

1 - GÉNÉRALITÉS

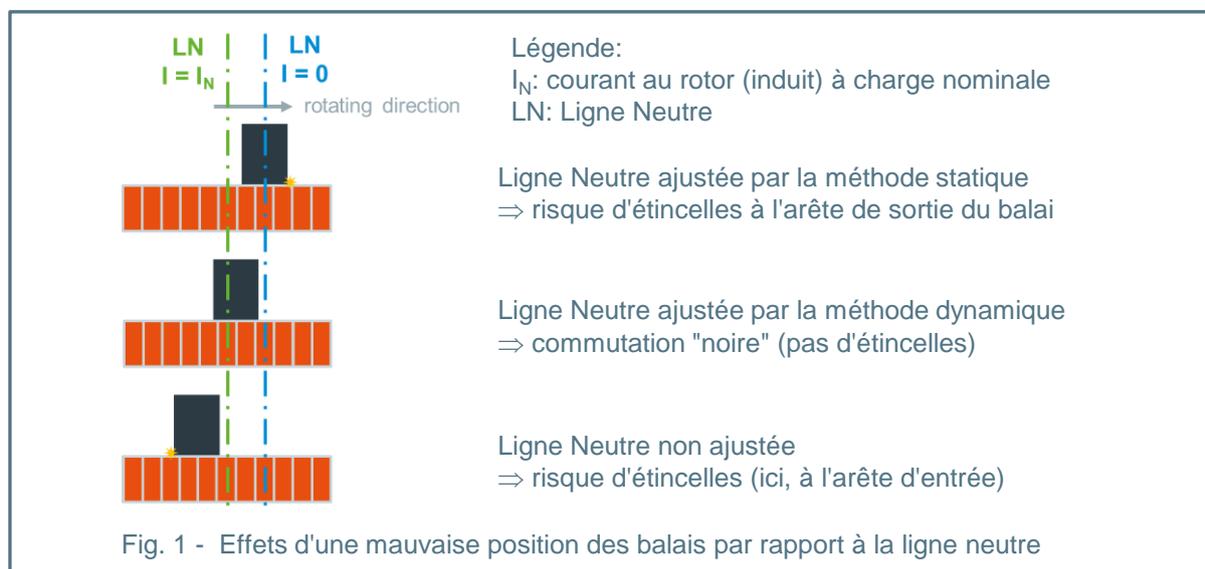
Dans le domaine des machines à courant continu, des problèmes d'étincelles sont souvent rapportés. L'expression "problème de commutation" est couramment utilisée pour caractériser de manière inappropriée les étincelles.

Comme indiqué dans nos TDS-14 et TDS-01, les étincelles aux arêtes des balais peuvent être provoquées par des causes mécaniques ou électriques, ou une combinaison de celles-ci. En général, les causes mécaniques sont faciles et rapides à détecter et à corriger, alors que les défauts d'origine électriques ne sont pas toujours évidents.

L'un d'entre eux est un positionnement incorrect des balais sur la ligne neutre, dont les effets sont montrés sur la figure 1. En principe, il s'agit de la position où la tension entre les lames du collecteur est théoriquement égale à zéro et sur laquelle les balais doivent être placés. En d'autres termes, elle correspond à la zone où le balai fonctionne sans étincelles, également appelée "zone de commutation noire".

Il existe diverses méthodes pour déterminer la ligne neutre d'une machine à courant continu, et nous pouvons les classer en deux catégories :

- les méthodes statiques permettent de déterminer la position de la ligne neutre sans charge lorsque le rotor est bloqué,
- la méthode dynamique est la seule méthode permettant de définir la ligne neutre réelle lorsque la machine fonctionne à charge nominale.



Note: si des étincelles se produisent encore après un réglage correct de la ligne neutre, d'autres causes doivent être recherchées : vieillissement ou nombre incorrect de spires des enroulements des pôles de commutation, défauts des enroulements principaux, entrefer incorrect entre le noyau de l'induit et les pôles...

Notre Service d'Assistance Technique à la Clientèle est à votre disposition pour toute question :

Courriel : info.ptt@mersen.com

PROPRIÉTÉ MERSEN

IMPORTANT

Avant d'effectuer tout essai (méthode statique ou dynamique), la machine doit être inspectée :

- la couverture tangentielle du balai doit être vérifiée, et une grande attention doit également être portée au chevauchement circonférentiel des balais (voir notre TDS-09),
- le balai doit être correctement rodé sur le collecteur et la patine doit être présente (voir TDS-13),
- l'entretien de la machine doit être effectué préalablement (ou récemment) pour éviter toute perturbation pouvant survenir lorsque la machine, en particulier le collecteur, n'est pas en bon état (faux-rond, rugosité, positionnement et équidistance des porte-balais - voir TDS-08 et notre guide technique sur la maintenance).

