

Analyseur de champs électromagnétiques ME 3851A

Code : 100304

Cette notice fait partie du produit. Elle contient des informations importantes concernant son utilisation. Tenez-en compte, même si vous transmettez le produit à un tiers.

Conservez cette notice pour tout report ultérieur !

Note de l'éditeur

Cette notice est une publication de la société Conrad, 59800 Lille/France. Tous droits réservés, y compris la traduction. Toute reproduction, quel que soit le type (p.ex. photocopies, microfilms ou saisie dans des traitements de texte électronique) est soumise à une autorisation préalable écrite de l'éditeur.

Reproduction, même partielle, interdite.

Cette notice est conforme à l'état du produit au moment de l'impression.

Données techniques et conditionnement soumis à modifications sans avis préalable.

© Copyright 2001 par Conrad. Imprimé en CEE. XXX/01-05/SC

The logo for Conrad, featuring a stylized 'C' followed by the word 'ONRAD' in a bold, italicized sans-serif font.

Référence technique

- Fonctions
- Utilisation et Entretien
- Instructions relatives à la réalisation de mesures
- Théorie des champs

Lisez attentivement ce mode d'emploi avant la première mise en service. Il donne des indications importantes pour la sécurité, l'utilisation et l'entretien de cet appareil.

Les analyseurs de champs électromagnétiques de la série ME 3 de GIGAHERTZ SOLUTIONS® **révolutionnent** la technique de mesure des champs alternatifs haute fréquence : la performance des instruments de mesure professionnels du monde entier était jusque là justifiée par leur prix. Ce rapport qualité-prix s'expliquait par l'emploi massif d'éléments de circuit innovants et en partie brevetés et au recours aux procédés de fabrication les plus modernes.

L'appareil que vous venez d'acquérir donne des informations précises sur l'intensité des champs magnétiques et électriques alternatifs selon les directives internationales relatives aux postes de travail (TCO / MPR) dans la totalité de la bande de fréquences de 5 Hz à 100 kHz.

Nous vous remercions de la confiance que vous nous témoignez par l'achat de l'analyseur ME 3951A. Nous sommes convaincus que les connaissances que cet appareil vous apportera vous seront utiles.

Table des matières

Précautions d'emploi
Commandes
Avant la mise en service/contrôle de fonctionnement
Instructions relatives à la réalisation de mesures
Remplacement de l'accu
Gestion de l'accu (Chargement, batterie faible, arrêt automatique, contrôle de niveau de batterie)
Théorie des champs
Valeurs limites recommandées
Caractéristiques techniques

Précautions d'emploi :

Lisez attentivement ce mode d'emploi avant la première mise en service. Il donne des indications importantes pour la sécurité, l'utilisation et l'entretien de cet appareil.

Utilisez le bloc d'alimentation uniquement avec l'accu rechargeable prescrit. N'essayez en aucun cas de recharger des piles primaires non rechargeables (par ex. au zinc-carbone ou au manganèse) via la borne de chargement : danger d'explosion !

Il est préférable de réaliser la mise à la terre de l'appareil – nécessaire à la mesure de champs électriques – au moyen du câble de terre fourni sur une conduite d'eau, de gaz ou de chauffage sous gaine de plomb nu. Si aucune autre mise à la terre n'est possible, l'électricien peut la réaliser au niveau de la terre de la prise à contact de protection. Dans ce cas, il y a risque de décharge électrique si la borne de terre entre en contact avec la phase sous tension.

Ne mettez ni l'appareil, ni le bloc d'alimentation au contact de l'eau. Cela pourrait provoquer une

Alimentation

Accu interne au nickel et à l'hydrure métallique sans métal lourd avec réglage du chargement pour préserver l'accu, protection contre le déchargement et la surcharge.

Autonomie moyenne 8 heures.

Affichage anticipé de batterie faible et fonction arrêt automatique pour préserver la batterie (l'arrêt automatique désactivé lors de mesures longue durée).
Bloc secteur pour rechargement de l'accu fourni.

