

# Guide des tests de moteurs basse tension - MTR105

**distrame**  
instruments de mesures électroniques

**Megger**  
Baker Instruments



## Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>Types de moteurs</b>	<b>6</b>
Moteur DC	6
Types de moteurs DC - à excitation série, à excitation parallèle, à excitation composée, à aimant permanent	6
Types de moteurs DC - à excitation série	7
Types de moteurs DC - à excitation parallèle	8
Types de moteurs DC - à excitation composée	8
Types de moteurs DC - à aimant permanent	9
<b>Avantages offerts par un moteur DC</b>	<b>10</b>
Moteur AC	10
Types de moteurs AC	10
Configuration en étoile	11
Configuration en triangle	12
Configuration en étoile versus configuration en triangle	12
<b>Pourquoi tester les moteurs ?</b>	<b>13</b>
Quels problèmes peuvent motiver la réalisation d'un test ?	13
<b>Tests et diagnostics</b>	<b>14</b>
<b>Mise en tendance des données de tests</b>	<b>17</b>
<b>Megger Baker MTR105 – Tests disponibles</b>	<b>19</b>
Résistance d'isolement	20
Test de résistance d'isolement ponctuel ou d'une durée définie	21
Index de polarisation (PI)	22
Ratio d'absorption diélectrique (DAR)	23
Correction de la température	25
Borne de garde	27
Test des trois phases	29
<b>Voltmètre</b>	<b>29</b>
<b>Rotation de phase</b>	<b>30</b>

Continuité	30
Test pour diode	31
Ohmmètre numérique à faible résistance (DLRO)	31
Test du sens de rotation du moteur	31
Inductance	34
Capacité	34
Mesure de la température	34
<b>Présentation générale du Megger Baker MTR105</b>	<b>35</b>
Description	35
Caractéristiques	35
Applications	36
Sécurité	36
Tests de résistance d'isolement	36
Voltmètre	37
Tests de continuité (de résistance)	37
DLRO Test de faible résistance « Kelvin » à quatre fils	37
Test du sens de rotation du moteur	37
Testeur d'inductance, capacité et résistance (RLC mètre)	38
Température	38
Affichage	38
Borne de garde	38
Stockage et téléchargement des résultats	38
Mises à jour du logiciel de l'instrument	39
<b>Caractéristiques</b>	<b>40</b>
	<b>41</b>

Cette brochure d'information est la première de toute une série consacrée à des tests électriques destinés à la maintenance et la réparation des machines tournantes. Elle démontre l'importance des tests pour des machines tournantes à courant alternatif ou continu dont la tension assignée est inférieure ou égale à 2 300 V.

Ce document explique comment les réaliser conformément aux normes en vigueur.

L'instrument utilisé dans les explications est le Megger Baker MTR105.

## Introduction

Les moteurs électriques sont constitués d'une multitude de pièces qui une fois assemblées au sein du moteur sont soumises à des tensions de service électriques et mécaniques extrêmes et des conditions environnementales fluctuantes au cours de leur durée de vie. Pour prévenir une défaillance prématurée, des tests réguliers sont nécessaires. Ils permettent de vérifier la fiabilité de fonctionnement et, surtout, d'allonger la durée de service du moteur. Ces tests comprennent généralement un test de résistance d'isolement (mégohm  $M\Omega$ ) et un test de faible résistance (milliohm  $m\Omega$ ). Si ces tests sont essentiels pour connaître l'état de santé d'un moteur, ils ne suffisent pas cependant pour détecter tous les défauts existants ou imminents. La réalisation d'une série de tests de différents types apportant chacun « sa pièce au puzzle » permet d'affiner ce bilan de santé.

## Types de moteurs

Les moteurs se classent en deux grandes familles : les moteurs « AC » et les moteurs « DC ». Dans un moteur à courant continu (DC), le courant continu est appliqué aux enroulements et au rotor (armature) pour produire la rotation. Dans un moteur à courant alternatif (AC), le courant alternatif est appliqué au stator (enroulements stationnaires). Dans les deux cas, le courant produit un champ magnétique qui entraîne la rotation du rotor (armature).

### Moteur DC

#### **Types de moteurs DC - à excitation série, à excitation parallèle, à excitation composée, à aimant permanent**

Représentation simplifiée d'un moteur DC avec armature à boucle simple.

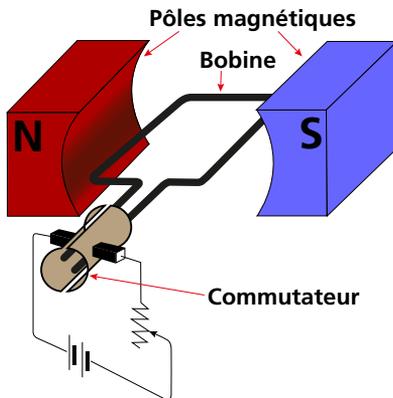


Fig 1 : Moteur DC simplifié

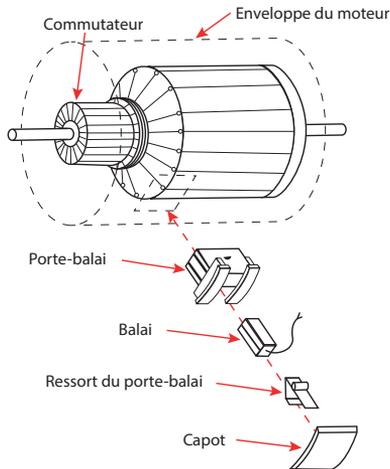


Fig 2 : Représentation classique d'un moteur DC avec vue éclatée des éléments d'un balai et armature à boucles multiples.

### Types de moteurs DC - à excitation série

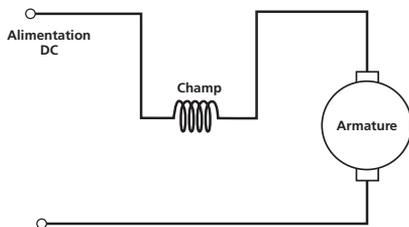


Fig 3 : Moteur DC à excitation série

Moteur électrique à courant continu au sein duquel les enroulements produisant le champ magnétique sont reliés en série aux enroulements de l'armature.

## Types de moteurs DC - à excitation parallèle

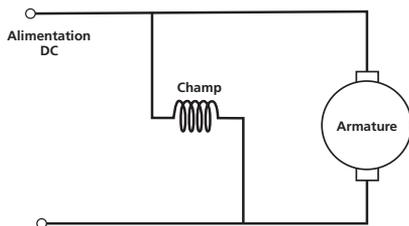


Fig 4 : Moteur DC à excitation parallèle

Moteur électrique à courant continu au sein duquel les enroulements produisant le champ magnétique sont reliés en parallèle aux enroulements de l'armature. Les deux bobinages sont ainsi alimentés par la même source.

## Types de moteurs DC - à excitation composée

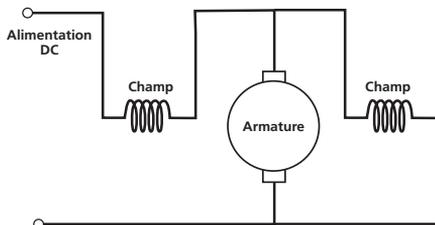


Fig 5 : Moteur DC à excitation composée

Le moteur DC à excitation composée est un mélange des deux autres types de moteurs, à excitation série et à excitation parallèle. Il présente un enroulement de champ série relié en série à l'armature et un enroulement de champ parallèle relié en parallèle à l'armature.

## Types de moteurs DC - à aimant permanent

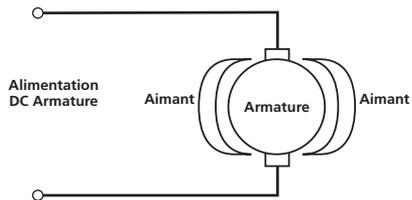


Fig 6 : Moteur DC à aimant permanent

Un moteur DC dont les pôles sont constitués d'aimants permanents est appelé moteur DC à aimant permanent. Les aimants sont magnétisés radialement et montés sur le pourtour intérieur du stator cylindrique en acier. Le stator du moteur sert de circuit de retour pour le flux magnétique.

