il commence par une valeur proche de 0,9 et descend linéairement pour arriver à 0,4. Cette stratégie a beaucoup amélioré les performances du PSO dans plusieurs problèmes d'optimisation. Le coefficient d'inertie ω varie linéairement avec le temps selon la formule suivante :

$$\omega = \omega_{min} + (\omega_{max} - \omega_{min}) \frac{iter}{iter_{max}} \quad (III.10)$$

Où $iter$ est l'itération courante et $iter_{max}$ est le nombre maximal d'itérations. Les coefficients ω_{max} et ω_{min} désignent respectivement les valeurs maximum et minimum du coefficient.

III.3.9 Notion de voisinage

La topologie du voisinage défini avec qui chacune des particules va pouvoir communiquer. Deux types de topologies sont généralement considérés : les voisinages géographiques et les voisinages sociaux.

III.3.9.1 Les voisinages géographiques

Les voisins d'une particule sont ses voisines les plus proches. Ce type de voisinage impose l'utilisation d'une distance pour recalculer à chaque itération (ou toutes les k itérations) les voisins de chaque particule [2].

La figure III.6 montre un exemple où les voisins d'une particule sont les deux particules qui lui sont le plus proche

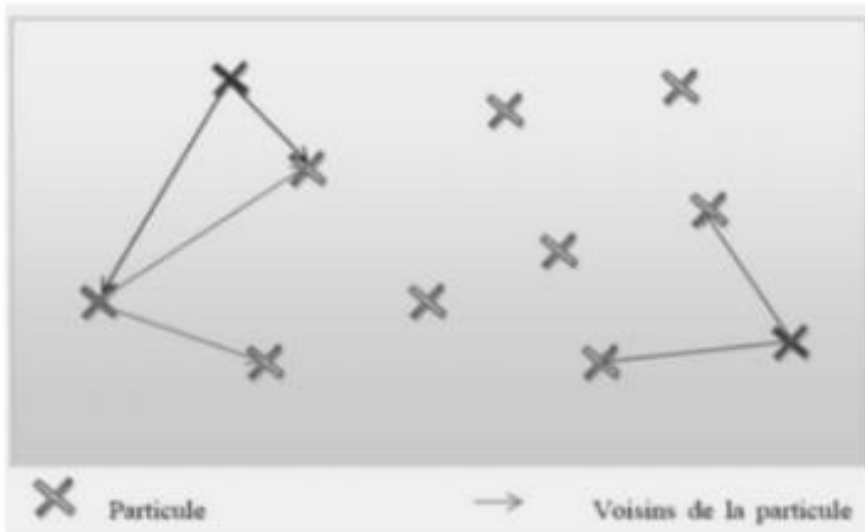


Figure III.6 Exemple de voisinage géographique

III.3.9.2 Les voisinages sociaux

Les voisinages sont établis à l'initialisation et ensuite ne sont pas modifiés. Il existe différentes structures de voisinages sociaux [2],

La figure III.7 en montre deux exemples, le voisinage en ligne et colonne, le voisinage en cercle.

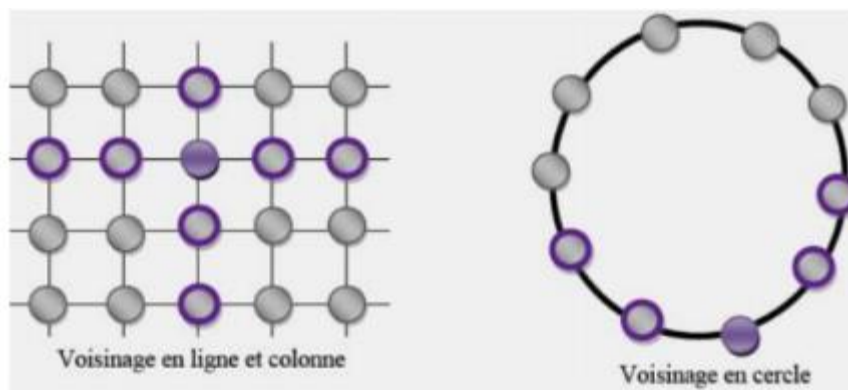


Figure III.7 Deux exemples de voisinage social

Si l'on se réfère à la version standard du PSO résumée par l'algorithme précédant, la meilleure particule g est choisie à partir de la population entière, c'est une topologie entièrement connectée. Cette version de PSO est appelée version "globale" à l'inconvénient majeur de ne pas donner lieu à une exploration suffisante, ce qui peut conduire à une stagnation dans un optimum local et donc à une convergence prématurée.

Par exemple, la fonction d'Ackley représentée sur les figures (III.8), avec sa forme en d'entonnoir assez simple, semble à grande échelle ne présenter qu'un minimum global.

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

Cependant à l'aide d'un agrandissement on remarque que sa forme est beaucoup plus complexe et présente de nombreux minimum locaux dans la région du minimum global.

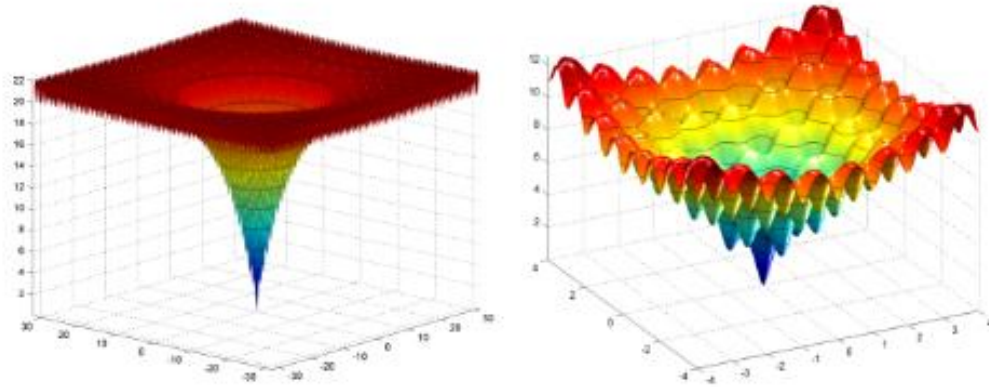


Figure III.8 Représentation tridimensionnelle de la fonction d'Ackley [2]

On trouve aussi une version dite "locale" du PSO, Elle utilise un graphe d'information circulaire. Les particules de l'essaim sont virtuellement disposées en cercle et numérotées séquentiellement à partir de 1 en parcourant le cercle. La particule n'est donc plus informée par toutes les particules.

