
**Surveillance et diagnostic des
systèmes de machines — Analyse de
la signature électrique des moteurs
triphasés à induction**

*Condition monitoring and diagnostics of machine systems —
Electrical signature analysis of three-phase induction motors*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20958:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faff8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 20958:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faff8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Analyse de la signature électrique de moteurs triphasés à induction	2
4.1 Généralités.....	2
4.2 Analyse du courant statorique.....	2
4.3 Analyse du courant, de la tension et de la puissance électriques.....	12
4.4 Analyse du flux magnétique.....	14
4.5 Analyse de la décharge partielle.....	14
4.6 Essai d'interférence électromagnétique.....	22
4.7 Analyse du courant rotorique.....	23
4.8 Analyse de la tension dans l'arbre.....	24
Annexe A (informative) Approche vectorielle de Park	25
Bibliographie	27

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20958:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faf8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2, www.iso.org/directives.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues, www.iso.org/patents.

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 5, *Surveillance et diagnostic des systèmes de machines*.

[ISO 20958:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faf8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faf8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>

Introduction

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices sur la surveillance et le diagnostic en fonctionnement de l'état des machines, dans le domaine de l'analyse de la signature électrique des moteurs triphasés à induction.

Pour clarifier la situation et diriger l'attention sur les derniers développements en la matière, la présente Norme internationale présente une vue générale de techniques de surveillance d'état bien établies ainsi que de certaines techniques censées être moins bien connues.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20958:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faf8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>

iTeh STANDARD PREVIEW **(standards.iteh.ai)**

ISO 20958:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faf88-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>

Surveillance et diagnostic des systèmes de machines — Analyse de la signature électrique des moteurs triphasés à induction

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des lignes directrices pour les techniques recommandées de surveillance et de diagnostic d'état des machines en fonctionnement, d'après l'analyse de la signature électrique. La présente Norme internationale est applicable aux moteurs triphasés à induction.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13372, *Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Vocabulaire*

3 Termes et définitions **iTeh STANDARD PREVIEW** (standards.iteh.ai)

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13372 ainsi que les suivants s'appliquent.

[ISO 20958:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faff8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faff8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>

3.1

analyse du courant

analyse de la magnitude, de l'équilibre d'impédance et du résidu harmonique des trois courants d'alimentation alimentant un moteur

3.2

analyse de la signature du courant

analyse spectrale effectuée sur le courant de phase alimentant un moteur pour déterminer l'existence éventuelle de courants à des fréquences spécifiques qui indiqueraient la présence de défauts de composante

Note 1 à l'article: On a toujours mis l'accent sur une seule phase, mais de nouvelles techniques telles que le vecteur de Park et l'analyse simultanée des tensions et intensités triphasées peuvent fournir des informations supplémentaires.

3.3

moteur à induction

machine à courant alternatif asynchrone comprenant un circuit magnétique raccordé à deux circuits ou jeux de circuits électriques, pivotant les uns par rapport aux autres, et dans laquelle la puissance électrique est transférée d'un circuit à l'autre par induction électromagnétique

Note 1 à l'article: Il en existe deux types de base: les moteurs à induction à cage d'écureuil (SCI) et les moteurs à induction à rotor bobiné.

3.4

moteur à induction à cage d'écureuil

moteur à induction dont le circuit secondaire est habituellement constitué par des barres insérées dans les encoches du noyau rotorique et reliées entre elles à chacune de leurs extrémités à un anneau de court-circuit

Note 1 à l'article: Les matériaux les plus courants constituant les barres et les anneaux de court-circuit sont le cuivre, l'aluminium ou des alliages de ces matériaux.

3.5

moteur à induction à rotor bobiné

moteur à induction dans lequel le circuit secondaire comprend des enroulements polyphasés constitués de bobines multitours isolées, chaque phase d'enroulement étant connectée à une bague collectrice

Note 1 à l'article: Le contrôle du courant statorique et rotorique pendant le démarrage ainsi que du couple et de la vitesse du moteur pendant le fonctionnement est effectué en connectant des résistances externes ou un convertisseur statique à chaque phase d'enroulement rotorique à l'aide de bagues collectrices et de brosses.