Accessoires en option

Certificat de calibration (intervalle de calibration recommandé : 1 an)
Etui en plastique avec rembourrage de protection.
Accu externe supplémentaire à grande capacité pour enregistrements longue durée (> 48 heures).
Unité d'affichage externe supplémentaire pour les mesures dans les endroits difficilement accessibles ou l'observation de la mesure par une seconde.
Filtre de fréquences compatible avec fréquences limites supplémentaires commutables.
Garantie Qualité

Electronique innovante : plusieurs brevets déposés pour la méthode et les circuits.

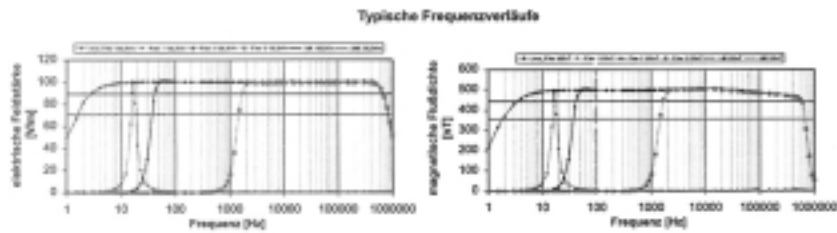
Précision durable grâce à des éléments de circuit qui s'autocalibrent.

Fabriqué en Allemagne avec la technique de production moderne CMS.
Emploi de composants de grande qualité, matériau de base FR4 et procédé de fabrication reproductible.

Mode test pour correction de décalage.

Sont fournis :

- filtre passe-bande 16 Hz classe 4, Q=10, commutable
- filtre passe-haut 50 Hz classe 5, commutable
- filtre passe-haut 2 kHz classe 5, commutable
- Câble de terre ultra-flexible de 5 m pour la mesure des intensités de champs électriques
- adaptateur BNC pour connexion à un analyseur de spectre
- spécifications détaillées et mode d'emploi



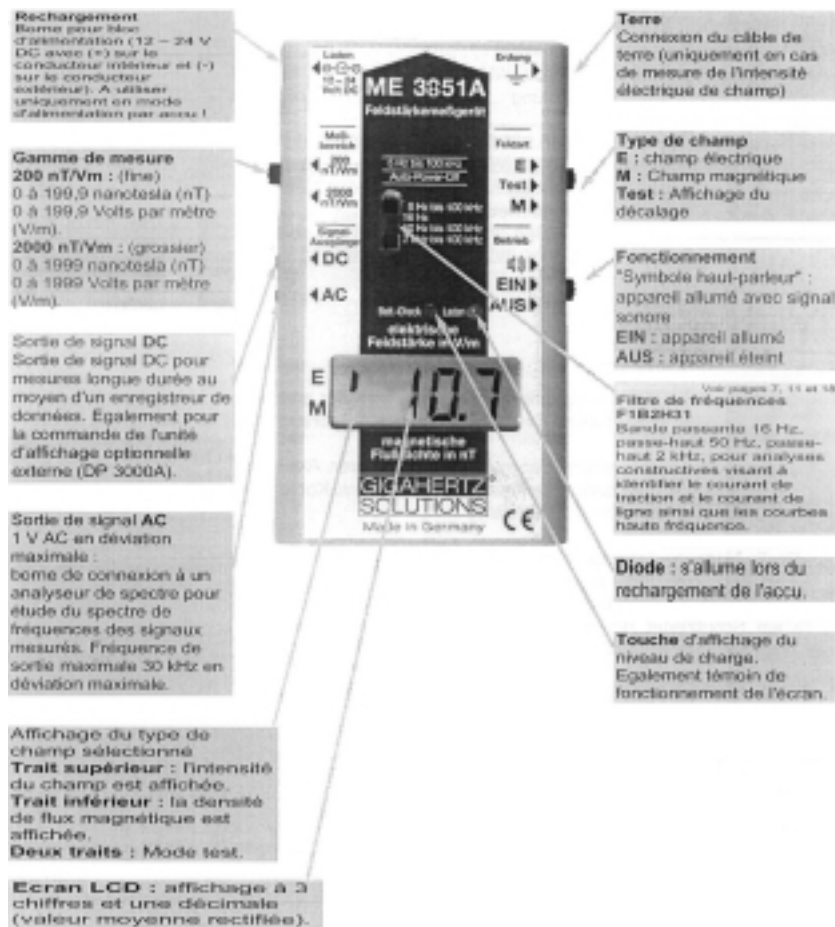
Typische Frequenzverläufe = allures typiques des fréquences
elektrische Feldstärke = intensité de champ électrique
Frequenz = fréquence
magnetische Flussdichte = densité de flux magnétique
ohne Filter = sans filtre
Filter = filtre