2 - MÉTHODES STATIQUES

Cette catégorie est applicable à toutes les machines bidirectionnelles, à condition que l'induit ne comporte pas de section morte.

La méthode du millivoltmètre semblerait être préférée par la plupart des utilisateurs, en raison de sa relative simplicité de mise en œuvre et d'utilisation. Cette méthode est expliquée ci-dessous, avec deux procédures possibles.

Millivoltmètre – Méthode simplifiée

Le principe est de connecter les pôles à une alimentation alternative basse tension (15 V à 40 V¹) et de rechercher la position où la tension entre 2 balais de pôles adjacents est égale à zéro ou est très faible.

La figure 2 illustre les connexions.

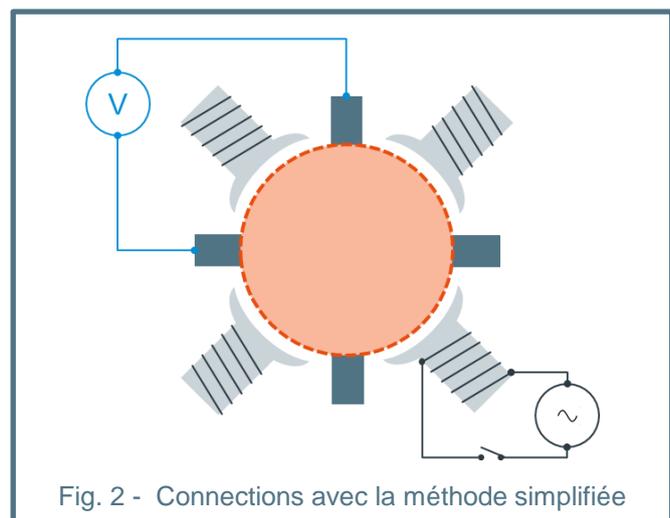


Fig. 2 - Connexions avec la méthode simplifiée

Les étapes successives sont les suivantes:

- a) s'assurer que les balais sont bien rodés sur la surface du collecteur et qu'il y a une patine convenable,
- b) arrêter la machine, déconnecter l'induit et le bloquer,
- c) connecter le millivoltmètre² à deux bras de balais adjacents (c'est-à-dire de polarités opposées),
- d) connecter les pôles avec une alimentation alternative basse tension¹,
- e) fermer le circuit,
- f) dévisser la couronne porte-balais et la déplacer de sa position initiale dans un premier sens de rotation,

¹ Bien entendu, le choix de l'alimentation électrique influencera les lectures et l'échelle du millivoltmètre. Le courant alternatif doit être suffisant pour dévier le millivoltmètre avec une puissance et une sensibilité appropriées, tout en fonctionnant dans des conditions de sécurité (< 40V). En cas d'utilisation de courant continu, un interrupteur est indispensable, et une deuxième personne sera nécessaire pour allumer et éteindre le circuit de charge.

² La méthode gagne en simplicité lorsqu'on utilise un voltmètre à aiguille centrale.

- g) déplacer la couronne porte-balais dans le sens opposé, lire la tension pendant le déplacement de manière à obtenir la valeur de tension la plus basse,
- h) bloquer la couronne porte-balais et marquer la position (si la tension change, répéter l'opération),
- i) débloquer la couronne porte-balais et continuer à la déplacer dans le même sens de rotation pour dépasser la position où la tension était la plus basse,
- j) répétez les étapes g) à i) avec l'autre sens de rotation,
- k) la position neutre sera entre les deux marques.

Millivoltmètre – Méthode graphique

La procédure suivante rend la détermination plus précise, mais nécessite un temps beaucoup plus long et deux personnes. Elle consiste à mesurer la tension entre deux lames opposées et à reporter les valeurs de tension sur un graphique papier. Les premières étapes sont les suivantes :

- a) s'assurer que les balais sont bien rodés sur la surface tournante et qu'il y a une patine,
- b) arrêter la machine, déconnecter l'armature et la bloquer,
- c) relever les balais,
- d) déterminer le nombre de lames entre pôles en divisant le nombre total de lames du collecteur par le nombre de pôles de la machine, puis numéroté toutes les lames à partir de tout point situé à gauche d'un bras de balais (en commençant par zéro - voir figures 2 et 4).

Deux cas sont possibles, selon que le nombre de lames est pair ou impair.

1) Nombre de lames entre pôles entier

Cela correspond à un nombre total de lames pair, autrement dit, les lames opposées sont symétriques (Figure 3).