## Avantages offerts par un moteur DC

Ces moteurs peuvent être utilisés lorsque la seule source d'alimentation disponible est à courant continu. La vitesse du moteur peut être facilement contrôlée en faisant varier la tension appliquée. Ils s'utilisent principalement dans les applications qui nécessitent un couple élevé à faible vitesse et un couple constant sur des gammes de vitesse variable.

## Moteur AC

### Types de moteurs AC

- Monophasés (à bague de déphasage, à phase auxiliaire, à démarrage par condensateur, à condensateur de régime, à démarrage et régime par condensateur).
- Triphasés

**Avantages offerts par rapport aux moteurs DC** - ils peuvent être utilisés dans toutes les autres applications et ne nécessitent aucune maintenance du fait de leur conception sans balai.

**Avantages offerts par les moteurs triphasés par rapport aux moteurs monophasés** - leur rendement est supérieur et ils sont dépourvus de condensateur ou interrupteur centrifuge sujet à l'usure.

Ce guide traite des moteurs AC triphasés qui constituent la majorité des moteurs utilisés actuellement. Le schéma ci-dessous représente la construction typique d'un moteur triphasé à configuration ouverte, autrement dit autre que la configuration en étoile ou en triangle et dont les trois phases sont toutes isolées. Voir « configuration en étoile » et « configuration en triangle » pour plus de détails.

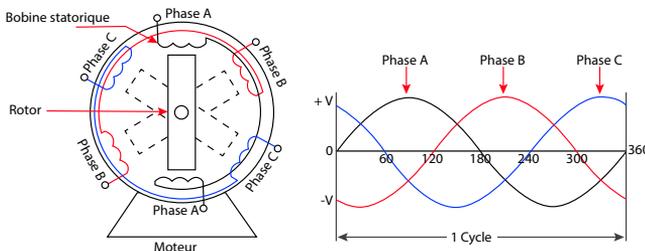


Fig 7 : Moteur triphasé

## Configuration en étoile

Dans une configuration en étoile, les trois phases sont connectées entre elles en un point neutre.

- Le courant de ligne est égal au courant de phase
- La tension d'alimentation admissible est supérieure (par rapport à la configuration en triangle)
- La tension de phase correspond à  $1/\sqrt{3}$  de la tension de ligne
  - La tension par phase est inférieure (par rapport à la configuration en triangle)
  - Courant d'appel inférieur
  - Moins de puissance

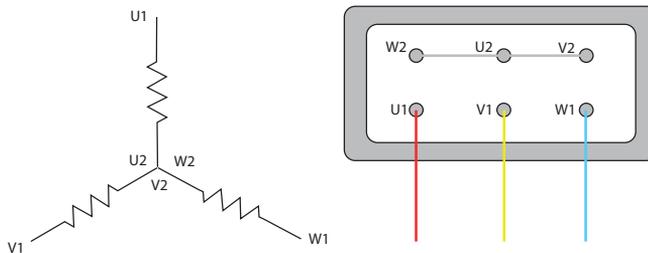


Fig 8 : Couplage en étoile des enroulements du moteur

## Configuration en triangle

Dans une configuration en triangle, les extrémités opposées des trois phases sont connectées entre elles en joignant la fin d'un enroulement au début du suivant.

- La tension de ligne est égale à la tension de phase
- La tension d'alimentation admissible est inférieure (par rapport à la configuration en étoile)
- La tension de ligne est égale à la tension de phase
  - La tension par phase est supérieure (par rapport à la configuration en triangle)
  - Courant d'appel supérieur
  - Plus de puissance

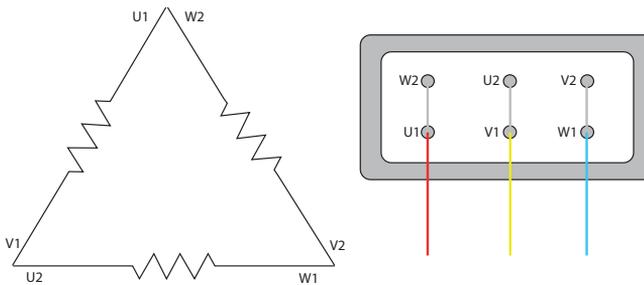


Fig 9 : Couplage en triangle des enroulements du moteur

## Configuration en étoile versus configuration en triangle

La configuration en triangle est généralement utilisée lorsqu'un couple de démarrage élevé est requis. La configuration en étoile est utilisée lorsqu'un faible couple de démarrage est requis.

## Pourquoi tester les moteurs ?

Il est essentiel que d'éventuels défauts sur des moteurs neufs soient détectés de façon précoce au cours de la fabrication. Cette détection s'exerce aussi bien au niveau des pièces que de l'assemblage. La détection des défauts sur des moteurs en service dès leur apparition permet de réduire les arrêts-machines et les coûts de réparation.

Une détection précoce et un diagnostic correct des défauts émergents permettent d'établir le bilan de santé d'un équipement en service. Il est alors possible de savoir quand une intervention de maintenance sera nécessaire (maintenance prédictive) ou de programmer les interventions de routine (calendrier de maintenance préventive) et de préparer ainsi au mieux l'arrêt planifié du processus concerné. La maintenance prédictive comme la maintenance préventive permettent de réduire les pertes financières, de préserver les niveaux de production et d'éviter des conséquences catastrophiques.

## Quels problèmes peuvent motiver la réalisation d'un test ?

Dans le cas de moteurs et générateurs neufs, le système électrique est normalement en excellent état, d'autant plus que les fabricants de machines tournantes n'ont de cesse d'améliorer la qualité de leurs produits. Néanmoins, même de nos jours, les moteurs et générateurs restent exposés à des variations de leurs conditions de service qui peuvent entraîner des pannes : dommages mécaniques, vibrations, températures extrêmes, saleté, graisse, vapeurs corrosives, humidité de process ou tout simplement de l'air. Ces facteurs sont à l'œuvre à des degrés divers et, au fil du temps, combinés aux contraintes électriques existantes, ils créent un environnement difficile au quotidien. À mesure que les trous ou fissures se propagent, l'humidité et les impuretés pénètrent dans les surfaces isolantes et altèrent la protection contre les courants de fuite.

Une fois lancés, les différents facteurs néfastes s'unissent et l'isolant ne parvient plus à faire obstacle aux courants excessifs. Il arrive parfois que la chute de la résistance d'isolement soit brutale, par exemple lorsque l'équipement est immergé. Toutefois, en général, ce processus est progressif et jalonné de nombreux signaux d'alerte qui peuvent être perçus par le biais de tests périodiques. Ces tests permettent ainsi de planifier une réparation avant la survenue d'une panne. En l'absence de tests périodiques, un moteur doté d'un isolement médiocre, par exemple, peut non seulement se révéler dangereux lorsqu'une tension est appliquée, mais risque en outre de griller. Comment un bon isolant devient-il partiellement conducteur ?

## Tests et diagnostics

---

Les tests électriques et diagnostics peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Tests électriques statiques (hors tension) -
  - Lorsque l'alimentation de la machine est coupée, des tests électriques sont réalisés pour rechercher d'éventuelles anomalies et collecter des données qui pourront être utilisées comme point de référence ou pour une analyse de tendance sur la durée.
- Tests électriques dynamiques (sous tension) -
  - Il s'agit de tests réalisés sous tension, à des fins d'analyse et en complément des tests statiques.

Bien qu'il soit surtout question de tests statiques, trois tests dynamiques importants ont également été inclus : le test de tension d'alimentation, le test de fréquence et le test de rotation de phase.