décharge électrique ou détruire l'appareil. L'introduction d'eau, dans le boîtier en particulier, pourrait détruire le circuit électronique de l'appareil. N'entreposez pas l'appareil en plein air et ne l'utilisez pas par temps pluvieux. Nettoyez-le de l'extérieur avec un chiffon légèrement humide. N'utilisez pas de produits de nettoyage ou de sprays.

Avant de nettoyer l'appareil ou d'ouvrir le boîtier, éteignez l'appareil et retirez tous les câbles qui y sont reliés. Le boîtier ne contient pas d'éléments qu'une personne non initiée puisse entretenir.

En raison de la grande résolution de l'appareil, les circuits électroniques qu'il contient sont particulièrement sensibles à la chaleur, aux chocs et au contact. Ne l'exposez pas au soleil, ne le posez pas sur un radiateur, ne le faites pas tomber et ne manipulez pas les composants après l'avoir ouvert.

Utilisez cet appareil uniquement dans le but prescrit. N'utilisez que les pièces fournies et recommandées.



Caractéristiques techniques

	Densité de flux magnétique Unidimensionnelle en nT	Intensité de champ électrique Par rapport au potentiel de masse en V/m
Gamme de fréquences	5 Hz min à 400 kHz (-1 dB limite)	5 Hz min à 400 kHz (-1 dB limite)
Gamme de mesure	200,0 nT 2000 nT	200,0 V/m 2000 V/m
Résolution	0,1 nT 1 nT	0,1 V/m 1 V/m
Précision de base (à 50 Hz vs calibration normale)	+/- 2% +/- 2%	+/- 2% +/- 2%
Défauts de linéarité (à 50 Hz)	0,3 nT +/- 0,3 nT	+/- 0,2 V/m +/- 0,2 V/m
Offset (à 50 Hz)	+/- 0,4 nT +/- 0,4 nT	+/- 0,4 V/m +/- 0,4 V/m
Consommation	15 - 20 mA, varie en fonction du mode de fonctionnement	

À 20°C et 45% du taux d'humidité relative

Les méthodes de mesure correspondent aux directives reconnues au niveau international pour les postes de travail émises par le TCO et le MPR.

Dimensions 74 x 122 x 31 mm, poids env. 196 grammes

Fonctions et équipements supplémentaires

Ecran LCD 3,5 digits avec chiffres de grande taille très lisibles, affichage du type de champ mesuré et de batterie faible.

Signal sonore proportionnel à l'intensité du champ (avec "effet tube compteur Geiger-Müller", commutable).

Sorties de mesure pour signaux alternatifs jusqu'à 30 kHz et signaux continus. Permet de brancher par ex. un enregistreur de donnée ou un casque pour analyse acoustique de fréquences.

Valeurs limites recommandées

Directives relatives aux valeurs limites pour les postes de travail

Valeurs limites recommandées dans la gamme	MPR II	TCO '92 - '99	TUV Rhénanie
Champ magnétique alternatif 5 Hz à 2 kHz	200 nT Valeurs effectives 25nT	200 nT	200 nT
2 kHz à 400 kHz		25 nT	25 nT
Champ électrique alternatif 5 Hz à 2 kHz	25 V/m 2,5 V/m	10 V/m	10 V/m
2 kHz à 400 kHz		1 V/m	2,5 V/m
A une distance globale à l'avant	50 cm	50 cm	50 cm
Charge électrostatique	± 500 V	± 500 V	± 500 V
Fonction économie d'énergie		Oui	?