Bien qu'elle converge moins rapidement que la version globale, la version "locale" de la technique PSO donne de meilleurs résultats, car elle est moins sujette à l'attraction par des minima locaux

Exemple:

L'expression analytique d'une fonction:

$$F(x)=10*(x(1)-1)^2+20*(x(2)-2)^2+30*(x(3)-3)^2$$

Les paramètres suivants ont été adoptés pour l'algorithme PSO :

- Nombre de particules = 100
- Nombre maximal d'itération = 1000
- Facteur personnel d'accélération : $c1 = 2,0$
- Facteur global d'accélération : $c1 = 2,0$
- Valeur max du coefficient d'inertie : $\omega_{min} = 0,4$
- Valeur min du coefficient d'inertie : $\omega_{max} = 0,9$

Final Results:

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

Best fun =9.3941

Best run =7

Best variables = [0.4377 1.4569 3.1054]

Temps d'exécution:16.969045s

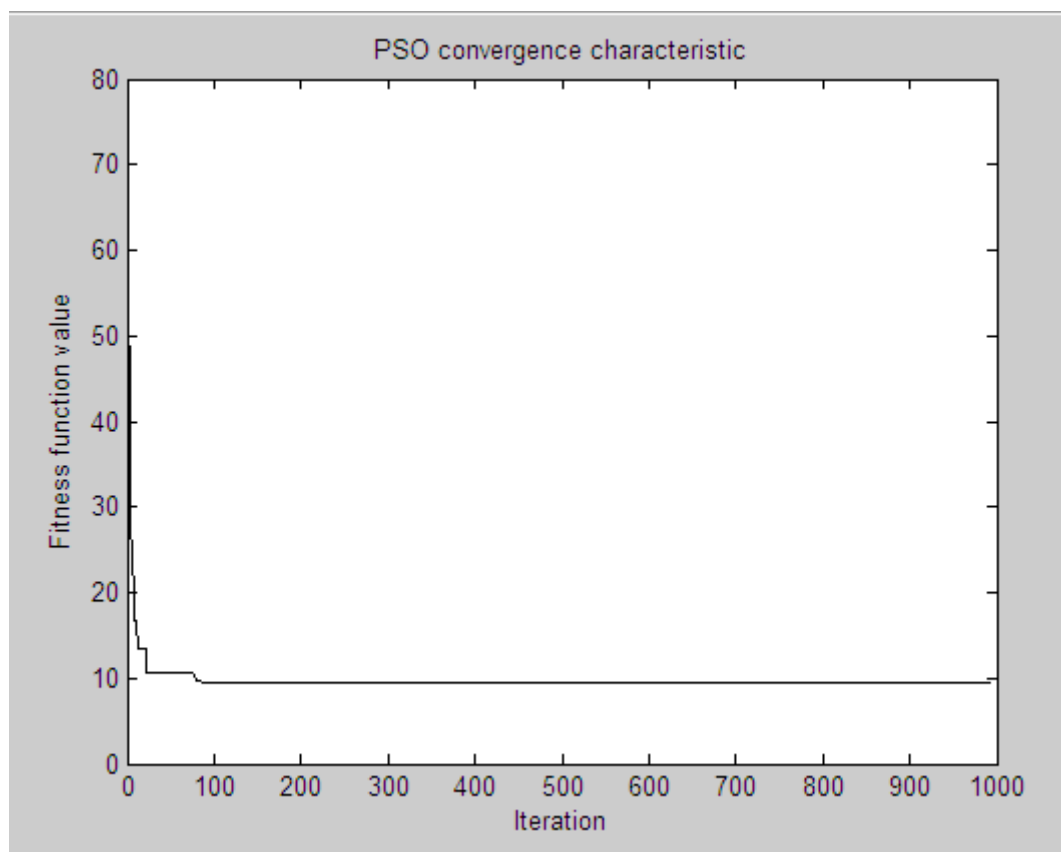


Figure III.9 Résultat de l'optimisation de la fonction tridimensionnelle avec contraintes

III.3.10 Avantages et inconvénient de la technique PSO [2,17]

III.3.10.1 Les Avantages

- Peut converger rapidement vers des bonnes solutions.
- Implémentations simples, avec peu de paramètres.
- Versatilité : peut résoudre beaucoup de différents problèmes.

III.3.10.2 Les inconvénients

- Tendence à une convergence rapide et prématurée en milieu Optimum
- Convergence lente en phase de recherche détaillée (faible capacité de recherche locale)
- Choix des paramètres d'optimisation, ces derniers sont le plus souvent spécifiques pour chaque type de problème.

III.4 Application de l'algorithme PSO à l'identification et l'optimisation des paramètres d'un moteur asynchrone [25]

Contrairement à la modélisation mathématique, l'identification est une approche expérimentale, lors de laquelle un modèle issu de connaissances a priori est optimisé à partir des données mesurées afin d'approcher le plus fidèlement possible le comportement du système réel. La méthode d'identification repose sur la comparaison entre les sorties de modèle représentant le moteur asynchrone et celles mesurées sur le moteur réel. Cette partie est consacrée à l'identification et l'optimisation par la technique PSO des paramètres électriques de moteur asynchrone.

L'identification des paramètres de MAS est basé sur la comparaison entre les sorties d'un modèle numérique représentant la dynamique de la machine asynchrone et celles mesurées sur la machine réelle. Les paramètres du modèle sont ajustés à l'aide d'un algorithme PSO de manière à minimiser l'erreur quadratique de sortie.