Les acteurs du marché de l'industrie et des services de distribution d'énergie, d'eau etc., ont pour principal souci de produire sans interruption. Les motifs qui incitent à réaliser des tests sur les machines tournantes sont nombreux :

- La sécurité, des personnes et des biens
- La conformité aux normes et réglementations
- La volonté de minimiser les arrêts-machines
- Les économies financières et gains de temps – planification des arrêts pour réparation ou remplacement
- Les économies d'énergie
- Le maintien du service auprès des usagers
- La continuité de services indispensables
- Le maintien des performances/de la productivité
- La mise en tendance pour prédire les défaillances
- La planification de la durée (ou fin) de vie
- La recherche, le développement, la conception, le prototypage
- Pendant et après la fabrication
- À la réception
- Avant installation
- Lors de la mise en service
- Dans le cadre de la maintenance

- Après la mise en service
- Découverte d'un défaut sur site
- Découverte d'un défaut sur l'établi
- Pendant le processus de réparation
- Après réparation
- Remise en service
- Nouvelle maintenance
  - Réactive
    - Régime de maintenance consistant à utiliser l'équipement « jusqu'à la défaillance ».
    - Aucune mesure adoptée ou effort consenti pour la maintenance de l'équipement puisque le concepteur a tout mis en œuvre pour qu'il atteigne sa durée de vie théorique.
  - Corrective
    - « Réparations visant à rétablir les conditions de fonctionnement d'origine de l'équipement/machine. »
  - Préventive
    - « Planification d'interventions de maintenance destinées à éviter la survenue de pannes ou défaillances. »
    - Principal objectif : préserver ou améliorer la fiabilité de l'équipement.
  - Prédicative
    - « Techniques permettant de déterminer l'état de santé d'un équipement en service afin de prédire le moment où une intervention de maintenance devra être réalisée. ». Principal objectif - minimiser les perturbations et pouvoir planifier et budgétiser les réparations.
    - L'analyse de tendance des données est un aspect essentiel de la maintenance prédictive (PdM).

À chaque étape de la durée de service d'un moteur, les occasions sont nombreuses de tester, retester, mettre en tendance, prédire, observer et établir un diagnostic concernant son comportement, ce qui peut contribuer à allonger son cycle de vie. Même si la plupart des systèmes et procédures de maintenance reposent sur des régimes rigoureux, ils laissent bien souvent de côté une grande quantité de données.

Les efforts de maintenance au cours du cycle de vie d'un produit peuvent être représentés par une « courbe en baignoire ». Le « taux de défaillance observé » est issu de 3 courbes de défaillance.

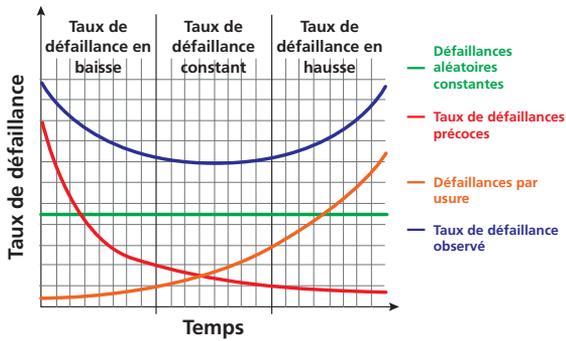


Fig 10 : Taux de défaillance du moteur - [www.reliabilityanalytics.com](http://www.reliabilityanalytics.com)

## Mise en tendance des données de tests

La collecte des données est une pratique courante dans de nombreux domaines. Ces données représentent une grande valeur car leur analyse sur la durée permet de prédire des tendances. Appliquée aux machines tournantes, l'analyse des données de tests électriques peut révéler une dégradation de l'état de la machine voire une défaillance imminente. La mise en tendance systématique des données de tests est un élément essentiel au sein d'un programme de maintenance électrique de grande qualité et une tendance à la dégradation constitue une indication solide d'un problème imminent, a fortiori si la tendance s'accélère.

Ces tests portent sur la résistance d'isolement, le courant de fuite, la capacité et l'inductance. Pour que les informations collectées soient pertinentes, il convient de structurer le programme d'analyse de tendance en tenant compte des effets de facteurs externes qui influent sur les résultats de mesure sans lien avec l'état réel et la fiabilité des machines observées.

Par exemple, les valeurs de résistance d'isolement relevées à des températures différentes doivent être corrigées sur la base d'une température de référence avant de pouvoir être comparées entre elles.

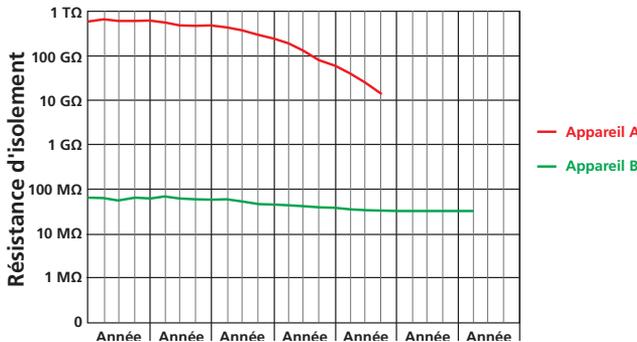


Fig 11 : Graphique du taux de résistance d'isolement

Prenons l'exemple de la résistance d'isolement : au bout de 5 ans, la résistance d'isolement mesurée sur l'équipement « A » se situe autour de 20 GΩ, une valeur habituellement considérée comme tout à fait normale. On observe toutefois que la tendance à la baisse initiée l'année 1, où la résistance d'isolement était de 1 TΩ, s'accélère, indiquant une évolution vers la défaillance.

À l'inverse, l'équipement « B » présente une résistance d'isolement beaucoup plus faible comparativement, de l'ordre de 50 MΩ pour l'année 7, et la tendance amorcée la première année avec une valeur initiale de 90 MΩ apparaît nettement plus progressive, ce qui dénote un bien meilleur état par rapport à l'équipement « A ».

## Megger Baker MTR105 – Tests disponibles

- Résistance d'isolement jusqu'à 1 000 V
  - Ponctuel
  - D'une durée définie
  - Index de polarisation
  - Ratio d'absorption diélectrique
  - Correction de la température
  - Borne de garde
  - Test des trois phases - Mesure entièrement automatisée de la résistance d'isolement entre phases pour les trois phases
- Voltmètre
  - Tension - AC, DC, TRMS
  - Fréquence
  - Rotation de phase
- Continuité
  - Test pour diode
  - Faible résistance
- DLRO – Ohmmètre numérique à faible résistance
- Sens de rotation du moteur
- RLC mètre
  - Inductance
  - Capacité
  - Résistance
- Mesure de la température



## Résistance d'isolement

Consultez le guide Megger des tests de résistance d'isolement « A Stitch in Time ».

Avant de s'intéresser plus en détail aux différents tests, il convient de mentionner les différents types de courants de test utilisés pour mesurer la résistance d'isolement. Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton pour démarrer un test, une haute tension et un courant sont générés. Ce courant est constitué de 3 composantes.

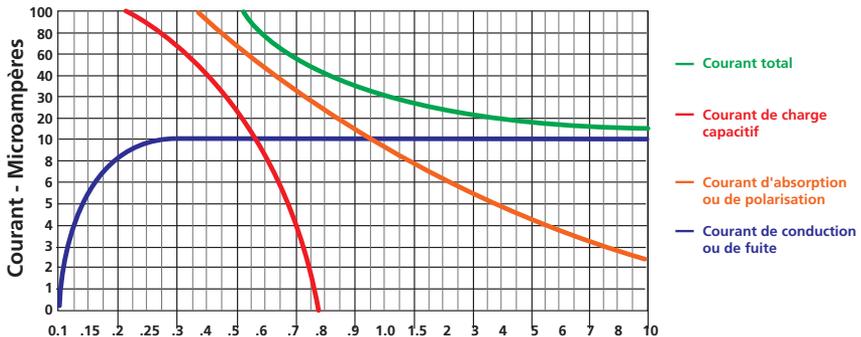


Fig 12 : Composantes de courant testées.

Même si ces composantes sont considérées ensemble comme le courant de test total, elles se comportent différemment.

Le courant de charge capacitive est très élevé au début mais chute rapidement car le dispositif testé se charge comme un condensateur.

Le courant d'absorption ou de polarisation est lui aussi très élevé au début mais décroît sur une période plus longue car les molécules de l'isolant de l'appareil testé s'organisent pour faire barrage au flux de courant et cette polarisation se met en place sur un certain temps.

Le courant de conduction ou de fuite est généralement faible au départ, puis augmente pour atteindre une valeur constante. Il s'agit du courant qui traverse l'isolant et circule en surface.

On considère un seul courant qui peut être mesuré à l'aide d'un ampèremètre et, par application de la loi d'ohm, représenté sous forme d'une résistance.