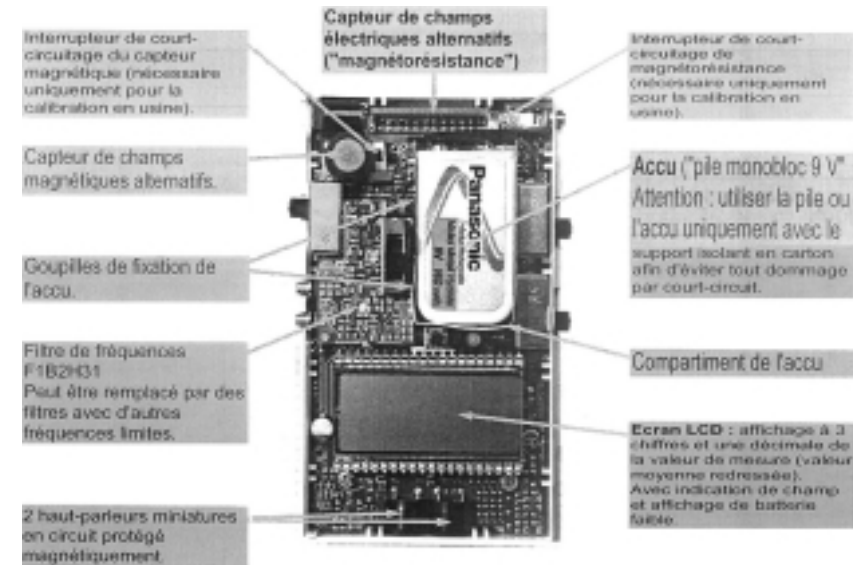
Valeurs limites recommandées en bio-construction

Valeurs indicatives en bio-construction (basse fréquence)	Valeurs indicatives en bio-construction (basse fréquence)
V/m Anomalie extrême > 50 Anomalie forte 5 - 50 Anomalie faible 1 - 5 Aucune anomalie < 1	µT Anomalie extrême > 0,5 Anomalie forte 0,1 - 0,5 Anomalie faible 0,02 - 0,1 Aucune anomalie < 0,02

extrait de Wolfgang Mass: Stress durch Strom und Strahlung, Neuberger

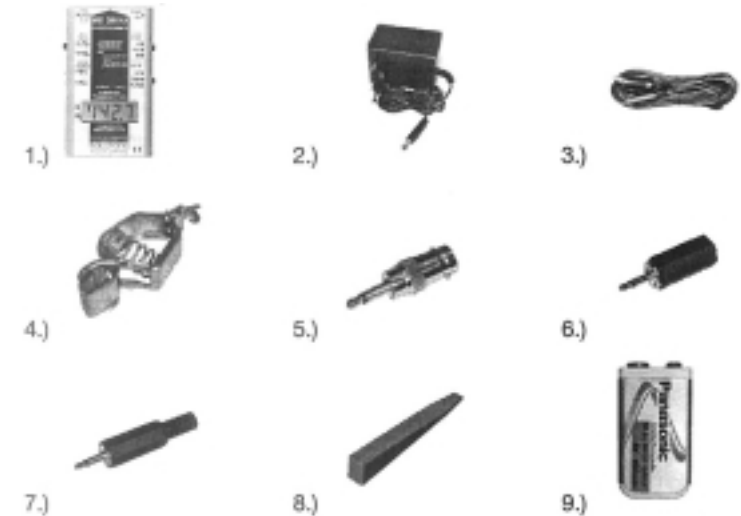
ME 3851A
Avec F1B2H31

Analyseur professionnel de champs électromagnétiques basse fréquence de 5 Hz à 100 kHz avec filtre de fréquences intégré et nombreux accessoires.



Contenu de l'emballage

Photos des différents éléments



- 1.) Analyseur
- 2.) Bloc secteur avec fiche pour tension étrangère (2,0 mm)
- 3.) Câble de terre (5 m) avec fiche jack (2,5 mm, mono) et pince crocodile
- 4.) Pince de mise à la terre
- 5.) Adaptateur borne BNC (3,5 mm, mono) / fiche jack (2,5 mm, mono)
- 6.) Adaptateur borne jack (3,5 mm, mono) / fiche jack (2,5 mm)
- 7.) Fiche jack (2,5 mm) pour la fabrication d'un adaptateur
- 8.) Cale pour ouvrir le boîtier (pour remplacer l'accu ou le filtre de fréquences)
- 9.) Bloc d'accus à tension nominale 9 V (peut être déjà installé selon le modèle livré).