Note 2 à l'article: Ce type de moteur est également connu sous le nom de moteur à induction à bagues collectrices.

4 Analyse de la signature électrique de moteurs triphasés à induction

4.1 Généralités

La grande majorité des moteurs utilisés dans l'industrie sont des appareils à induction.

Les études de fiabilité montrent que les éléments les plus sensibles d'un moteur à induction sont: les roulements; l'ensemble enroulement/noyau statoriques; et l'enroulement de la cage du rotor.

De nombreux articles ont été publiés sur diverses techniques de surveillance et de diagnostic, collectivement appelées **analyse de la signature électrique** et utilisables pour surveiller l'état des moteurs à induction. En général, ces techniques reposent sur l'analyse de signaux disponibles au niveau de la boîte à bornes du moteur ou obtenus par le biais de transducteurs appropriés fixés sur la carcasse du stator. Plusieurs de ces techniques sont présentées dans les paragraphes 4.2 à 4.8.

L'objectif de la surveillance d'état des moteurs triphasés à induction est d'évaluer l'intégrité du moteur et d'émettre un avertissement précoce en cas de défauts. Pour faciliter cette tâche, il est possible d'obtenir des informations sur l'état et l'intégrité d'un moteur à induction en analysant sa signature électrique. Les variations du courant, de la tension et de la puissance électriques peuvent, à niveau égal, être provoquées par le matériel entraîné, pas seulement par le moteur. Par conséquent, les exigences de la présente Norme internationale, et l'analyse de la signature électrique, s'appliquent également à l'évaluation de la condition mécanique du matériel entraîné.

Si un moteur est alimenté par un convertisseur de tension et de fréquence variables, veiller à tenir compte des composantes courant et tension à la sortie de ces dispositifs car elles peuvent être mal diagnostiquées en raison des défauts du moteur. Pour les techniques telles que l'analyse du courant statorique (4.2) et l'analyse des décharges partielles (DP) (4.5), il est conseillé de bloquer la fréquence et la tension du convertisseur lors de ces essais.

4.2 Analyse du courant statorique

4.2.1 Généralités

L'analyse du courant statorique consiste à mesurer le courant statorique. Cependant, comme le courant statorique est également affecté par les flux d'entrefer et le courant rotorique, l'analyse du courant statorique permet de détecter les problèmes suivants susceptibles d'affecter le rotor et le matériel entraîné.

4.2.2 Analyse spectrale

L'analyse de la signature du courant (ASC) permet de détecter les problèmes suivants susceptibles d'affecter un moteur à induction à cage d'écureuil et à rotor bobiné, notamment:

- barres de rotor fissurées;
- présence de cavités gazeuses dans le cas de cage rotorique coulée sous pression;
- connexions cassées entre la barre et l'anneau de court-circuit;
- anneaux de court-circuit fissurés;
- excentricité d'entrefer excessive;
- défauts de roulement;
- défaut d'alignement ou d'accouplement;
- spires d'enroulement statorique en court-circuit.
- défauts affectant le matériel entraîné.

Dans la liste, les problèmes les plus graves et dommageables sont les altérations de circuits rotoriques, les excentricités d'entrefer et les défauts de roulement. Les défauts de roulement sont inclus car l'ASC peut être utile pour confirmer les défauts également identifiés par la surveillance des vibrations.

L'ASC classique est effectuée en fonctionnement pour une valeur de charge proche de ou égale à la charge normale. Le courant d'une phase du moteur est analysé en termes de niveau et de fréquence à partir du signal délivré par une pince ampèremétrique posée autour d'un câble d'alimentation du moteur (voir la [Figure 1](#)) ou situé au secondaire d'un transformateur de courant (TC) (voir la [Figure 2](#)). Des approches plus récentes reposent sur l'analyse simultanée des courants et tensions triphasées et des relations entre courant et tension (impédances).

Il convient d'interpréter avec prudence les résultats de l'analyse spectrale du courant statorique lorsque le moteur entraîne une charge mécanique variable car différents phénomènes peuvent induire un courant statorique présentant des fréquences caractéristiques similaires. Il peut être nécessaire d'utiliser d'autres méthodes de discrimination pour séparer les différentes causes possibles.