L'IEEE préconise d'appliquer pour le test de résistance d'isolement les tensions de test suivantes en fonction de la tension nominale composée pour les machines AC triphasées, la tension phase-terre pour les machines monophasées et la tension continue nominale pour les machines DC ou les enroulements inducteurs.

Tension nominale de l'enroulement	Tension de test (DC)
< 1 000	500
1 000 - 2 500	500 - 1 000
2 501 - 5 000	1 000 - 2 500
5 001 - 12 000	2 500 - 5 000
>12 000	5 000 - 10 000

Tableau 1 : Tension nominale et tension de test correspondante

### **Test de résistance d'isolement ponctuel ou d'une durée définie**

Même s'il a évolué au fil du temps, le test ponctuel demeure le test de résistance d'isolement classique utilisé par la plupart des ingénieurs pour tester des équipements.

Quelle est la durée de ce test ? Tout dépend de l'utilisateur mais, en règle générale, le test ponctuel dure environ 60 secondes. Cette valeur peut être inférieure pour un test rapide mais, comme nous le verrons plus loin, combiné aux autres types de tests de résistance d'isolement, ce test fournit une indication plus fiable de l'état du moteur.

La valeur de résistance d'isolement doit être d'environ 1 M $\Omega$  par tranche de 1 000 V de tension de service, et, au minimum, de 1 M $\Omega$ . Par exemple, pour un moteur de 2 400 V de tension nominale, la résistance d'isolement minimale est de 2,4 M $\Omega$ . Dans la pratique, les valeurs relevées sont généralement nettement supérieures à cette valeur minimale dans les équipements neufs ou lorsque l'isolant est en très bon état.

## Index de polarisation (PI)

Ce test est similaire au test du DAR mais les intervalles de temps entre les relevés sont beaucoup plus longs. Cela laisse le temps à l'appareil d'être entièrement chargé et à l'isolant, de se polariser.



Fig 13 : Ratio de la valeur de résistance à 10 minutes sur la valeur à 1 minute

PI est calculé selon une méthode similaire à celle du DAR, généralement sur une durée de 10 minutes.

Pour ce test, la RI est mesurée au bout de 1 minute d'application de la tension, puis de 10 minutes.

La formule de calcul de l'index de polarisation ou PI est la suivante :  $PI = R10 \div R1$

Le tableau 2 fournit des repères pour en déduire la qualité de l'isolement.

Index de polarisation	Condition d'isolement
<1	Dangereuse
1,0 – 2,0 ***	Douteuse
2,0 – 4,0	Bonne
>4 **	Excellente

Tableau 2 : Condition d'isolement indiquée par l'index de polarisation

\*Ces valeurs doivent être considérées comme des valeurs indicatives et relatives, basées sur l'expérience de la méthode de résistance d'isolement en fonction du temps sur une période définie.

\*\*Dans certains cas, en particulier avec les moteurs, des valeurs supérieures d'environ 20% à celles fournies ici indiquent un enroulement cassant qui risque de se rompre en cas de choc ou lors du démarrage. Dans le cadre de la maintenance préventive, l'enroulement doit être nettoyé, traité et séché pour lui redonner de la souplesse.

\*\*\* Ces résultats peuvent être considérés comme satisfaisants pour un équipement de très faible capacité comme des câbles domestiques de courte longueur.

### Quel est l'intérêt de ce test ?

Le test PI fournit une mesure relative et non absolue. Il permet d'évaluer la qualité de l'isolement de façon autonome. Le résultat peut être utilisé seul ou associé à des mesures précédentes pour une analyse de tendance. Il fournit une indication de la qualité de l'isolement en l'espace de 10 minutes, ce qui s'avère particulièrement intéressant dans le cas des gros équipements dont la charge préalable à la mesure peut parfois nécessiter une heure. La valeur de PI est un indicateur concernant la pénétration d'humidité et de contaminants et la dégradation de l'isolant lors d'un test de résistance sur une durée définie.

La norme IEEE 43-2000 indique que « si la valeur R1 (à 40 °C) est supérieure à 5 000 MΩ, la valeur de PI peut ne pas être indicative et il est possible de ne pas en tenir compte. »

### Ratio d'absorption diélectrique (DAR)

Le ratio d'absorption diélectrique est le rapport entre deux valeurs de résistance mesurées à deux moments différents. Il est utile pour enregistrer des informations sur l'isolement.

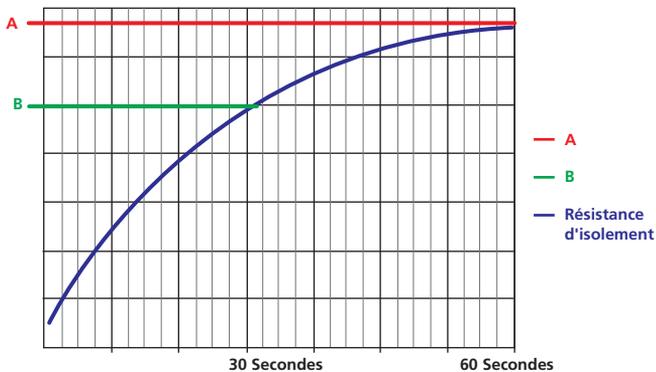


Fig 14 : Ratio de la valeur de résistance à 60 secondes sur la valeur à 30 secondes

La formule pour le calcul du ratio d'absorption diélectrique (DAR) est la suivante :  
 $DAR = R60 \div R30$ . Le ratio fournit une indication sur la condition d'isolement d'après le Tableau 3.

DAR	Condition d'isolement
<1	Dangereuse
1,0 – 1,4	Douteuse
1,4 – 1,6 **	Bonne
>1,6	Excellente

**Tableau 3 : Condition d'isolement indiquée par les ratios d'absorption diélectrique**

\*Ces valeurs doivent être considérées comme des valeurs indicatives et relatives, basées sur l'expérience de la méthode de résistance d'isolement en fonction du temps sur une période définie.

\*\*Dans certains cas, en particulier avec les moteurs, des valeurs supérieures d'environ 20% à celles fournies ici indiquent un enroulement cassant qui risque de se rompre en cas de choc ou lors du démarrage. Dans le cadre de la maintenance préventive, l'enroulement doit être nettoyé, traité et séché pour lui redonner de la souplesse.

### **Quel est l'intérêt de ce test ?**

Il s'agit d'un test rapide pour déterminer la qualité de l'isolement. Un DAR de 1,4 ou plus est considéré comme acceptable dans les systèmes d'isolement antérieurs à 1970. Dans les autres cas, une analyse de tendance est requise. Référence norme IEEE 43-2000.

- Utile pour les équipements dotés d'un isolement « mince »
- Utilisé sur des matériaux dans lesquels le courant d'absorption est faible, comme le polyéthylène par exemple.

## Correction de la température

Les valeurs de résistance d'isolement diffèrent considérablement selon la température. Par conséquent, dans le cadre d'une analyse de tendance des valeurs de RI sur une longue période, il est important que celles-ci soient normalisées à une température standard ; l'IEEE recommande une température de 40°C.

Temp		Équip. tournant		CÂBLES							
YC	YF	Classe A	Classe B	Transformateurs immergés dans l'huile	Code Naturel	Code GR-S	Performance	Résistant à la chaleur et performance GR-S	Résistant à l'ozone naturel GRS	Toile vernie	Papier imprégné
0	32	0,21	0,40	0,25	0,25	0,12	0,47	0,42	0,14	0,10	0,28
5	41	0,31	0,31	0,36	0,40	0,23	0,60	0,56	0,26	0,20	0,43
10	50	0,45	0,45	0,50	0,61	0,46	0,76	0,73	0,49	0,43	0,64
15,6	60	0,71	0,71	0,74	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	68	1,00	1,00	1,00	1,47	1,83	1,24	1,28	1,75	1,94	1,43
25	77	1,48	1,25	1,40	2,27	3,67	1,58	1,68	3,29	4,08	2,17
30	86	2,20	1,58	1,98	3,52	7,32	2,00	2,24	6,20	8,62	3,20
35	95	3,24	2,00	2,80	5,45	14,60	2,55	2,93	11,65	18,20	4,77
40	104	4,80	2,50	3,95	8,45	29,20	3,26	3,85	25,00	38,50	7,15
45	113	7,10	3,15	5,60	13,10	54,00	4,15	5,08	41,40	81,00	10,70
50	122	10,45	3,98	7,85	20,00	116,00	5,29	6,72	78,00	170,00	16,00
55	131	15,50	5,00	11,20			6,72	8,83		345,00	24,00
60	140	22,80	6,30	15,85			8,58	11,62		755,00	36,00
65	149	34,00	7,90	22,40				15,40			
70	158	50,00	10,00	31,75				20,30			
75	167	74,00	12,60	44,70				26,60			