Avant la mise en service

Allumage

Si rien n'apparaît à l'écran, insérez l'accu ou une pile (voir chapitre "Remplacement de l'accu").

Rechargement

Si l'écran affiche des messages de batterie faible, rechargez l'accu ou remplacez la pile (voir chapitre "Gestion de l'accu").

Contrôle de fonctionnement – Affichage de l'intensité de flux magnétique :



1. Réglage sur l'appareil :
Type de champ = "M", gamme de mesure = "200 nT/Vm", gamme de fréquence = "5 Hz – 100 kHz",
fonctionnement = "Symbole haut-parleur"

2. Tournez rapidement l'appareil autour de son axe longitudinal dans un sens puis dans l'autre,
comme l'indique la photo 3.

Cette opération permet de créer un "champ quasi alternatif" à partir du champ magnétique statique.
Plus les mouvements sont rapides et amples, plus le champ alternatif ainsi produit sera intense.
L'écran affiche des valeurs de mesures plus élevées et le signal sonore proportionnel à l'intensité du
champ "crépète".

La direction dans laquelle B tourne autour du conducteur est choisie au hasard. La "règle de la main droite" s'est imposée dans la détermination de la direction (photo 42).

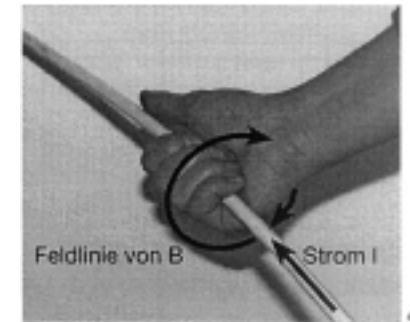


photo 42
Feldlinie von B = ligne de champ de B
Strom I = courant I

Le pouce tendu symbolise la direction du courant, les doigts restants désignent la direction de la
densité de flux magnétique.

La grandeur B dépend du matériau. A l'intérieur, la propriété du matériau est chiffrée par μ .
La grandeur qui dépend du matériau est l'intensité de champ magnétique H. Pour un conducteur sous
tension, on a

$$H = I / (2 * \pi * d) \text{ (F13)}$$

$$H \text{ (unité) : A/m = Henry}$$

Les deux grandeurs sont reliées ensemble par μ .

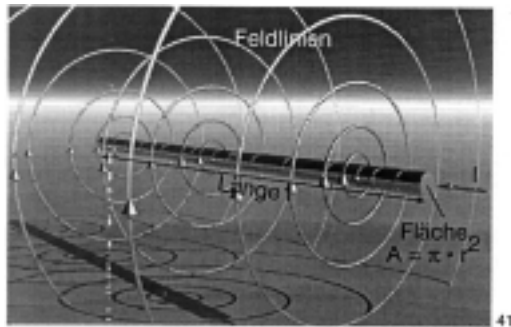
$$B = \mu * H \text{ (F14)}$$

Si l'on retire un conducteur, le courant I1 qui circule le long des autres conducteurs peut encore produire une force circulaire autour des conducteurs. Cela signifie que, comme dans le champ électrique, il existe un champ de force autour du conducteur. On le décrit de la manière suivante

$$B = F/(I_1 * l) \text{ force}/(\text{courant} * \text{longueur du conducteur}) \text{ (F11)}$$

Ce champ vectoriel s'appelle la densité de flux magnétique.

On peut représenter l'effet du champ vectoriel par des lignes de champ. Voir schéma 41.



Feldlinien = lignes de champ
Länge = longueur
Fläche = surface

Comme pour le champ électrique, prenez en compte la remarque suivante :

Les lignes de champ autour d'un conducteur n'ont aucune réalité physique. Il s'agit de lignes imaginaires. Elles permettent de représenter la direction du champ à chaque point d'une pièce où se trouvent des champs.