4.2.3 Défauts de circuits rotoriques

La surveillance par ASC a révolutionné la détection des défauts de barres de rotor et d'anneaux de court-circuit affectant les rotors à moteur à induction à cage d'écureuil (SCI). L'existence de composantes de fréquences spécifiques dans le spectre de courant établi – moteur en fonctionnement normal – indique la présence d'enroulements rotoriques défectueux pendant le fonctionnement normal du moteur. La détection de barres de rotor cassées par ASC peut parfois être également confirmée par l'analyse vibratoire des roulements. Les Références [19] et [27], qui datent de la fin des années 1970, contiennent les premières analyses la signature du courant.

En termes simples, les courants circulant dans les enroulements statoriques dépendent non seulement de l'alimentation électrique et de l'impédance de ces derniers, mais englobent également ceux induits dans les enroulements statoriques par le champ magnétique créé par le rotor. En effet, les enroulements statoriques sont des capteurs ou 'transducteurs' sensibles à tous les défauts susceptibles d'affecter le rotor. L'enjeu fondamental est de séparer les courants qui circulent dans le stator pour entraîner le rotor, des courants que le rotor induit en retour dans le stator en cas de problème. Cette séparation est effectuée en mesurant les composantes du courant à des fréquences autres que celle du courant d'alimentation, à l'aide d'un analyseur de spectres à haute résolution fréquentielle.

Les composantes supplémentaires du courant, induites par un défaut rotorique, se manifestent dans le domaine spectral par la présence de bandes latérales associées à la composante fondamentale du courant, dont les fréquences sont données par la Formule (1):

$$f = (1 \pm 2ks) f_1 \quad (1)$$

où

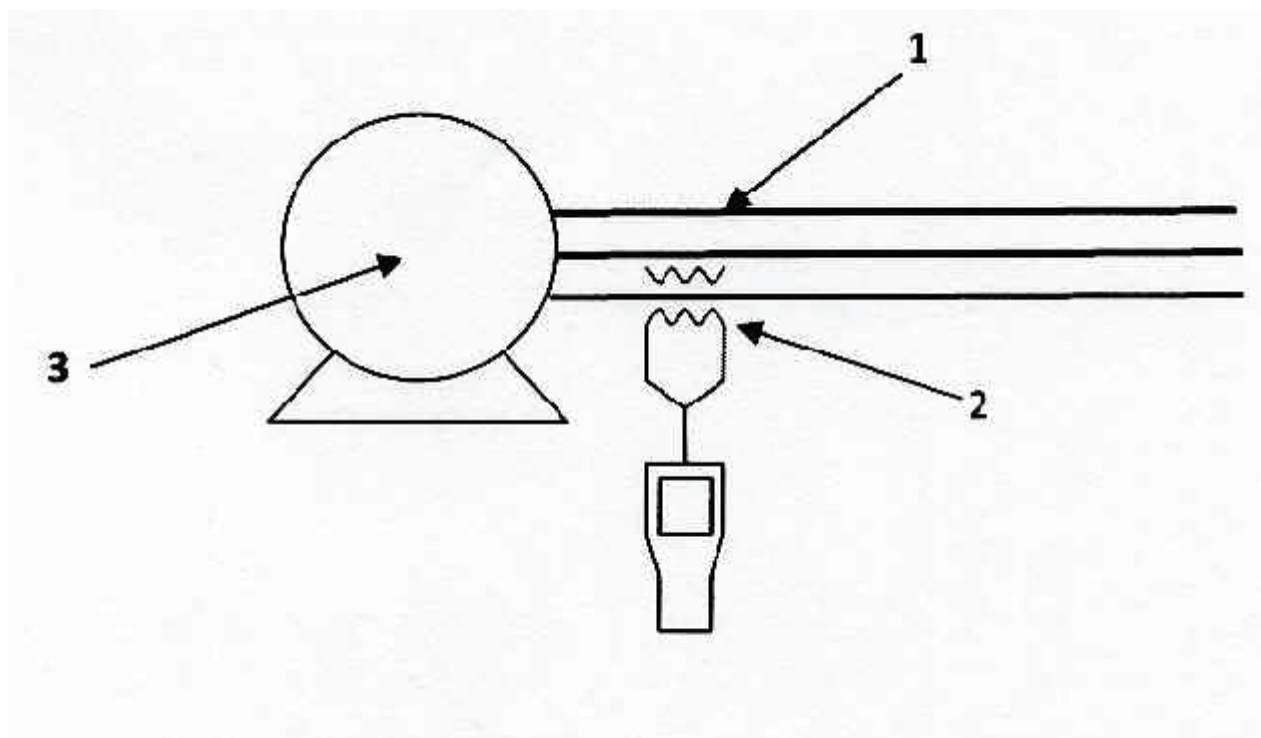
s est le glissement du rotor, en valeur réduite;