**Tableau 4 : Facteurs de correction de la température pour machines tournantes classe A et classe B. Normalisation à 20 YC pour les équipements tournants et transformateurs et 15,6 YC pour le câble.**

## Borne de garde

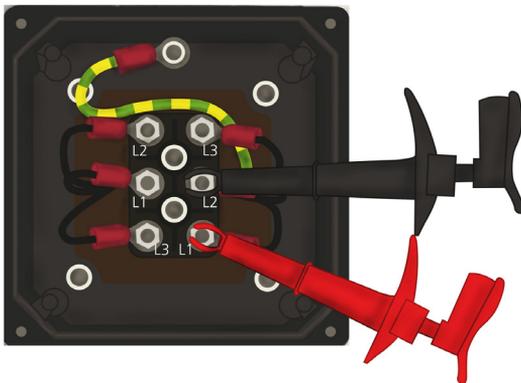
Lors des mesures de résistance d'isolement, on néglige souvent le chemin de résistance à la surface extérieure du matériau isolant. Ce chemin de résistance est pourtant un élément important de la mesure qui peut influencer grandement sur les résultats. Par exemple, en cas de saleté, de contamination ou d'humidité sur la surface extérieure d'un moteur, le courant de fuite qui chemine à la surface peut être jusqu'à dix fois supérieur à celui qui circule dans le matériau isolant.

Le résultat de mesure de la résistance d'isolement peut en être faussé. Avant de tirer des conclusions, il convient par conséquent de tenir compte d'un facteur trop souvent négligé : le courant de fuite en surface dû à la contamination. La poussière, la saleté, de l'huile, de la graisse, de la limaille, des résidus d'aliments, l'humidité, la rouille et même certains types de peintures ou revêtements « protecteurs » peuvent être à l'origine des problèmes.

Ce courant de fuite superficiel, qui dégrade la valeur mesurée d'isolement, doit être éliminé, c'est le rôle de la borne de garde.

**Remarque :** En cas de valeur élevée ou conforme, il n'est pas utile d'utiliser cette borne de garde.

Le schéma électrique ci-dessous représente un test de RI entre L1 et L2.



**Fig 15 :** Test de RI entre L1 et L2.

Une faible valeur entre phases peut indiquer la présence de contamination. C'est le cas ici avec une faible résistance entre les phases U et V et la terre, où U correspond à L1 et V, à L2.

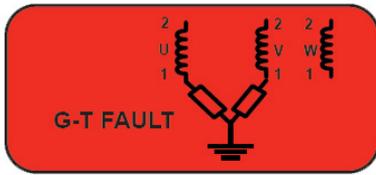


Fig 16 : Faible valeur de résistance entre U et V et la terre

Pour supprimer ce circuit de faible résistance, connectez le cordon de test GUARD (bleu) à la terre.

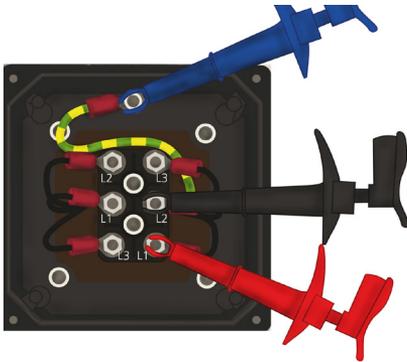


Fig 17 : Borne de garde connectée à la terre

Si la valeur de RI augmente jusqu'au niveau escompté une fois la borne de garde connectée, la présence de contamination est confirmée. En l'absence de changement après connexion de la borne de garde, on peut conclure que l'isolement est détérioré.

Si aucune mesure n'est prise pour éliminer la contamination, une défaillance de l'isolement et un contournement peuvent se produire.

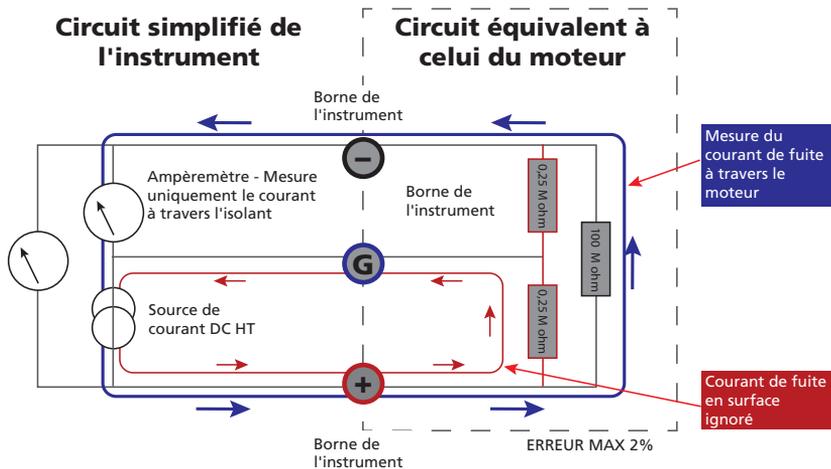


Fig 18 : Schéma du circuit de garde

La fuite en surface est essentiellement une résistance en parallèle avec la résistance d'isolement réelle du matériau testé. L'utilisation de la borne de garde pour réaliser un « test à trois bornes » permet d'éliminer l'impact du courant de fuite superficiel. Cela est particulièrement utile lorsque des valeurs de résistance élevées sont attendues, comme sur les moteurs et câbles d'alimentation par exemple. Ces équipements présentent en effet des surfaces étendues exposées à la contamination parcourues par des courants de fuite en surface élevés.

Outre les avantages évoqués en matière de fiabilité de l'évaluation de la condition d'isolement et de maintenance prédictive, la borne de garde constitue un outil de diagnostic important. Pour la réalisation de ce test, les enroulements du moteur doivent être séparés et non connectés en étoile ou en triangle.

La quantité de courant de fuite en surface peut être déterminée facilement et rapidement en réalisant deux tests : l'un avec la borne de garde connectée et l'autre, sans la borne de garde, et en calculant la différence entre les deux résultats de mesure. Si, la résistance d'isolement est élevée lorsque la borne de garde est connectée, semblant ainsi indiquer une bonne condition d'isolement, mais nettement inférieure une fois la borne de garde déconnectée, cela révèle un circuit parallèle de fuite en surface entre les deux bornes à travers les revêtements extérieurs du composant.

### ***Quel est l'intérêt de ce test ?***

Il arrive bien souvent que des moteurs soient remplacés inutilement pour un coût élevé suite à des résultats de mesure de résistance d'isolement médiocres et que l'on s'aperçoive plus tard en utilisant la borne de garde qu'un simple nettoyage aurait suffi !

### ***Test des trois phases***

Le principe est similaire à celui du test ponctuel. Le test entre phases est un test standard utilisé sur les moteurs AC triphasés pour vérifier l'intégrité de l'isolement sur chaque phase. Ce test est possible uniquement sur les moteurs dont la configuration de connexion N'EST PAS en étoile (Y) ou en triangle. Toutes les phases doivent être isolées.

## **Voltmètre**

Des mesures de la tension et de la fréquence peuvent être réalisées pour vérifier que la tension est conforme aux indications de la plaque signalétique.

### ***Quel est l'intérêt de ce test ?***

Les mesures de tension permettent de s'assurer que la tension d'alimentation correspond à la tension indiquée sur la plaque signalétique +/- 10%.

## **Rotation de phase**

La rotation de phase peut être déterminée afin de s'assurer que l'alimentation est compatible avec le moteur avant de connecter celui-ci et de le mettre sous tension.