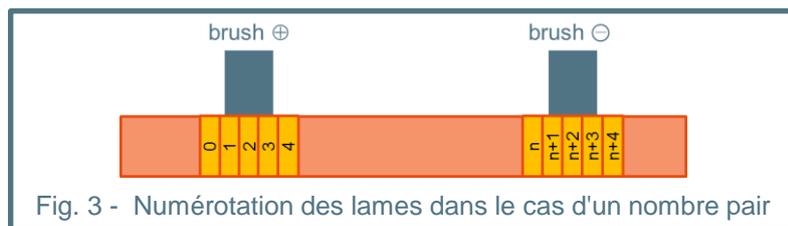


Fig. 3 - Numérotation des lames dans le cas d'un nombre pair

Procéder aux étapes suivantes (après l'étape d précédente) :

- e) connecter les pôles avec une alimentation alternative basse tension (cf. méthode simplifiée),
- f) connecter le millivoltmètre entre deux électrodes de contact,
- g) appliquer les électrodes de contact respectivement sur les lames numérotées 0 et n, lire la tension et la reporter sur un graphique papier (point 0;n),
- h) répéter g) entre les lames numérotées 1 et n+1, etc... pour obtenir au moins 5 points (points i;n+i).

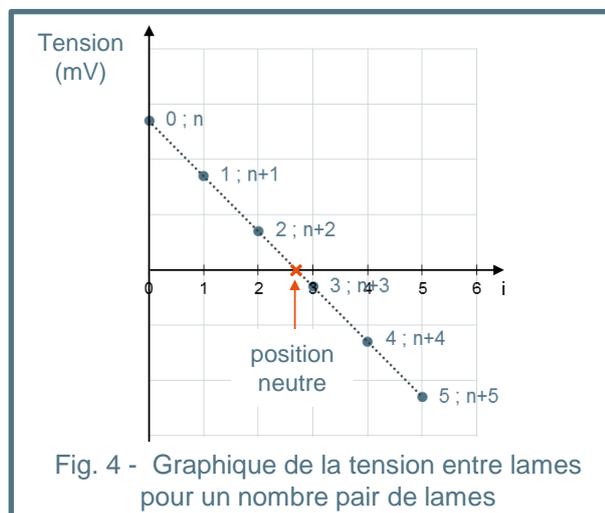


Fig. 4 - Graphique de la tension entre lames pour un nombre pair de lames

Le graphique de la figure 4 ci-contre est obtenu après avoir tracé la ligne moyenne entre les points. La position neutre se trouve à l'intersection de la ligne avec l'axe horizontal.

PROPRIÉTÉ MERSEN

2) Nombre de lames entre pôles fractionnaire

Cela correspond à un nombre total de lames impair, autrement dit, les lames opposées ne sont pas symétriques.

Deux graphiques superposés sont tracés pour obtenir la figure 5 : le premier est obtenu selon la même méthode que le précédent (position bleue $i;n+i$), le second est réalisé avec un décalage d'une lame de la seconde électrode (position verte $i;n+i+1$).

Le point neutre est déterminé par interpolation entre l'intersection des deux courbes de chute de tension avec l'axe horizontal.

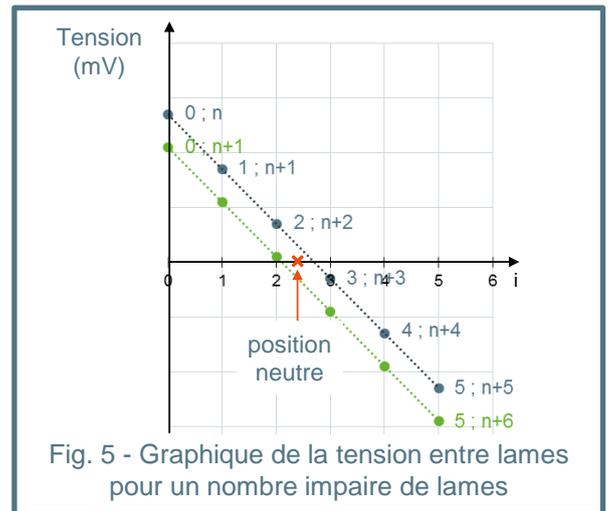


Fig. 5 - Graphique de la tension entre lames pour un nombre impair de lames

3 – MÉTHODE DYNAMIQUE

Lorsque la machine tourne, la réaction du rotor induit une déformation du flux magnétique, ce qui génère un décalage de la ligne neutre d'un certain angle. Même si l'on ajoute des pôles de commutation pour compenser ce phénomène, il y a toujours un décalage. La figure 6 montre son influence en fonction du sens de rotation et de la configuration de la machine (moteur ou générateur).