La machine réelle et son modèle sont alimentés par la même source d'entrée U_s , les sorties réelles et estimées qui sont comparées pour créer le vecteur d'erreur. Ensuite, l'algorithme ajuste les paramètres du vecteur des paramètres afin de minimiser une fonction objectif liée à l'erreur.

Généralement, on choisit un critère intégral telle que l'erreur quadratique intégrale (*Integral Squared Error* : ISE) comme index de performance.

L'expression dans le temps continu du critère ISE est donnée par:

$$ISE = \int_{t_1}^{t_2} e^2(t) dt \quad (III.11)$$

Dans le cas du moteur asynchrone triphasé, la stratégie d'identification mise en œuvre dans ce travail est basée sur un processus répétitif exploitant l'erreur entre les sorties respectives de la machine réelle et de son modèle défini dans le référentiel stationnaire $\alpha\beta$ (Figure III.10)

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

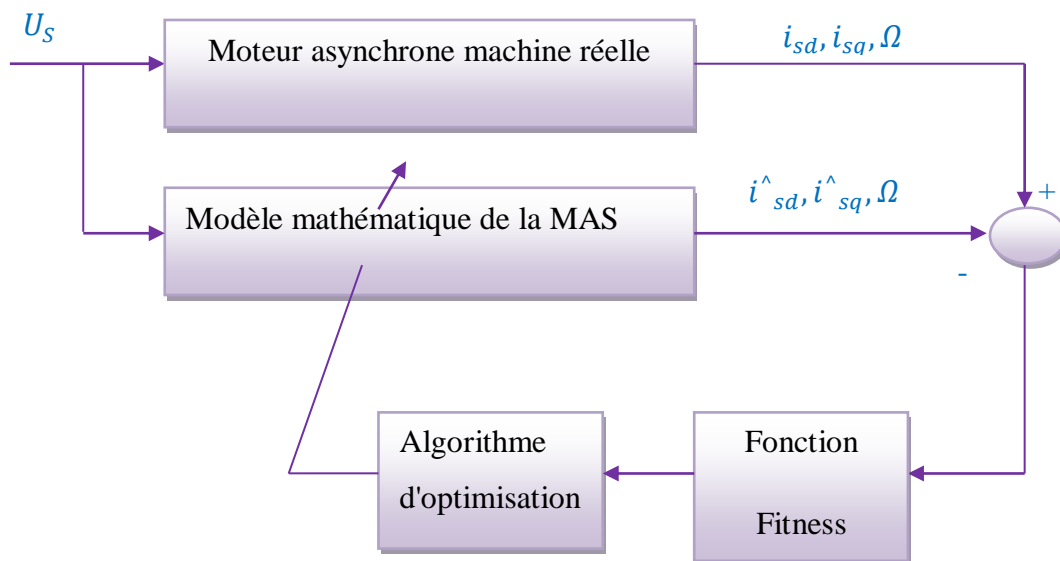


Figure III.10 Structure de l'algorithme de PSO d'identification des paramètres du MAS

Le système illustré dans la figure ci-dessus est présenté le principe d'application de l'algorithme d'optimisation POS pour d'identifier les paramètres du MAS, les courants mesurés et estimés sont modèle sont excités par les mêmes entrées U_s ($U_{s\alpha}$ et $U_{s\beta}$); les courants mesurés et estimés sont comparés pour minimiser l'erreur quadratique d'une fonction objective, ce sera la fonction de cout pour évaluer l'algorithme d'optimisation:

$$Fitness = ISE = \sum_{k=1}^k \{k(i_{s\alpha} - \hat{i}_{s\alpha})^2 + k.(i_{s\beta} - \hat{i}_{s\beta})^2 + k.(\Omega - \hat{\Omega})^2 \quad (III.12)$$

K : le nombre d'itération

III.4.1 Implantation de la technique d'identification

Pour déterminer les paramètres de la machine asynchrone, nous avons procédé en deux parties. Les courants et la vitesse du moteur ont été recueillis sur un modèle de simulation. Pour rendre ces données plus réalistes.

- le schéma d'implantation dans Matlab/Simulink du modèle de simulation est donné par la figure(III.11), le fichier script Matlab, est mentionné en annexe. Après plusieurs essais, nous avons opté pour les choix suivants :

- Nombre de particules : 30
- Nombre maximal d'itérations: 100

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

- Facteur d'accélération personnel et global : $C1 = 1,5$ $C2 = 2$
- La valeur du coefficient d'inertie : $\omega m = 1$.
- Simulation d'horizon (temps) de fonctionnement répété : 1s.