Voir Sens de rotation du moteur

### ***Quel est l'intérêt de ce test ?***

Le sens de rotation de la tension d'alimentation triphasée est déterminé pour s'assurer qu'il coïncide avec celui du moteur. Si le sens de rotation de l'alimentation ne correspond pas au sens de rotation du moteur, l'appareil entraîné par le moteur ne fonctionnera pas comme escompté : les ventilateurs ne tourneront pas et les pompes ne pomperont pas correctement.

## **Continuité**

Le test de continuité consiste en la mesure combinée du courant de sortie et de la chute de tension sur deux cordons. La résistance totale de la boucle fermée (cordons de test + élément testé) est combinée à la mesure de résistance. La compensation des cordons de test ne

supprime pas la variation de la résistance de contact. Autrement dit, exécuter la compensation de cordons entre deux points de l'objet testé, puis réaliser un test de continuité entre plusieurs autres points de test introduit une variance de la résistance de contact pour tous les points de test suivants. La résistance de contact sera probablement différente pour chaque point de test. Le circuit de mesure pour un test de continuité présente une faible impédance et la moindre variation de résistance de contact est susceptible d'altérer la mesure.

Le test de continuité permet d'identifier rapidement une résistance anormalement élevée dans un conducteur due à une rupture de celui-ci ou une connexion ouverte dans un câble d'alimentation ou encore un organe de commande défectueux.

Cette vérification est réalisée pour chaque phase, c'est-à-dire A-a, B-b et C-c.

Les tests de continuité sont également utilisés comme tests comparatifs pour déterminer un déséquilibre des phases par comparaison des résultats relatifs aux trois phases. Dans un moteur configuré en étoile, chaque phase est mesurée : c'est-à-dire A-centre de l'étoile, B-centre de l'étoile, C-centre de l'étoile. Une différence significative entre les résultats de mesure indique un déséquilibre des phases.

### ***Quel est l'intérêt de ce test ?***

Dans quels cas la mesure d'une faible résistance est-elle utile ?

- Inspection
  - Pour s'assurer que la résistance est conforme après une réparation et avant installation d'un moteur
- Maintenance conditionnelle
  - Pour détecter une augmentation non admissible de la résistance
- Test d'éléments similaires
  - Pour s'assurer que des éléments « similaires » d'un système présentent une résistance similaire

### ***Test pour diode***

Ce test est réalisé pour vérifier l'intégrité des diodes. Il consiste à mesurer la chute de tension directe et inverse à travers la diode. Test pour diode - si les diodes ne sont pas habituelles sur les moteurs, on en trouve en revanche sur les alternateurs où elles permettent de contrôler la polarité du circuit d'excitation.

## Ohmmètre numérique à faible résistance (DLRO)

Lorsqu'une mesure précise de valeurs de résistance très faibles est requise, la configuration, la méthode du test de résistance « Kelvin » à 4 fils est préconisée.

Pour faire simple, le test consiste à appliquer un courant par le biais de 2 cordons de test, tandis que les 2 autres cordons sont utilisés pour mesurer la tension. Le résultat affiché est une valeur de résistance. La résistance du cordon ou la résistance de contact n'influent pas sur le résultat. Ce test est ainsi particulièrement intéressant pour mesurer de faibles résistances d'enroulement et la résistance de contact du réducteur ou des surcharges.

Ce test peut être uni- ou bidirectionnel. En présence de matériaux différents mis en œuvre dans la connexion testée, le test bidirectionnel est recommandé.

### **Quel est l'intérêt de ce test ?**

Le test DLRO est utilisé lorsqu'une faible résistance, de l'ordre du mΩ, doit être mesurée avec précision.

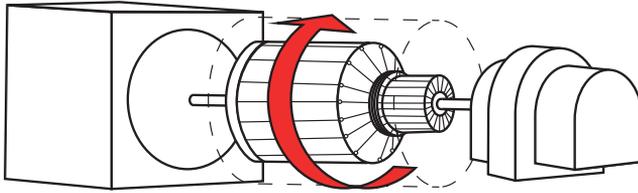
## Test du sens de rotation du moteur

La détermination du sens de rotation d'un moteur par rapport à la rotation de phase de l'alimentation est une vérification importante, voire cruciale pour certaines applications comme les pompes, compresseurs ou boîtes d'engrenages qui risqueraient de subir des dommages. Le test de chocs est souvent utilisé avant l'installation. Le moteur est momentanément mis sous tension et on relève le sens de rotation par rapport aux connexions des phases.

La notion de rotation horaire et anti-horaire fait parfois l'objet d'une confusion à laquelle la norme DIN EN 60034-8 vient remédier en fournissant la définition suivante :

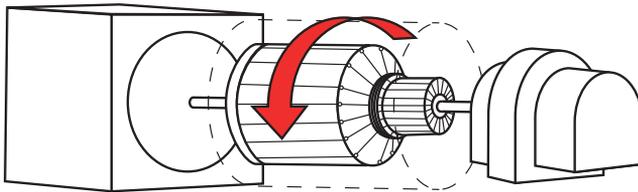
1. La direction de rotation est la direction vue depuis l'extrémité de l'entraînement.
2. L'extrémité de l'entraînement est le côté duquel démarre l'arbre.
3. Pour les machines à deux extensions d'arbre, l'extrémité de l'entraînement est :
  - 3.1. l'extrémité avec le plus grand diamètre de l'arbre
  - 3.2. l'extrémité du côté opposé au ventilateur, si les deux extensions d'arbre ont le même diamètre.

Autrement dit, sur les moteurs à rotation horaire, l'arbre tourne dans le sens des aiguilles d'une montre lorsqu'il est observé depuis l'extrémité de l'entraînement (le regard se dirige de l'extrémité de l'entraînement vers l'autre extrémité).



**Fig 19 :** Moteur à rotation horaire

Sur les moteurs à rotation anti-horaire, l'arbre tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre lorsqu'il est observé depuis l'extrémité de l'entraînement (le regard se dirige de l'extrémité de l'entraînement vers l'autre extrémité).



**Fig 20 :** Moteur à rotation anti-horaire

Comme le sens de rotation du moteur et de la machine entraînée est défini par rapport à l'extension de l'arbre respective, le moteur doit tourner dans le sens inverse au sens de rotation de la machine entraînée.

Autrement dit, une machine entraînée à rotation anti-horaire nécessite un moteur à rotation horaire et, inversement, une machine entraînée à rotation horaire nécessite un moteur à rotation anti-horaire.

### **Quel est l'intérêt de ce test ?**

Le sens de rotation du moteur est déterminé pour s'assurer qu'il coïncide avec celui de la tension d'alimentation triphasée. Si le sens de rotation du moteur ne correspond pas au sens de rotation de l'alimentation, l'appareil entraîné par le moteur ne fonctionnera pas comme escompté : les ventilateurs ne tourneront pas et les pompes ne pomperont pas correctement.

Ce test peut vous éviter de devoir réaliser un test de chocs. Il consiste en général à mettre l'interrupteur principal rapidement sur MARCHÉ puis sur ARRÊT pour déterminer le sens de

rotation du moteur. Le test de chocs peut poser problème lorsque le moteur est accouplé à un appareil qui n'est pas conçu pour fonctionner dans le sens inverse. Des équipements tels que des compresseurs à vis et certaines pompes peuvent subir des dommages.

## Inductance

Des mesures d'inductance entre phases peuvent être réalisées pour identifier plusieurs conditions :

- Des réparations de mauvaise qualité ou incorrectes comme des fils d'enroulement inversés.
- Câble d'alimentation ou contacts principaux du circuit de puissance défectueux.
- Problèmes d'excentricité de l'entrefer.
- Spires en court-circuit, entre phases du stator et entre bobines.
- Porosité du rotor et endommagement des lames.
- Barres du rotor ou bagues d'extrémité fissurées

### *Quel est l'intérêt de ce test ?*

Les mesures d'inductance peuvent être utiles pour détecter des problèmes au niveau du stator, y compris lorsque les mesures de résistance n'ont rien révélé. Dans le cas d'une résistance très faible de l'enroulement de chaque phase, la valeur de résistance par spire peut paraître négligeable. Avec une valeur aussi négligeable, on comprend aisément que la perte de quelques spires puisse passer inaperçue lors de la simple mesure de résistance. L'inductance est en revanche très sensible à tout changement au niveau des spires dans les enroulements et fournit par conséquent une méthode plus précise.