Si l'on remplace la force F dans F11 par F10, on obtient

$$B = \mu * I_2(2 * \pi * d) \text{ (F12)}$$

B(unité) : Vs * A/(Am * m) = (Vs)/m² = Tesla

Aux Etats-Unis, l'unité "gauss", qui n'est plus employée en Europe, est encore utilisée pour B (1 gauss = 10⁻⁴ Tesla).

La densité de flux magnétique représente l'effet magnétique d'un très long conducteur parcouru par le courant I2 à la distance d de son axe. Elle ne dépend que de d et I et pas d'un angle. Il s'agit ainsi d'un champ cylindrosymétrique autour du conducteur.

Contrôle de fonctionnement – Affichage de l'intensité du champ électrique :



1.) Réglages sur l'appareil :

Type de champ = "E", gamme de mesure = "200 nT/Vm", gamme de fréquence = "5 Hz – 400 kHz", fonctionnement = "Symbole haut-parleur"

2.) Tenez l'appareil et tapotez avec les doigts sur le dessus du boîtier comme l'indique la photo 4.

Le potentiel de masse des doigts produit un "champ quasi alternatif" dont l'intensité est indiquée à l'écran par une valeur de mesure plus élevée et un "crépitement" du signal sonore.

Détermination du décalage :



Allumez l'appareil et positionnez le bouton "Feldart" (type de champ) sur "Test". "1" s'affiche à gauche de l'affichage (indique le mode test) et "00.0" ou "000" s'affiche à droite (en fonction de la gamme de mesure sélectionnée).

Si, au lieu de "000" ou "00.0", l'écran affiche une valeur plus élevée, il s'agit du décalage sélectionné provisoirement.

Cela peut être dû aux conditions dans lesquelles la mesure est réalisée (température, humidité de l'air, etc). La tolérance du résultat de mesure ultérieur augmente lors d'une mesure de champ électrique ou magnétique.

Instructions relatives à la réalisation de mesures

Remarques préliminaires sur les propriétés des champs électriques et magnétiques alternatifs

Les champs électriques ou magnétiques alternatifs ne peuvent en principe pas être détectés par les organes sensoriels de l'homme. Ils sont – sous certaines conditions – "simplement là" et se diffusent dans les trois dimensions suivant des lois très complexes. Vous trouverez des explications physiques sur ce phénomène dans le chapitre "Théorie des champs". Les propriétés suivantes des champs

alternatifs sont particulièrement importantes pour la réalisation de mesures :

1. Une mesure est toujours influencée par le lieu et la direction, c. à d. que la moindre modification du lieu ou de l'orientation peut avoir des répercussions importantes sur la valeur de mesure – en particulier dans le cas de champs magnétiques alternatifs.
2. Les champs électriques ou magnétiques pénètrent, voire transpercent les matériaux rigides comme les parois, le verre, etc. Cela est surtout valable pour les champs magnétiques, dont l'isolation est difficile à mettre en œuvre.
3. Les champs électriques alternatifs apparaissent partout où se trouve une tension alternative, c. à d. par exemple au sein du foyer, autour de tous les câbles électriques jusqu'aux appareils électriques branchés et/ou leurs interrupteurs. *Et ce même lorsque l'appareil est éteint !* Les champs magnétiques alternatifs apparaissent également au moment où un appareil électrique s'allume, c. à d. dès que le courant circule.
4. Outre son intensité, un champ magnétique ou électrique alternatif se définit par sa fréquence. On distingue la gamme basse fréquence élargie, dont il est question ici, qui a été définie par le MPR et le TCO pour l'évaluation des postes de travail entre 50 Hertz et 400 Kilohertz, et les champs haute fréquence, qui comprennent des fréquences encore plus élevées. On trouve également les champs continus ou statiques, qui nécessitent, tout comme le rayonnement haute fréquence, une technique de mesure complètement différente.