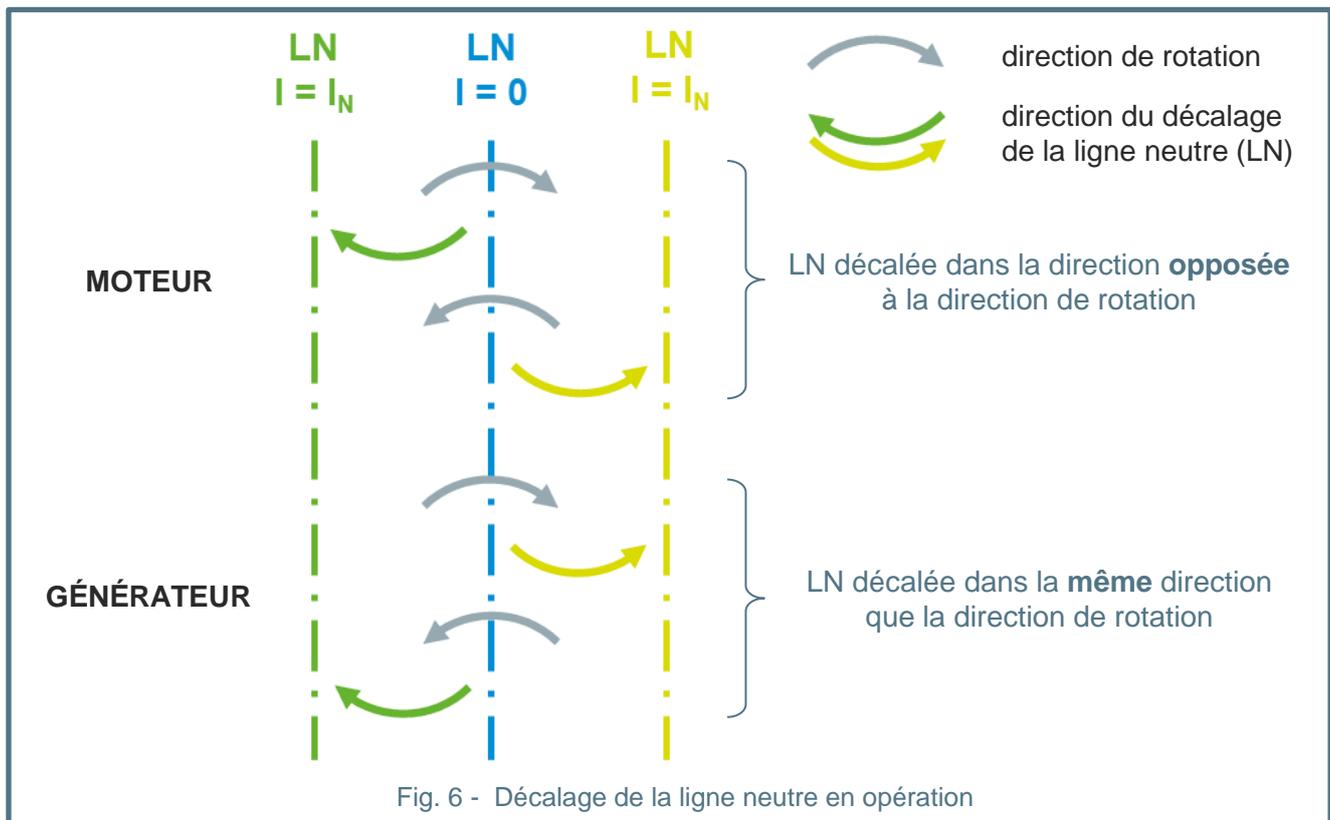


Fig. 6 - Décalage de la ligne neutre en opération

De plus, le courant réel dans l'induit peut ne pas être au nominal (pourcentage ou cycles). Il faut donc en tenir compte lors du positionnement du balai (en particulier pour les machines sous-chargées - voir la TDS-25).