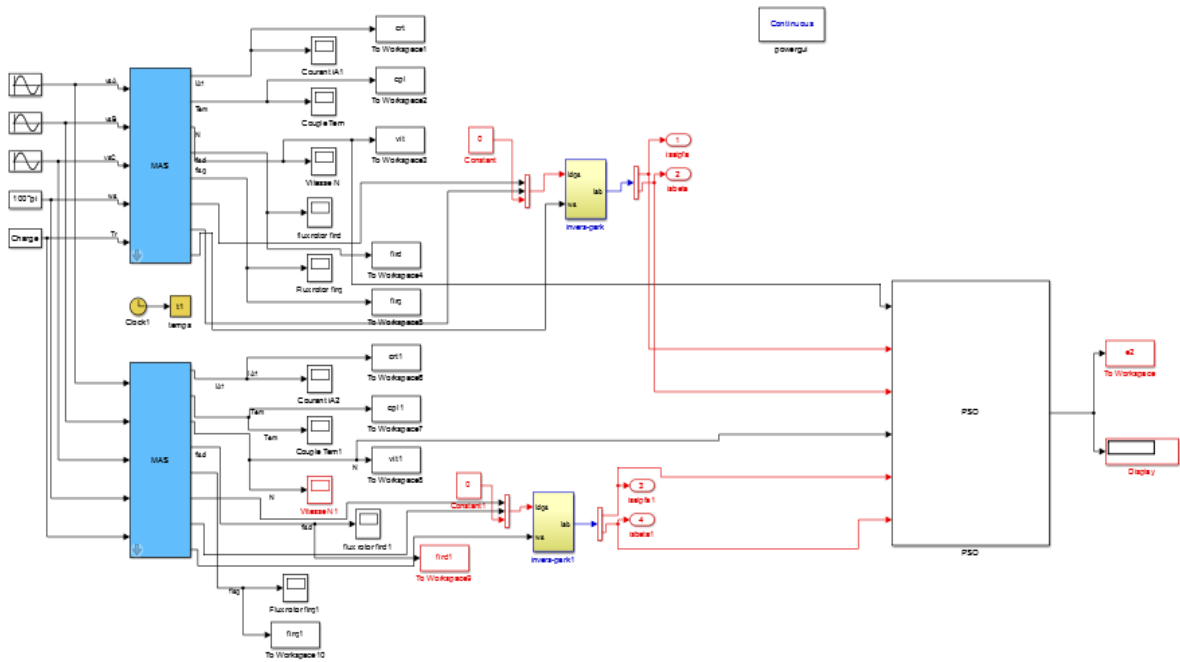


Figure III.11 Schéma bloc d'identification de des paramètres de la machine asynchrone par PSO

Après avoir fait plusieurs tests pour modifier les valeurs de plusieurs paramètres de l'algorithme, nous avons obtenu les résultats ci-dessous.

Le tableau suivant résume les résultats de l'estimation, montrant les valeurs réelles et paramètres estimés.

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

Parameters	Réelle	Estime	Erreur%
R_s	6.48186	6.46186	0.308
R_r	4.0339	3.8389	4.834
L_s	0.2990	0.2997	0.234
L_r	0.2990	0.3050	2.006
M	0.2844	0.2734	3.867
J	0.0117	0.0110	5.982

Tableau III.1 Résultats de l'estimation des paramètres du MAS

On note que la détermination des valeurs de la partie rotor R_r , L_r , M est satisfaisante, mais les valeurs du stator sont meilleures avec un pourcentage de $R_s = 0,308\%$ et $L_s = 0,234\%$, ce qui signifie que la précision est excellente.

III.5 Validation de l'identification

Le but de cette simulation est de valider le modèle basé sur la méthode d'optimisation par essaim de particules avec la méthode de test classique, et nous analysons le comportement lorsque l'alimentation de l'appareil par une source triphasée