Remarques préliminaires sur la technique de mesure

Afin de garantir la qualité des mesures, l'Ökotest 6/96 a défini les conditions minimales suivantes pour les champs alternatifs basse fréquence :

1. Mesure séparée des champs électriques alternatifs (définis par rapport au potentiel terrestre) et des champs magnétiques alternatifs.
2. Grande précision reproductible.
3. Réponse fréquentielle compensée supérieure à l'ensemble de la gamme de mesure spécifiée, qui doit s'étendre de la fréquence de traction de 16,67 Hz à la gamme des kilohertz.
4. Haute résolution : 10 nT ou 1 V/m ou plus.

Les appareils de mesure de GIGAHERTZ SOLUTIONS® remplissent toutes ces conditions.

Préparation de la mesure

1. Vérifiez l'appareil d'après les indications du chapitre "Avant la mise en service".
2. Commencez par réaliser une mesure des champs électriques et magnétiques alternatifs en extérieur afin de déterminer la charge de base. Si celle-ci est supérieure à 5 V/m ou 5 nT, on peut classer au préalable la charge de base. En éteignant les circuits de courant au moyen des coupe-circuit automatiques installés dans le coffret de fusibles domestique, on peut déterminer quels champs sont produits par la maison et lesquels sont produits par d'autres sources, comme par ex. les lignes haute tension, le courant de traction, les kiosques de transformation ou les installations des appartements voisins. Si des sources externes influencent le champ, l'augmentation de l'intensité du champ à leur emplacement permet de les localiser.

- a) Si le courant circule dans le même sens sur les deux conducteurs, les deux conducteurs s'attirent (photo 39).
- b) Si le courant circule dans la direction opposée sur les deux conducteurs, les deux conducteurs se repoussent (photo 40).

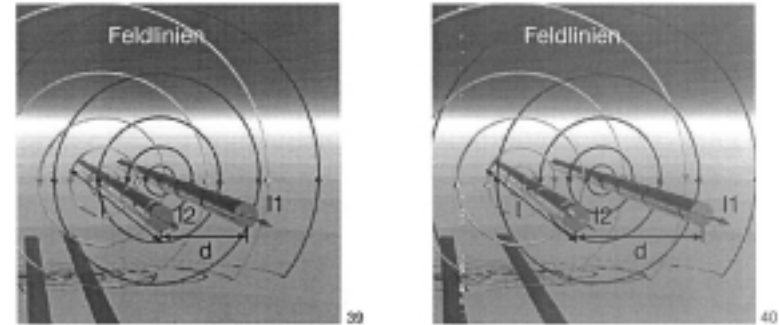


schéma 39 schéma 40

Le schéma 39 s'explique par le manque de lignes de champ entre les deux conducteurs. Ce déficit s'explique par le fait que des lignes de champ orientées dans le sens contraire s'annulent. Afin de maintenir l'écart entre les lignes de champ et le conducteur, les deux conducteurs bougent. Le champ ainsi produit autour des conducteurs est de forme à peu près circulaire ou cylindrique.

Dans le schéma 40, il se crée un surplus de lignes de champ entre les deux conducteurs du fait de la superposition de lignes de champs orientées dans la même direction. Comme la distance séparant deux lignes de champ autour d'un conducteur reste toujours la même si possible, les deux conducteurs sont repoussés l'un de l'autre. Le champ ainsi produit autour des deux conducteurs a, si l'on se représente le tracé des conducteurs de manière horizontale, une géométrie semblable aux lignes de champ autour de l'aimant permanent du schéma 37.

Dans les deux cas, un effet dynamique a lieu. Il se résume de la manière suivante :

$$F = \mu * I1 * I2 * l / (2 * \pi * d) \quad (F10)$$

Avec $\mu = \mu_0 * \mu_r$

μ_r : perméabilité relative, sans dimension

μ_0 : perméabilité du vide (et de l'air)

$$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7} \text{ Vs/(Am)} = 1,256 * 10^{-6} \text{ Vs/(Am)}$$