f_1 est la fréquence fondamentale du courant d'alimentation;

k est égal à 1, 2, 3, etc.

Les courants rotoriques dans un enroulement à cage d'écureuil produisent un véritable champ magnétique triphasé tournant de fréquence sf_1 (fréquence de glissement par rapport à la fréquence de rotation du rotor) qui a le même nombre de pôles que le champ statorique. L'asymétrie du courant rotorique produit un champ tournant de même fréquence mais inversé par rapport au sens de rotation du rotor. Cette asymétrie est le résultat de la cassure d'une ou plusieurs barres de rotor, ou d'un anneau de court-circuit, qui empêche le courant de circuler dans ceux-ci. En ce qui concerne l'enroulement statorique statique, ce champ tournant en arrière tourne en fait en avant à $(1 - 2s)$ fois la vitesse synchrone. Cela induit des courants dans l'enroulement statorique à une fréquence de $f_1(1 - 2s)$ qui est appelée bande latérale à double fréquence de glissement en raison des barres de rotor cassées. Ce courant provoque une variation cyclique du courant qui entraîne une oscillation du couple sur le rotor à une double fréquence de glissement ($2sf_1$) et une oscillation de vitesse correspondante qui varie selon l'inertie d'entraînement. Cette oscillation de vitesse du rotor crée une composante du courant de bande latérale supérieure (Références [21]) à une fréquence de $f_1(1 + 2s)$ qui est améliorée par le triple flux harmonique. La présence de barres de rotor cassées induit, dans les enroulements statoriques, des courants dont les fréquences sont données par la Formule (2):