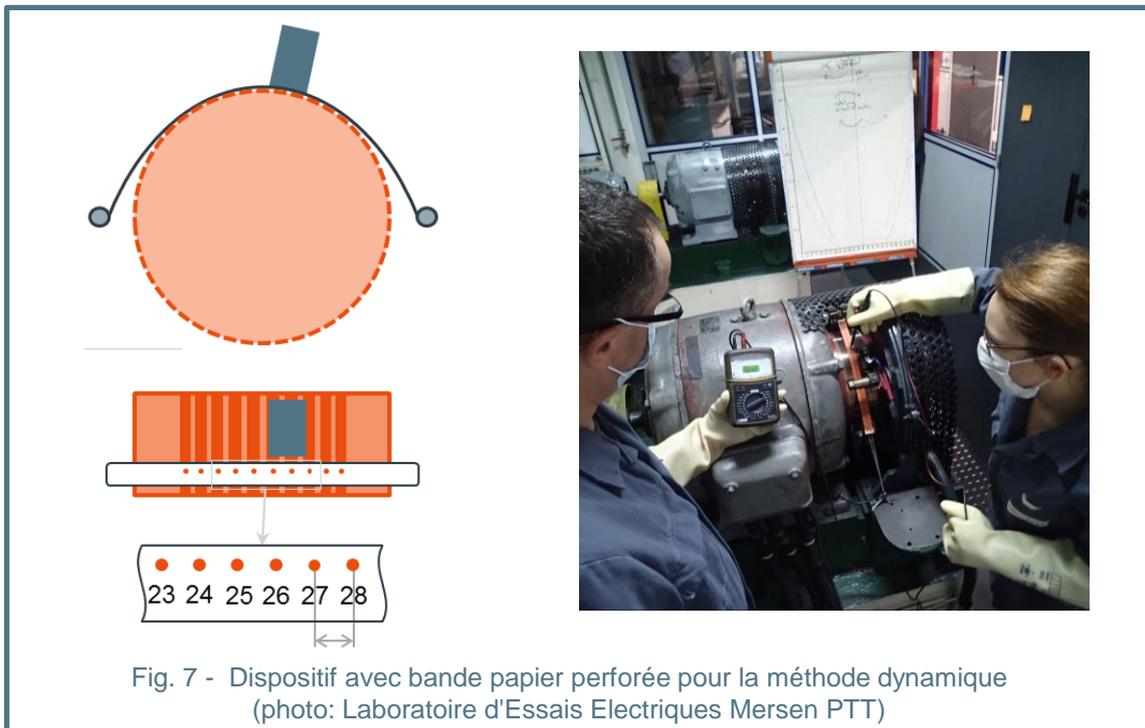
Détermination de la position de la ligne neutre

Pour les machines à courant continu avec un niveau de commutation élevé, il peut être nécessaire de déterminer la position exacte des balais.

Détermination dynamique sous charge nominale avec méthode graphique

La méthode de détermination dynamique consiste à mesurer la tension entre un balai et chaque lame située avant et après le balai, pour ensuite identifier la position où la tension est la plus proche de zéro.

Comme la machine est en rotation, la position des lames ne peut pas être matérialisée. Une position virtuelle sera obtenue en plaçant une bande de papier perforée de manière à ce qu'elle appuie sur la surface du collecteur au niveau d'un espace libre à côté d'un balai, les trous étant percés et numérotés de façon à ce que chaque trou corresponde virtuellement à une lame. La figure 7 illustre cette disposition.



En raison de la rotation, nous ne pouvons pas utiliser une pointe métallique. On la remplace simplement par une pointe en graphite.

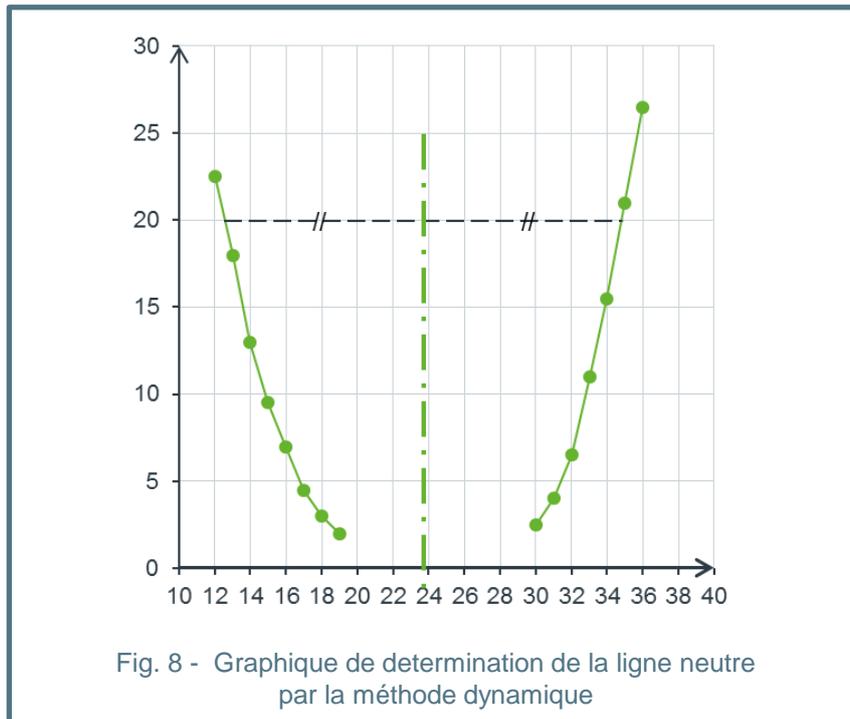
Les étapes successives sont :