## Capacité

Une mise en tendance des valeurs mesurées à la terre permet de détecter une contamination de la surface, une humidité élevée, une température élevée ou une défaillance de l'isolation à travers une augmentation des valeurs sur la durée.

## Mesure de la température

La température de l'unité testée est mesurée à des fins de compensation thermique.

Avant de réaliser un test de résistance d'isolement avec compensation thermique, il convient d'abord de déterminer la température de l'unité.

# Présentation générale du Megger Baker MTR105

## Description

Le MTR105 est un analyseur de moteurs statique. Basé sur la série éprouvée de tests de résistance d'isolement (RI) mise au point par Megger, il intègre toutes les puissantes fonctionnalités caractéristiques de la marque et offre la fiabilité sur laquelle elle a fondé sa réputation.



Le MTR105 va encore plus loin que les autres testeurs de RI éprouvés de Megger avec des fonctionnalités supplémentaires, comme le test de faible résistance « Kelvin » à quatre fils et les tests d'inductance et de capacité, qui lui procurent une polyvalence inégalée sur le marché à l'instar de sa robustesse.

Le MTR105 intègre en outre la mesure et la compensation de température (pour les tests de RI), ainsi que des tests de sens de rotation du moteur et de rotation de phase de l'alimentation.

Ces nouvelles fonctionnalités font du MTR105 un analyseur de moteurs portable polyvalent et parfaitement adapté aux conditions réelles.

Sa robustesse est assurée par un boîtier surmoulé offrant un niveau de protection IP54 contre l'eau et la poussière.

## Caractéristiques

- Borne de garde, pour dissiper les courants de fuite en surface.
- Cordons de test séparables avec pinces interchangeables et sondes pour différentes applications
- Capacité de stockage : jusqu'à 256 résultats de mesure de moteurs, avec possibilité d'exportation vers un dispositif de stockage de masse USB.
- Commande par bouton rotatif, affichage graphique complet, utilisation facile.
- Niveau de protection IP54 contre la pénétration d'humidité et de poussière, compartiment des batteries et fusibles inclus.
- Boîtier robuste : Boîtier robuste en ABC modifié avec surmoulage en caoutchouc pour une protection renforcée contre les chocs et une excellente prise en main.
- Batteries rechargeables avec chargeur secteur en option.

## Applications

- Tests en production pour moteurs et générateurs neufs.
- Tests pour moteurs et générateurs réparés.
- Surveillance et maintenance des moteurs en service (hors ligne) sur le terrain.

## Sécurité

Le MTR105 a été conçu pour offrir une sécurité d'utilisation exceptionnelle. Les fonctionnalités de détection rapide réduisent les risques de dommages causés à l'instrument en cas de connexion accidentelle avec des circuits sous tension ou entre phases.

- Il est conforme aux normes CEI61010 et CEI61557.
- Détection de circuit sous tension et inhibition du test pour toutes les mesures avec notification à l'utilisateur (excepté pour les mesures du sens de rotation).
- Tension de verrouillage des bornes de test d'isolement sélectionnable par l'utilisateur : 25 V, 30 V, 50 V, 75 V (la valeur par défaut est 50 V).
- Fonctions de détection et d'inhibition en cas de défaillance de fusible de protection.
- Adapté à une utilisation dans les applications CAT III et avec des tensions d'alimentation jusqu'à 600 V.

## Tests de résistance d'isolement

- Gamme de résistance : 100  $\Omega$  jusqu'à 200 G $\Omega$ .
- Tests pris en charge : PI, DAR, durée définie, triphasé et compensation thermique.
- Tension de test d'isolement stabilisée avec une précision de -0% +2%  $\pm$ 2 V, pour une maîtrise maximale sans surtension néfaste pour les circuits ou composants. La tension de sortie est maintenue entre 0 et 2% sur toute la gamme de test.
- Lorsqu'une tension de test non standard est requise, une gamme de tension variable permet de sélectionner la tension exacte, entre 10 V et 999 V, toujours avec une sortie stabilisée.
- Bouton de commande du vibreur : ON, VISUEL ou OFF.
- Vibreur réglable pour le seuil de résistance (0,5 M $\Omega$  jusqu'à 1 000 M $\Omega$ ).
- Le vibreur retentit lorsque le résultat du test est conforme.

## Voltmètre

- Tension AC de 10 mV à 1 000 V ; tension DC de 0 à 1 000 V ; TRMS (15 Hz à 400 Hz).
- Alimentation triphasée et sens de rotation.

## Tests de continuité (de résistance)

- Gamme de résistance automatique unique de 0,01  $\Omega$  à 1,0 M $\Omega$ .
- La fonction de sélection automatique du courant de test utilise le courant de test adapté à la résistance de charge testée (200 mA à 4  $\Omega$ ).
- L'option test bidirectionnel inverse automatiquement le courant sans qu'aucune manipulation des cordons de test ne soit nécessaire.
- La compensation de résistance des cordons (NULL) fonctionne jusqu'à 10  $\Omega$  de résistance.
- Bouton de commande du vibreur : ON, VISUEL ou OFF.
- Vibreur réglable pour la limite maximale de résistance (1  $\Omega$  jusqu'à 200  $\Omega$  en 12 pas).
- Le vibreur retentit lorsque le résultat du test est conforme.

## DLRO Test de faible résistance « Kelvin » à quatre fils

- Gamme de résistance automatique de 1 m $\Omega$  à 10  $\Omega$ .
- Sélection test automatique ou manuel.
- Uni- ou bi-directionnel.
- L'option test bidirectionnel inverse automatiquement le courant sans qu'aucune manipulation des cordons de test ne soit nécessaire.
- Courant de test de 200 mA.

## Test du sens de rotation du moteur

Ce test permet de détecter le sens de rotation du moteur testé. À l'issue du test, la séquence des phases s'affiche à l'écran.

On fait tourner le moteur dans un sens et la séquence des phases en rotation s'affiche à l'écran. On fait ensuite tourner le moteur dans l'autre sens et, de nouveau, la rotation des phases est vérifiée et s'affiche à l'écran.

## Testeur d'inductance, capacité et résistance (RLC mètre)

Test inductif/capacitif/résistif automatique. Fréquence sélectionnable 120 Hz ou 1 000 Hz. En mode AUTO, le MTR105 détermine automatiquement si l'élément principal de la charge est inductif, capacitif ou résistif et affiche le résultat à l'écran.

Test inductance/capacitance sélectionnable.

## Température

La mesure de la température de l'unité testée permet d'appliquer la fonction de compensation thermique lors des tests de résistance d'isolement.

Cette mesure s'effectue par le biais de la thermosonde fournie. Il s'agit d'une thermosonde de type « T » mais il est également possible d'utiliser des thermosondes de type « J » et « K ».

## Affichage

L'affichage graphique couleur complet contribue à une utilisation conviviale du MTR105.

## Borne de garde

La borne de garde (G) est la troisième borne du panneau de connexion.

Lorsque la borne de garde est connectée, dans certaines applications, elle fournit un circuit de retour pour les courants de fuite parallèles qui risqueraient sans cela d'entraîner des erreurs significatives de mesure de résistance. C'est le cas notamment en présence de contamination sur la surface de l'équipement ou du câble.

## Stockage et téléchargement des résultats

Les résultats des tests peuvent être enregistrés sur un dispositif de stockage de masse USB et consultés ensuite sur un PC ou un ordinateur portable exécutant PowerDB.

## Mises à jour du logiciel de l'instrument

Des bulletins d'informations et mises à jour de logiciels peuvent être publiés de temps à autres sur le site Internet de Megger.