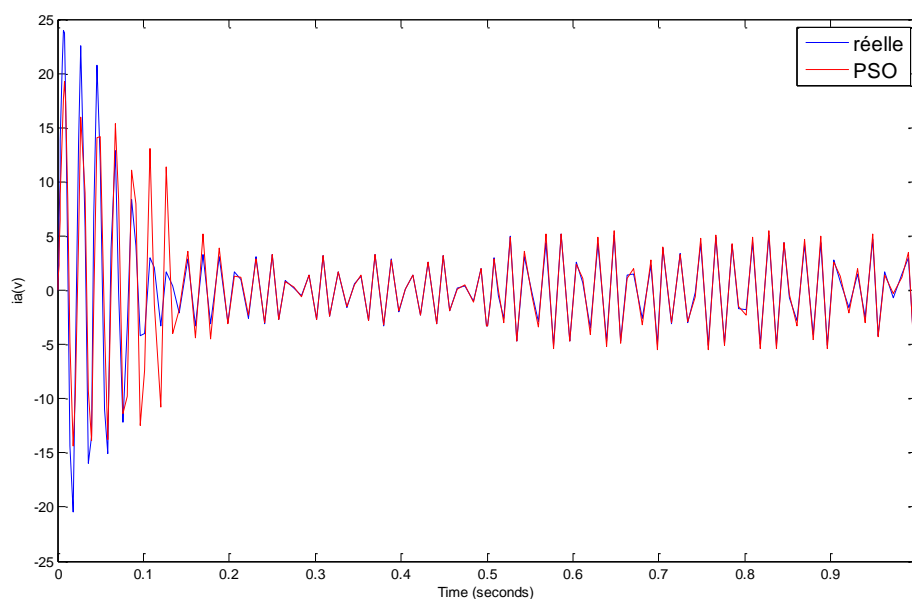


Figure III.12 Courant ia

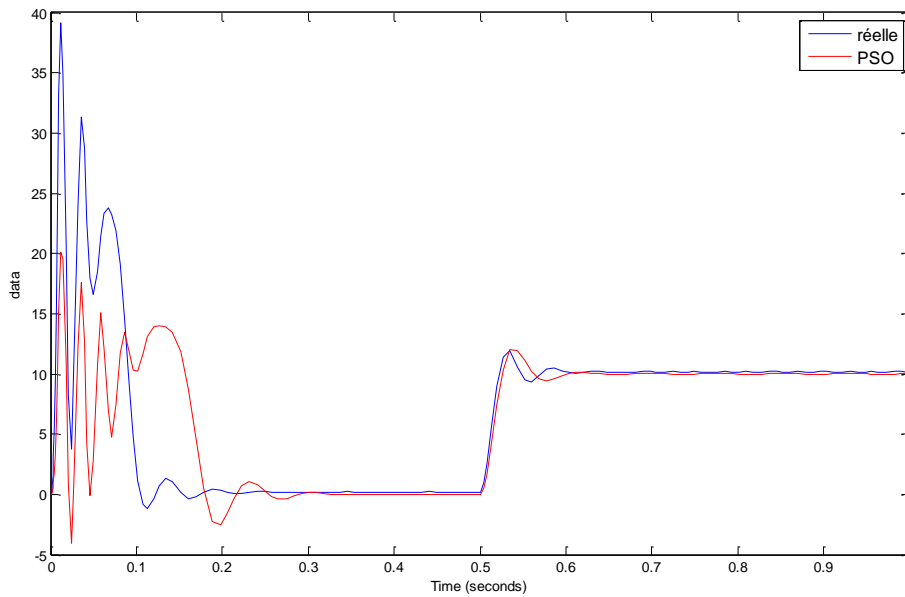


Figure III.13 Couple électromagnétique Ce

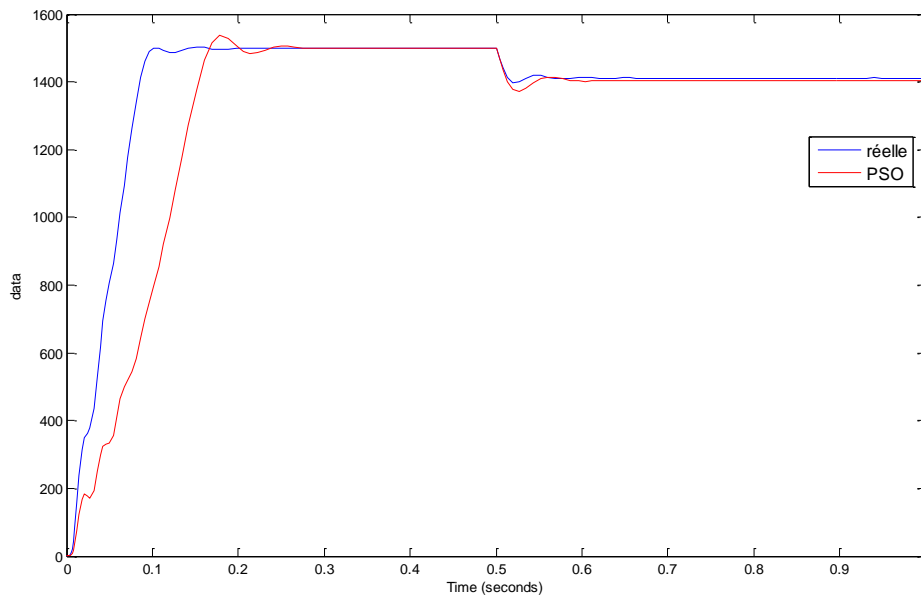


Figure III.14 Vitesse N

Les résultats de la simulation commencent sans charge suivis de l'application d'une charge de 10 Nm.

Chapitre III: Identification des paramètres du MAS par l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle

Les courbes ci-dessus montrent les évolutions des quantités de vitesse, de couple et d'intensité du courant pendant le temps de simulation de $t = 0s$ à $t = 1s$, et les modes de fonctionnement de MAS à vide et en charge respectivement.

En ce qui concerne les résultats est in convergé vers les résultats réels obtenus avec des petites erreurs, nous pouvons conclure que la technique de sélection basée sur l'optimisation PSO que nous avons étudiée dans ce chapitre permet de déterminer de manière satisfaisante les paramètres de la machine asynchrone.

III.6 Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de définir les paramètres de la machine asynchrone en utilisant la méthode de l'intelligence artificielle, qui consiste en une optimisation par essaim de particules (PSO) qui optimise ces paramètres et réduit le taux d'erreur, ce qui est le meilleur que la méthode classique de détermination des paramètres de la machine asynchrone.

Conclusion générale

Conclusion générale

Nous avons abordé dans ce mémoire une étude comparative des différentes techniques de détermination des paramètres d'une machine asynchrone triphasée à cage d'écurueil par l'utilisation des tests classiques et la méthode intelligente d'optimisation par essaim de particules (PSO) afin de savoir laquelle de ces méthodes nous donnent de meilleurs résultats en termes de précision, d'estimation et de convergence.

L'identification paramétrique des machines électriques en particulier constitue un axe de recherche très important dans le domaine de la commande des entraînements électriques. Bien que l'identification semble facile, mais elle nécessite des connaissances des options d'identification de la machine asynchrone liées par le type et la validation des formulaires, des tests expérimentaux, le choix des critères d'optimisation et algorithme d'optimisation.

Dans le premier chapitre, nous avons modélisé mathématiquement la machine asynchrone, en partant de la description de la machine asynchrone en passant par son principe de fonctionnement, et sur la base de quelques hypothèses simplifiées, nous avons créé un modèle mathématique qui nous a permis de connaître le modèle de la machine asynchrone, qui est un système avec des équations différentielles, et pour le simplifier nous avons utilisé la transformation de Park .

Nous avons étudié dans le deuxième chapitre l'identification classique du moteur à partir d'essais (marche à vide, rotor bloqué, ralenti). Ces essais sont nécessaires pour déterminer les paramètres électriques et mécaniques. Les résultats obtenus montrent des valeurs estimées très proches des valeurs réelles. Des simulations ont été réalisées à l'aide du programme Matlab/SIMULINK pour vérifier l'exactitude des procédures d'identification.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté une classification des techniques d'optimisation utilisant la méthode de l'intelligence artificielle, comme nous en avons présenté certaines, et nous nous sommes appuyés sur la méthode d'optimisation par essaim de particules (PSO) après avoir connu cet algorithme, son mode de fonctionnement, ses avantages et ses inconvénients Nous nous intéressons à la détermination des paramètres d'une machine asynchrone triphasée. Nous avons implémenté la stratégie d'identification dans le programme MATLAB / SIMULINK pour estimer les paramètres des inductances statorique et rotoriques (R_s, R_r, L_s, L_r), l'inductance de mutuelle (M), et l'inertie J sur la base d'un processus itératif qui exploite les erreurs entre les sorties de la machine réelle et son modèle dans la référence fixe. Dans ce chapitre permettent la détermination des paramètres de MAS par l'utilisation de la technique PSO donne de meilleurs résultats que les essais classiques.