- s'assurer que les balais sont bien rodés sur la surface du collecteur et qu'il y a une patine appropriée,
- arrêter la machine, déconnecter l'induit et le bloquer,
- déterminer le pas de lames³ et le reporter sur la bande de papier, puis percer les trous et les numéroter,

³ Le pas des lames peut être déterminé simplement : trouver le nombre de lames du collecteur (fiche technique du constructeur ou comptage) et mesurer le périmètre du collecteur (par exemple avec une bande de papier), puis diviser le périmètre (en mm) par le nombre de lames, pour obtenir le pas de lames (en mm).

Une autre méthode consiste à imprimer l'image de plusieurs lames sur une feuille de papier à l'aide d'un crayon en graphite (ou d'un balai de qualité tendre !), puis à mesurer la distance entre un certain nombre de lames à l'aide d'un pied à coulisse pour ensuite calculer le pas.

- d) fixer fermement la bande de papier de manière à ce qu'elle soit appuyée sur la surface du collecteur et que son centre soit aussi proche que possible d'un balai,
 - e) faire fonctionner la machine à son courant nominal,
 - f) procéder à la mesure de la tension pour chaque lame virtuelle numérotée avant et après la position du balai et la reporter (voir image de la figure 6),
 - g) tracer des lignes entre chaque point (la courbe doit avoir une forme parabolique),
 - h) la ligne neutre se trouve à équidistance de deux points ayant la tension la plus élevée.
- La figure 8 est un exemple de graphique permettant de déterminer la ligne neutre.



Sur l'exemple ci-dessus, la position neutre se trouve entre les lames 23 et 24. Aussi, le balai devra être centré sur cette position.

Note: L'ajustement de la ligne neutre peut être effectué par les experts Mersen lors d'une opération de maintenance.

IMPORTANT

Des mesures de gestion des risques doivent être prises lors de sa mise en œuvre (plan de prévention des risques). En particulier, trois conditions importantes doivent être respectées :

- 1) utilisation d'équipements de sécurité : tapis isolant, gants d'électricien, masque facial, vêtements (avec bracelet), etc.,
- 2) présence d'une seconde personne pour éloigner la personne chargée de la mesure à l'aide d'une barre isolante,
- 3) une troisième personne veillera à ce que le test se déroule en toute sécurité et appellera les secours en cas de besoin. Cette personne enregistrera également les mesures.

Autres méthodes pour l'ajustement de la position des balais

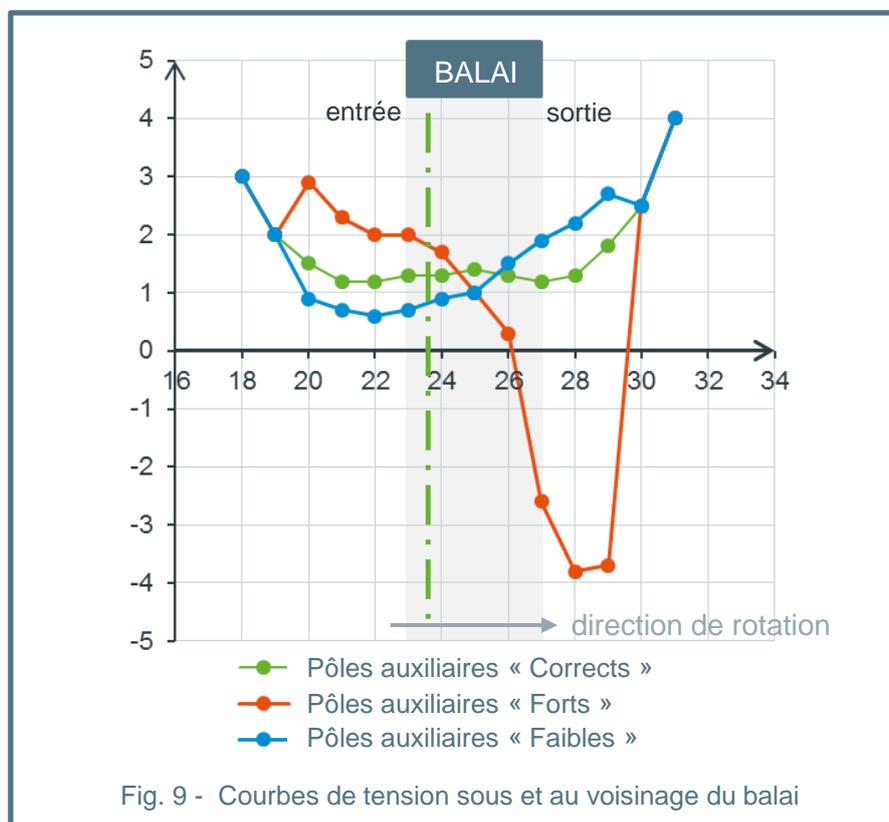
Une méthode dérivée de la précédente peut être utilisée lorsque la tension est trop élevée, de sorte qu'elle peut être effectuée dans de bonnes conditions de sécurité : la tension appliquée au rotor est inférieure à 100V et la machine fonctionne sans charge. Dans ce cas, la position déterminée selon la méthode graphique précédente correspond à la ligne neutre à vide.