$$f_{sb} = f_1 (1 \pm 2s) \quad (2)$$



Légende

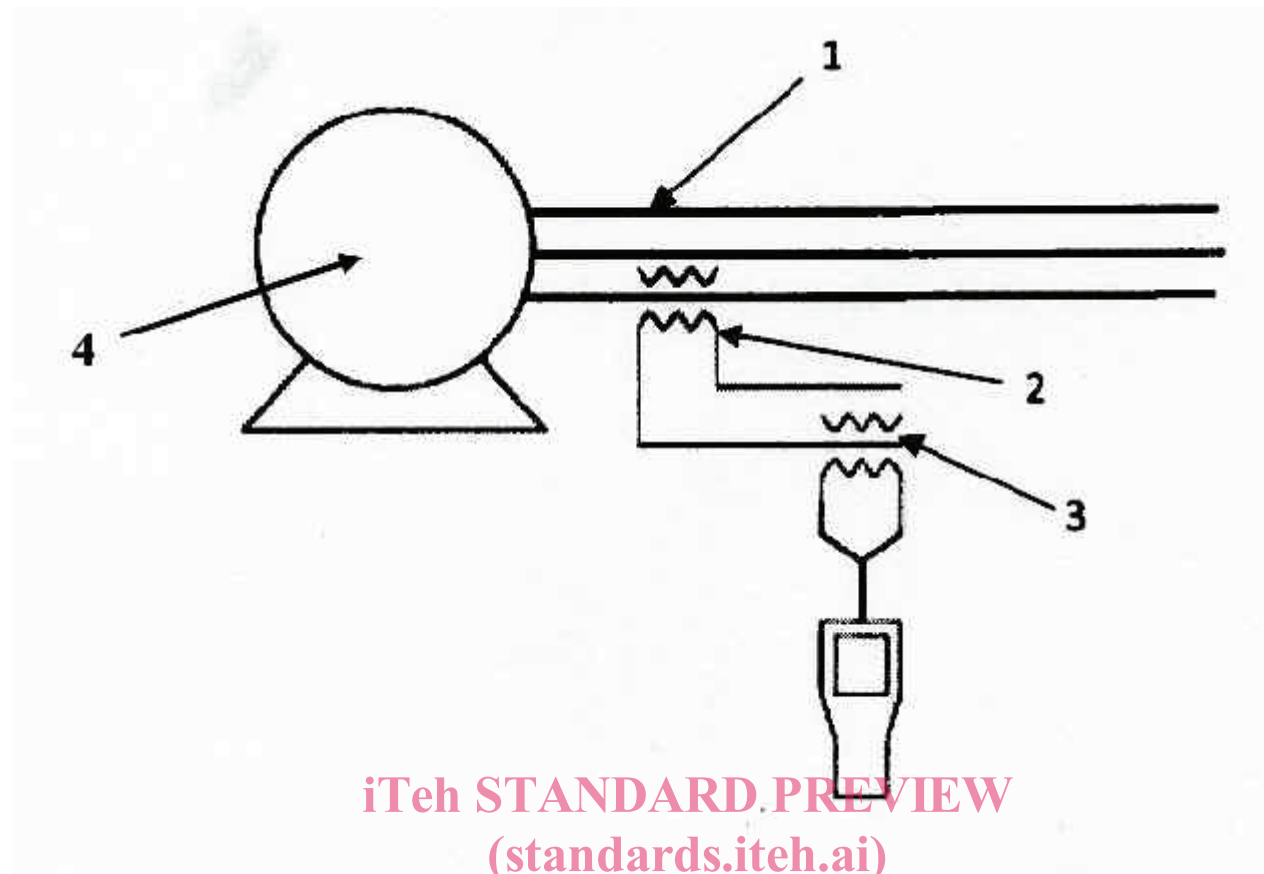
- 1 câble d'alimentation 2 capteur de courant, n_2 3 moteur à induction à cage d'écureuil

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Figure 1 — Mesure ASC du moteur à induction à cage d'écureuil sur un câble d'alimentation

[ISO 20958:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faff8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faff8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>



Légende

- 1 câble d'alimentation
- 2 capteur de courant, n_1
- 3 capteur de courant, n_2
- 4 moteur à induction à cage d'écureuil

ISO 20958:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4f0faff8-6fc0-46ba-97d0-99a2aaa4f403/iso-20958-2013>

Figure 2 — Mesure ASC du moteur à induction à cage d'écureuil au secondaire d'un TC

Les fréquences des composantes induites autour de la composante fondamentale du courant 50 Hz ou 60 Hz par la présence de barres cassées sont espacées de $\pm 2sf_1$ et apparaissent sur un graphique représentant l'amplitude logarithmique en fonction de la fréquence (par exemple comme à la [Figure 3](#)). Il est important de noter que si le noyau rotorique possède le même nombre de bras d'araignée de support que de pôles d'enroulement statorique, cela produira des bandes latérales ayant les mêmes fréquences que celles des barres cassées (Référence [\[16\]](#)).

De plus, des organes de transmission tels que les boîtes de vitesse insérées entre moteur et récepteur peuvent créer des bandes latérales symétriques autour de la composante fondamentale du courant susceptibles de ressembler à celles générées par des altérations de circuits rotoriques. Il convient de veiller à évaluer les bandes latérales autour de la composante fondamentale du courant de phase qui se situent dans le domaine de celles générées par des cassures des enroulements de circuits rotoriques, car il existe des défauts affectant des organes entraînés qui peuvent générer des profils similaires. En particulier, les différents arbres d'une boîte de vitesse installée entre le moteur et le récepteur entraîné peuvent produire une série de courants symétriques autour de la composante fondamentale du courant de phase. La meilleure façon de différencier ces courants de ceux des ruptures de circuits rotoriques consiste à réaliser des essais au niveau de deux charges significativement différentes pour voir s'il y a un déplacement de bandes latérales qui est proportionnel au changement de glissement du rotor.