Conclusion générale

Le travail étudié dans ce mémoire ouvre des perspectives de recherche qui peuvent améliorer notre étude :

- L'utilisation des autres méthodes hybrides d'identification d'intelligence (PSO-GA, Les réseaux de neurones).
- L'application les paramètres dans les différentes commande (vectorielle, DTC).
- Validation les paramètres identifiés par le test de la robustesse des commandes modernes.

Bibliographique

Bibliographique

- [1] A. SERIER REDHA "Estimation des paramètres d'une machine asynchrone à cage". "Mémoire de Magister, Université SAAD DAHLAB de BLIDA 2017.
- [2] B. Sidi Mohammed Et B. Bounouar "Détermination des paramètres d'un moteur asynchrone par différentes techniques d'identification "Mémoire de master, Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen2020.
- [3] M. Lamine et A.Traoré " Modélisation et simulation d'un machine asynchrone à cage à l'aide du logiciel Matlab/Simulink " MSAS, Bamako2002.
- [4] B. Ouahid "contribution à l'analyse des onduleurs multi niveaux "Mémoire de Magister, Université de Batna 2005
- [5] H. Safi Allah "Commande par retour d'état linéarisation d'un machine asynchrone et sans défaut " Mémoire Magister de l'Université Msila 2003.
- [6] Y. Cooren "Perfectionnement d'un algorithme adaptatif d'optimisation par essaim particulaire - applications en génie médical et en électronique "thèse de Doctorat, Université du Paris 2008.
- [7] <https://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/moteur-asynchrone/>
- [8] L. Mohamed "Identification des paramètres de la machine asynchrone triphasée." Mémoire de Magister, Université SAAD DAHLAB de BLIDA2012.
- [9] B. Mohamed "Identification paramétrique de la machine asynchrone" Mémoire de Magister, Université d'oran Mohammed Boudiaf 2013.
- [10] R.CHERG "identification des paramètres d'une MAS" Mémoire de Magister, Université de Batna 2015.
- [11] R.Mohamed, "Simulation et réalisation d'un onduleur de tension monophasé à trois niveau". Mémoire de fin d'étude, institut d'électrotechnique, université de Batna 2002.
- [12] T. Fouad et M. Noura "Modélisation et commande de onduleurs multi niveaux asymétriques " PFE U.S.T.H.B 2004.

Bibliographique

- [13] M. Benyahia "commande non linéaire et prédictive application à la machine asynchrone" Mémoire de magister, Université de Batna 2001.
- [14] Chaiche, K., and M. Ben Halis. "Application de la technique de linéarisation par retour d'état à la commande d'une machine asynchrone." Mémoire d'ingénieur d'électronique, Option Contrôle, Université de Msila (2003).
- [15] <https://www.google.com/search?q=google+traduction&oq=&aqs=chrome.0.35i39i362l8.52313509j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
- [16] O. Chao and W. Lin, "Comparison between PSO and GA for Parameters Optimization of PID Controller", Proceedings of the 2006 International Conference on Mechatronics and Automation > 2471 - 2475.
- [17] B. Smail "Contribution à la Commande Robuste d'une Machine Asynchrone par la Technique PSO «Particule Swarm Optimization »" Mémoire de Magister, Université de Batna 2009.
- [18] James Kennedy & Russell C. Eberhart, "Swarm Intelligence", Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
- [19]. Maurice Clerc, L'optimisation par essaim particulaire, Tutorial pour PSO 2003-
http://www.particleswarm.net/oep_2003
- [20] B. Christian and D. Merkle "Swarm Intelligence, Introduction and Applications" Springer, 2008, ISBN: 987-3-540-74088-9.
- [21] I. B. Rabie "Optimisation par Essaim de Particules Application à un système complexe" Mémoire de Magister, Université Batna 2
- [22] A. Souhila "Etude de l'Identification d'un Système d'Ordre Fractionnaire" Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra 2020.
- [23] E. Abbas "Perfectionnement des algorithmes d'Optimisation par Essaim Particulaire: Applications en segmentation d'images et en électronique" Thèse de Doctorat Université PARIS-EST 2012.

Bibliographique

[24] Shi, Yuhui, and Russell C. Eberhart. "Empirical study of particle swarm optimization." Proceedings of the 1999 congress on evolutionary computation-CEC99 (Cat. No. 99TH8406). Vol. 3. IEEE, 1999.

[25] A. Tidjani et B. Amoudi : "Identification paramétrique d'un moteur asynchrone à cage d'écureuil par la technique« Optimisation d'Essaim de Particules »". Mémoire de Magister, Université KASDI MERBAH OUARGLA 2016.

Annexes

Annexes

Annexe A :

Le plaque sinitique de moteur asynchrone à cage d'écureuil:

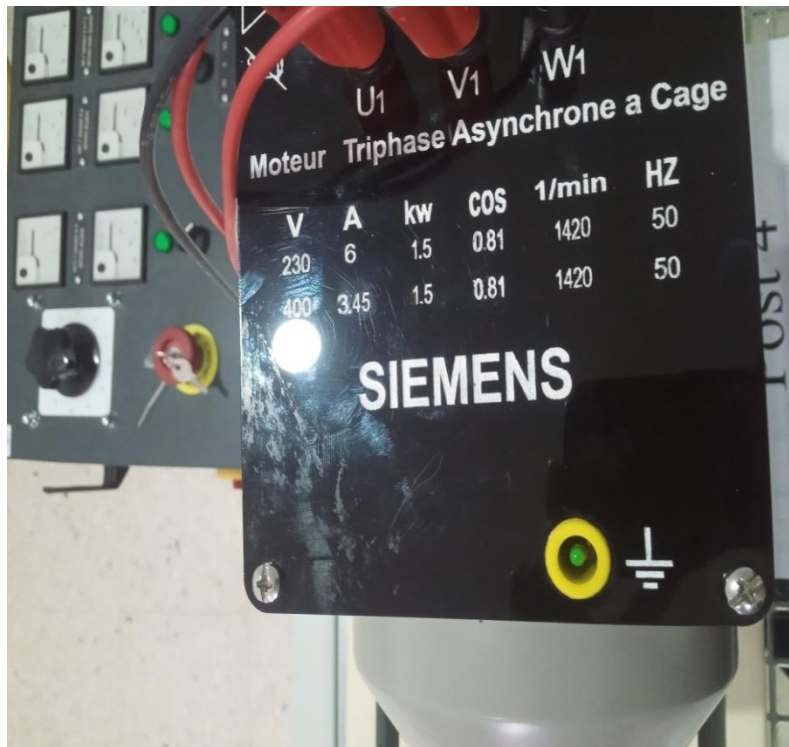
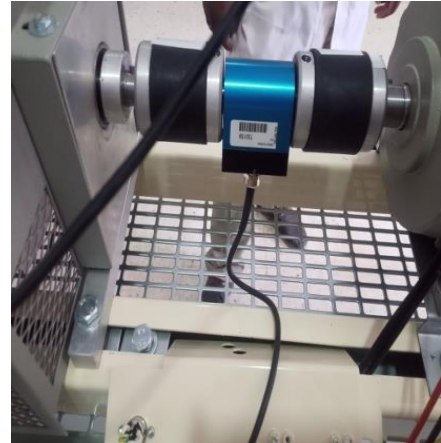