Ensuite, on fait tourner le moteur à sa charge nominale pour vérifier les étincelles. Si des étincelles apparaissent, la position des balais doit être ajustée en déplaçant les bras ou la couronne d'une demi-lame à chaque étape (dans un sens opposé au sens de rotation dans le cas d'un fonctionnement du moteur - voir figure 6), de manière à obtenir une absence d'étincelles.

D'autres méthodes pas à pas sont également connues, donnant des résultats variés et prenant généralement beaucoup de temps.

Etat des pôles auxiliaires

En continuant de tracer le graphique de la figure 8 sur les bandes restantes, nous obtenons la courbe de tension sous le balai. Trois cas sont alors possibles, comme illustré par la figure 9 :



L'aspect de la courbe et la différence de tension entre l'entrée et la sortie renseignent sur l'état des pôles auxiliaires.

Pôles auxiliaires « Corrects »

La tension ΔU entre les arêtes d'entrée et de sortie du balai est inférieure à 0,1 V. Voir figure 10.

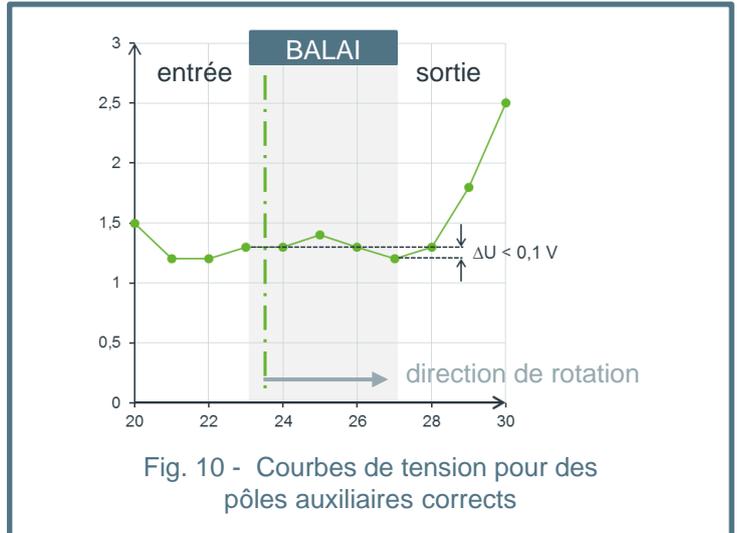


Fig. 10 - Courbes de tension pour des pôles auxiliaires corrects

Pôles auxiliaires « Forts »

La tension ΔU entre les deux arêtes du balai est supérieure à 0,1 V, avec une tension d'entrée U_E plus grande que la tension de sortie U_S . Voir Figure 11.

Ce cas peut se produire lorsqu'un nombre de spires trop important a été bobiné sur les pôles auxiliaires (lors d'une réparation).

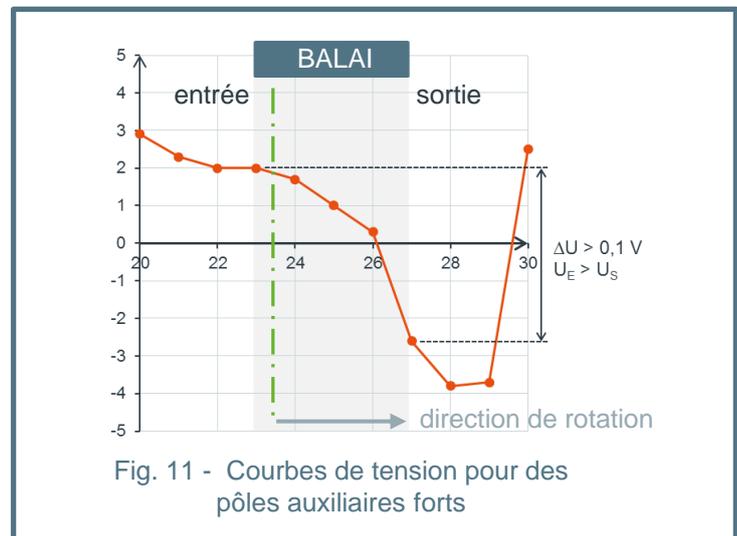


Fig. 11 - Courbes de tension pour des pôles auxiliaires forts

Pôles auxiliaires « Faibles »

La tension ΔU entre les deux arêtes du balai est supérieure à 0,1 V, avec une tension d'entrée U_E plus faible que la tension de sortie U_S . Voir Figure 11.