## Caractéristiques

Toutes les valeurs de précision indiquées s'entendent pour une température ambiante de 20° C (68 °F)

Résistance d'isolement	
Volts	Précision
50 V	10 GΩ ±2% ±2 chiffres ±4,0% par GΩ
100 V	20 GΩ ±2% ±2 chiffres ±2,0% par GΩ
250 V	50 GΩ ±2% ±2 chiffres ±0,8% par GΩ
500 V	100 GΩ ±2% ±2 chiffres ±0,4% par GΩ
1 000 V	200 GΩ ±2% ±2 chiffres ±0,2% par GΩ
<b>Index de polarisation (PI) :</b>	Ratio de 10 min / 1 min
<b>Ratio d'absorption diélectrique (DAR) :</b>	t1 sélectionnable par l'utilisateur : 15 s ou 30 s, et t2 fixe : 60 s
<b>Performances relatives à la borne de garde</b>	Erreur <5% pour une résistance du circuit parallèle de 500 kΩ avec une charge de 100 MΩ
<b>Résolution</b>	0,1 kΩ
<b>Courant de court-circuit/charge</b>	2 mA +0% -50% (CEI61557-2)
<b>Précision de la tension aux bornes</b>	-0% +2% ±2 V
<b>Courant de test</b>	1 mA à la valeur d'isolement min. admissible jusqu'à 2 mA max
<b>Gamme de fonctionnement</b>	0,10 MΩ à 1,0 GΩ (CEI61557-2)
<b>Affichage du courant de fuite</b>	Résolution de 0,1 uA 10% (±3 chiffres)
<b>Affichage de la tension</b>	±3% ±2 chiffres ±0,5% de la tension nominale
<b>Remarque :</b> Les caractéristiques ci-dessus s'appliquent uniquement lorsque des cordons de test en silicone de haute qualité, comme ceux fournis avec l'instrument, sont utilisés.	
Continuité	
<b>Mesure</b>	0,01 Ω à 1 MΩ 0 à 1 000 kΩ (échelle analogique)
<b>Précision</b>	±3% ±2 chiffres (0 à 99,9 Ω) ±5% ±2 chiffres (100 Ω - 500 kΩ)
<b>Courant de test</b>	200 mA (-0 mA +20 mA) (0,01 Ω - 4 Ω)
<b>Polarité</b>	Polarité simple ou double (réglage usine)
<b>Résistance des cordons</b>	Compensation jusqu'à 10 Ω
<b>Limite de courant sélectionnable</b>	20 mA et 200 mA

<b>Capacité</b>	
<b>Gamme</b>	0,1 nF - 1 mF
<b>Précision</b>	±5,0% ±2 chiffres (1 nF - 10 µF)
<b>Voltmètre</b>	
<b>Gamme</b>	DC : 0 - 1 000 V AC : 10 mV - 1 000 V TRMS sinusoïdal (15 Hz - 400 Hz)
<b>Précision</b>	DC : ± 2% ±2 chiffres (0 - 1 000 V) AC : ± 2% ±2 chiffres (10 mV - 1 000 V TRMS)
<b>Gamme de fréquence</b>	15 - 400 Hz (50 mV - 1 000 V)
<b>Résolution de la fréquence</b>	0,1 Hz
<b>Précision de la fréquence</b>	±0,5% ±1 chiffre
<b>Test pour diode</b>	Précision du test pour diode : ±2% ±2 chiffres 0,01 V à 3,00 V
<b>Gamme d'affichage :</b>	0,00 V à 3,00 V
<b>Mesure et compensation de température</b>	
<b>Thermosonde</b>	Type T (Type K et Type J)
<b>Gamme de la thermosonde</b>	-20 °C à 200 °C (4 °F à 392 °F)
<b>Gamme de l'instrument</b>	-20 °C à 1 000 °C (4 °F à 1 832 °F)
<b>Résolution de l'instrument</b>	0,1°C (0,18 °F)
<b>Précision de l'instrument</b>	±1,0 °C ±20 chiffres (1,8 °F) (La précision de base indiquée s'applique aux mesures directes et inverses.)
<b>DLRO Test de faible résistance « Kelvin » à quatre fils</b>	
<b>Courant de test</b>	200 mA DC
<b>Gamme</b>	1 mΩ à 10 Ω
<b>Résolution</b>	0,01 mΩ
<b>Précision</b>	± 0,25% de la valeur affichée ± 10 chiffres, la précision indiquée s'applique aux mesures directes et inverses.

Inductance		
<b>Précision de l'instrument</b>		
<b>Gamme</b>	<b>Précision</b>	<b>Fréquence de test</b>
1 H	$\pm(0,7\% + (Lx/10\ 000) \%)$ +5 chiffres)	1 kHz
200 mH	$\pm(1,0\% + (Lx/10\ 000) \%)$ +5 chiffres)	120 Hz
	$\pm(0,7\% + (Lx/10000) \%)$ +5 chiffres)	1 kHz
20 mH	$\pm(2,0\% + (Lx/10000) \%)$ +5 chiffres)	120 Hz
	$\pm(1,2\% + (Lx/10000) \%)$ +5 chiffres)	1 kHz
2 mH	$\pm(2,0\% + (Lx/10\ 000) \%)$ +5 chiffres)	1 kHz seulement
<b>Stockage des résultats</b>		
<b>Capacité de stockage</b>	256 résultats (horodatés)	
<b>Téléchargement des données</b>	USB type A (dispositif de stockage de masse USB)	
<b>Alimentation</b>		
<b>Batteries</b>	6 x Piles alcalines CEI LR6 1,5 V (AA), Lithium (LiFeS <sub>2</sub> ) CEI FR6 1,5 V, NiMH CEI HR6 1,2 V (rechargeables).	
<b>Autonomie des batteries</b>	10 moteurs par cycle de test CEI61557-2 (série complète de tests à 100 V - 100 M $\Omega$ ), 1 200 tests de résistance d'isolement avec un cycle de 5 s de test et 25 s de repos @ 500 V - 0,5 M $\Omega$ .	
	Cycle de test CEI61557-4, 1 200 tests de continuité avec un cycle de 5 s de test et 25 s de repos pour une résistance de 1 $\Omega$ .	
<b>Chargement des batteries</b>	Chargeur secteur	
<b>Protection de sécurité</b>	CEI61010-1 CAT III 600 V	
<b>CEM</b>	Industrie CEI61326	
<b>Coefficient de température</b>	<0,1% par °C jusqu'à 1 G $\Omega$	

<b>Environnementales</b>	
<b>Gamme de température de fonctionnement</b>	-10 °C à 50 °C (14 °F à 122 °F)
<b>Gamme de température de stockage</b>	-25 °C à 65 °C (-13 °F à 149 °F)
<b>Humidité</b>	90% HR à 40 °C (104 °F) max.
<b>Température d'étalonnage</b>	20 °C (68 °F)
<b>Altitude maximale</b>	3 000 m (9 843 pi.)
<b>Indice de protection (IP)</b>	IP54
<b>Physiques</b>	
<b>Affichage</b>	Écran LCD couleur avec rétroéclairage réglable par l'utilisateur
<b>Langues</b>	Anglais, français, allemand et espagnol.
<b>Dimensions</b>	228 x 105 x 75 mm (8,98 x 4,1 x 2,95 po)
<b>Poids</b>	1,00 kg (2,2 lb), batteries incluses
<b>Fusible</b>	x2 fusibles céramiques 500 mA (FF) 1 000 V 32 x 6 mm, capacité de coupure élevée HBC, 30 kA minimum. Les fusibles en verre sont à proscrire.
<b>Normes IEE</b>	
Norme IEEE 43-2013 Pratique recommandée pour les tests de résistance d'isolement des machines électriques	
Norme IEEE 1415-2006 Guide de maintenance, test et analyse des défaillances des machines à induction	
Norme IEEE 112-2017 Procédure de test recommandée pour les moteurs et générateurs à induction polyphasés	
NEMA MG-1	







**Cet instrument est fabriqué au Royaume-Uni.**

**L'entreprise se réserve le droit de modifier les spécifications ou la conception sans préavis.**

**Megger est une marque de commerce déposée.**

**Le nom et les logos Bluetooth<sup>®</sup> sont des marques de commerce déposées détenues par Bluetooth SIG, Inc et utilisées sous licence.**

**Guide to low voltage Motor Testing\_fr\_V01 07 2019**  
**Réf. : 2012-431**

**© Megger Limited 2019**

**[www.megger.com](http://www.megger.com)**

## **DISTRAME**

**Parc du Grand Troyes - Quartier Europe Centrale, 40 rue de Vienne - 10300 SAINTE-SAVINE**  
**Tél. : 03 25 71 25 83 - [infos@distrame.fr](mailto:infos@distrame.fr) - [www.distrame.fr](http://www.distrame.fr)**