Schéma de montage de l'essai à vide au la boratoire:



Annexes

Capteur de couple



Frein à poudre



Capteur de vitesse



Annexes

Power analyser PPA 500



Parameters électrique

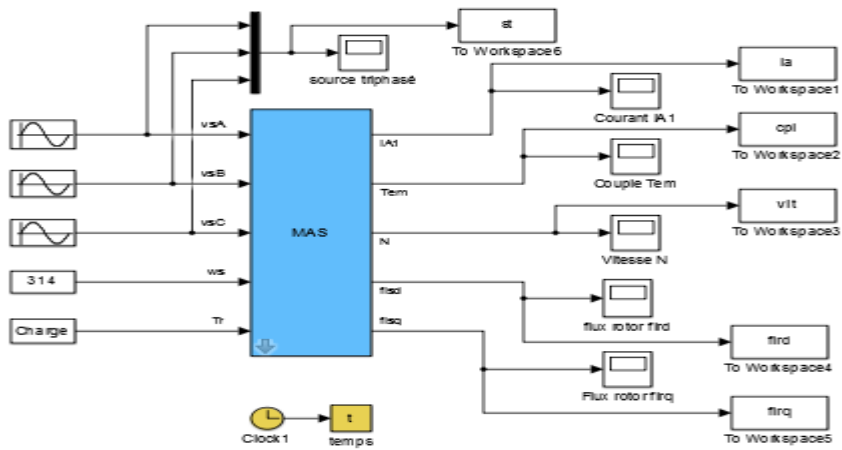
Les paramètres identifiant	les valeurs
R_s	6.48186 Ω
R'_r	4.0339 Ω
L_s	0.299 H
L_r	0.299 H
L_m	0.2844 H

Parameters mécaniques

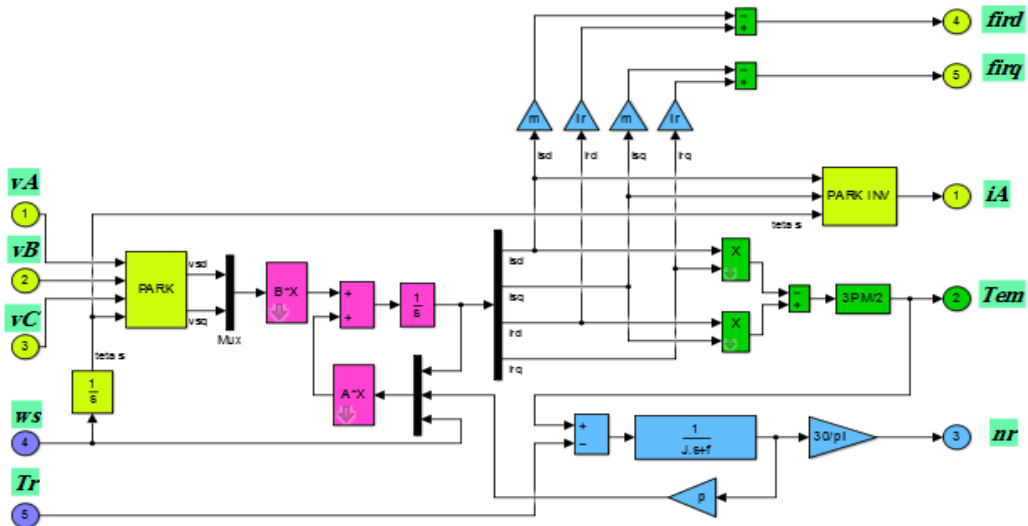
Les paramètres identifiées mécaniques	Les valeurs
J	0.0117 $kg.m^2$
F	0.0011731 $kg.m^2/s$

Annexes

Le schéma de simulation

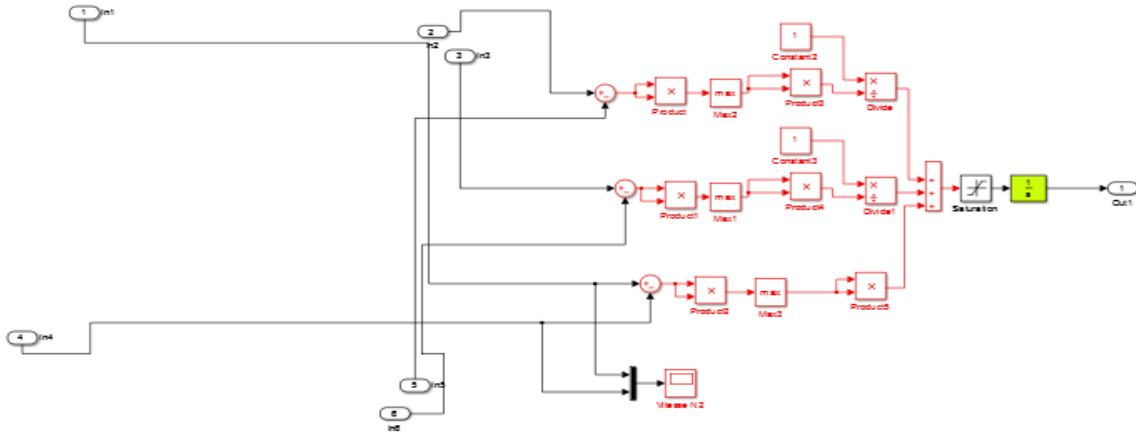


Modél de machin asynchrone:



ANNEXE B

Block PSO



Code PSO

```

clc; clear;
close all;
global Rs Rr Ls Lr M J
Rs = 6.48186;
    Rr = 4.0339;
    Ls = 0.299;
    Lr = 0.299;
    M = 0.2844;
    J = 0.0117;

disp('wait!!PSO run')% attention message
%% Problem Definition
CostFunction=@(x)tracklsq1(x); % Cost Function
nVar=6; % Number of Decision Variables
VarSize=[1 nVar]; % Size of Decision Variables Matrix
VarMin=[1 1 0.1 0.1 0.01 0.001]; % Lower Bound of Variables
VarMax=[10 10 1 1 0.3 0.02]; % Upper Bound of Variables
%% PSO Parameters
MaxIt=20; % Maximum Number of Iterations
nPop=50; % Population Size (Swarm Size)
% PSO Parameters
w=1; % Inertia Weight
wdamp=0.99; % Inertia Weight Damping Ratio
c1=1.5; % Personal Learning Coefficient
c2=2.0; % Global Learning Coefficient
% % Constriction Coefficients

```

Annexes

```
phi1=2.05;
phi2=2.05;
phi=phi1+phi2;
chi=2/(phi-2+sqrt(phi^2-4*phi));
w=chi;      % Inertia Weight
wdamp=1;    % Inertia Weight Damping Ratio
c1=chi*phi1; % Personal Learning Coefficient
c2=chi*phi2; % Global Learning Coefficient
%% Initialization
empty_particle.Position=[];
empty_particle.Cost=[];
empty_particle.Velocity=[];
empty_particle.Best.Position=[];
empty_particle.Best.Cost=[];
particle= repmat(empty_particle,nPop,1);
GlobalBest.Cost=inf;
for i=1:nPop
% Initialize Position
    particle(i).Position=unifrnd(VarMin,VarMax,VarSize);
% Initialize Velocity
    particle(i).Velocity=zeros(VarSize);
% Evaluation
    particle(i).Cost = CostFunction(particle(i).Position);
% Update Personal Best
    particle(i).Best.Position=particle(i).Position;
    particle(i).Best.Cost=particle(i).Cost;

% Update Global Best
if particle(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost

    GlobalBest=particle(i).Best;
end
end
BestCost=zeros(MaxIt,1);

%% PSO Main Loop
for it=1:MaxIt
for i=1:nPop
% Update Velocity
    particle(i).Velocity = w*particle(i).Velocity ...
        +c1*rand(VarSize).*(particle(i).Best.Position-particle(i).Position) ...
        +c2*rand(VarSize).*(GlobalBest.Position-particle(i).Position);
% Update Position
    particle(i).Position = particle(i).Position + particle(i).Velocity;

% Evaluation
    particle(i).Cost = CostFunction(particle(i).Position);

% Update Personal Best
if particle(i).Cost<particle(i).Best.Cost
```

Annexes

```
        particle(i).Best.Position=particle(i).Position;
    particle(i).Best.Cost=particle(i).Cost;
% Update Global Best
if particle(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost
    GlobalBest=particle(i).Best;
end
end
end
    BestCost(it)=GlobalBest.Cost;
    BestSol = GlobalBest;
    disp(['Iteration ' num2str(it) ' : Best Cost = ' num2str(BestCost(it))]);
% f(it,:)= [Rs Rr Ls Lr M J]
    w=w*wdamp;
end
%% Results
figure(1);
% plot(BestCost,'LineWidth',2);
semilogy(BestCost,'LineWidth',2);
xlabel('Iteration');ylabel('Best Cost');grid on;
%%
x=BestSol.Position;
tracklsq(x);
```

ملخص:

العمل المقدم في هذه المذكرة يهدف الى نمذجة الالة غير المتزامنة وتحديد المعلمات او المقادير المميزة الكهربائية والميكانيكية باستخدام طرق تحديد مختلفة.

ولتحديد هذه المعلمات استخدمنا طريقتين طريقة تعتمد على الاختبارات الكلاسيكية وطريقة ذكية لتحسين النتائج التي تم الحصول عليها من الاختبارات الكلاسيكية التي تعتمد على التحسين بواسطة الجسيمات (psو).

الكلمات المفتاحية: نمذجة, الالة غير متزامنة, معلمات كهربائية وميكانيكية, تحسين سرب الجسيمات (psو).

Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire vise à modéliser la machine asynchrone et à identifier ses paramètres électriques et mécaniques à l'aide de différentes méthodes.

Pour identifier ces paramètres, nous avons utilisé deux méthodes, une méthode basée sur des tests classiques et une méthode intelligente pour améliorer les résultats obtenus à partir des essais classiques. la méthode intelligente basée sur l'optimisation par essaim de particules (PSO).

Les mots clés: Modélisation, machine asynchrone, paramètres électriques et mécaniques, optimisation des essaims de particules (psو)

Abstract

The work presented in this memory aims to model the asynchronous machine and to identify its electrical and mechanical parameters by using different methods.

To identify these parameters, we used two methods, a method based on classical tests. The intelligence method based on Optimization by Particle Swarm (PSO).

key words: Modeling, asynchronous machine, electrical and mechanical parameters, Particle Swarm Optimization (PSO).