Cela peut être la conséquence d'un vieillissement naturel des bobinages (cas le plus fréquent) ou un nombre insuffisant de spires des pôles auxiliaires (lors d'une réparation).

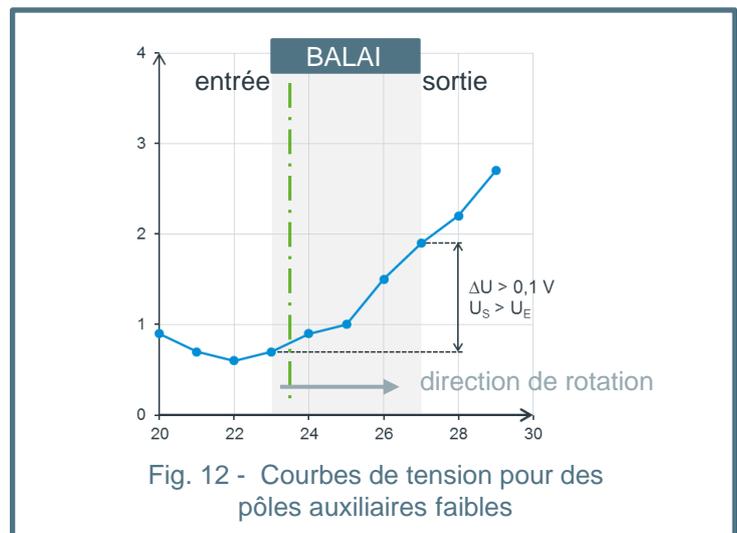


Fig. 12 - Courbes de tension pour des pôles auxiliaires faibles

PROPRIÉTÉ MERSEN

Méthode de mesure du potentiel avec un balai

Lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser la méthode dynamique à pleine charge, un dispositif de test peut être mis en œuvre sur le moteur à l'arrêt, consistant à placer 2 sondes de tension aux bords des balais (la première à l'entrée et la seconde à la sortie). Les sondes peuvent être notamment encastrées à l'intérieur du balai (voir exemple sur la photo ci-contre).

Ainsi, lorsque la machine fonctionne, on obtient une lecture directe de la tension ΔU entre les bords d'entrée et de sortie du balai. Ainsi, l'état des pôles de commutation est déterminé selon les critères exposés précédemment.



SERVICES MERSEN



Bénéficiez des connaissances et de l'expérience des experts Mersen pour tous vos besoins d'expertise moteur, de maintenance ou de formation :

- Mesures, contrôles et diagnostics
- Usinages in-situ et rénovation de vos jeux de bagues et de vos collecteurs
- Conseils techniques pour vous aider à tirer le meilleur parti de vos équipements et de minimiser vos coûts de fonctionnement et de maintenance
- Solutions de Retrofit

Documents cités (disponibles sur notre site internet www.mersen.com):

- Guide Technique MERSEN "Maintenance des balais, porte-balais, collecteurs et bagues"
- Fiches Techniques Mersen PTT :
 - TDS-01: Les devoirs du bon balai
 - TDS-03: Chanfreinage des lames collecteurs / des rainures de bagues
 - TDS-08: Check-list de maintenance préventive
 - TDS-09: Chevauchement tangentiel des balais
 - TDS-13: Aspect des collecteurs et des bagues (patines)
 - TDS-14: Etincelles aux balais
 - TDS-19: Rodage des balais
 - TDS-25: Machines sous-chargées

Les informations contenues dans ce catalogue sont données à titre purement indicatif et ne sauraient engager la responsabilité de Mersen pour quelque cause que ce soit. Toute copie, reproduction ou traduction, intégralement ou partiellement, de ces informations est interdite sans l'accord écrit préalable de Mersen. En outre, en raison de l'évolution constante des techniques et des normes applicables, Mersen s'autorise à modifier à tout moment les caractéristiques et spécifications de ses produits telles que décrites dans le présent catalogue.

Contact : info.ptt@mersen.com

PROPRIÉTÉ MERSEN