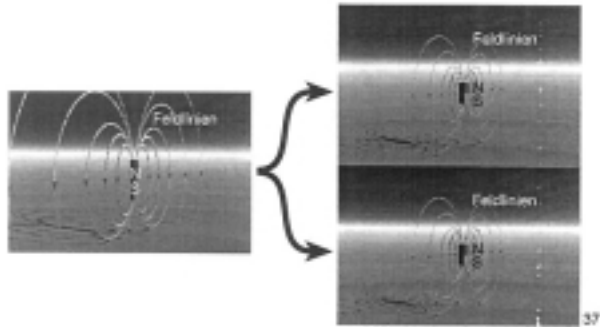
$I1, I2$: intensité du courant mesurée le long de deux conducteurs

l : longueur des conducteurs

d : distance entre les conducteurs

Champ magnétique dans un long conducteur

La mécanique a mis en évidence qu'une force a toujours une seule direction. On dit aussi qu'une force F a un caractère vectoriel.



Feldlinien = lignes de champ

photo 37

Au début du 18ème siècle, on a découvert qu'un champ magnétique se forme autour d'un conducteur sous tension (photo 38). La cause est pourtant restée inconnue jusqu'au 20ème siècle.

On a découvert récemment que des charges électriques en mouvement produisent un champ magnétique aussi bien sur un aimant permanent que sur un conducteur sous tension. Sur le conducteur, le champ magnétique est produit par le courant induit lui-même, dans l'aimant permanent par les courants qui circulent dans les molécules.

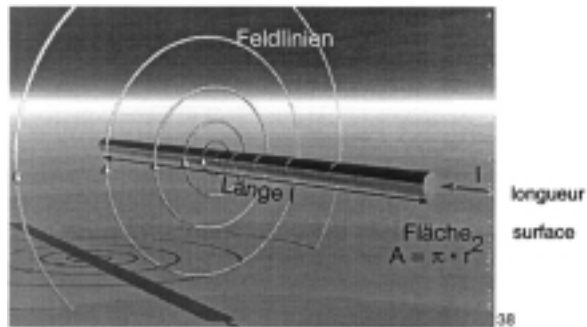


photo 38

On peut résumer les découvertes et les connaissances acquises jusqu'à aujourd'hui de la manière suivante.

Effet dynamique entre deux conducteurs parallèles (principe de superposition)

Si l'on fait circuler du courant entre deux conducteurs longs et très fins (rayon du conducteur << longueur du conducteur) parallèles, on constate :

3. Pour réaliser une mesure dans une maison ou sur le lieu de travail, tous les appareils consommateurs d'électricité doivent être allumés, y compris ceux qui s'éteignent parfois automatiquement, comme par exemple les réfrigérateurs, les radiateurs électriques (dans les pièces voisines également).

4. Un schéma du lieu à mesurer, ainsi qu'une liste des valeurs mesurées, permettront d'analyser la situation ultérieurement, et ainsi de trouver des solutions pratiques.

5. Commencez la mesure dans la gamme "200 nT/Vm" et passez à la gamme large "2000 nT/Vm" uniquement lorsque l'affichage s'emballé en raison de l'importance des intensités.

6. Afin de déterminer les variations, répétez les mesures à différentes heures de la journée, et ce plusieurs jours.

7. Le signal sonore commutable proportionnel à l'intensité du champ facilite les mesures approximatives.

Instructions relatives à la réalisation de mesures – champs électriques alternatifs

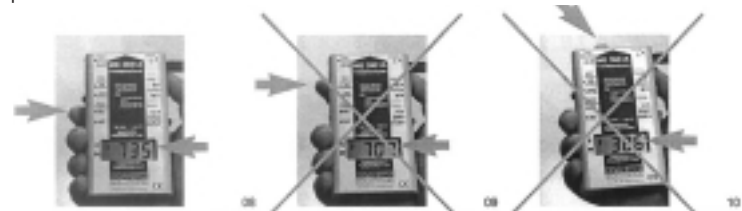
1. Mise à la terre de l'appareil et de la personne qui mesure

Afin d'obtenir des résultats fiables et reproductibles en conformité avec les directives correspondantes (TCO, MPR II, TÜV), reliez l'appareil au potentiel terrestre au moyen du câble de terre fourni avant de procéder à la mesure des champs électriques alternatifs. Sans connexion conforme au potentiel terrestre, il est impossible d'obtenir des informations fiables sur les champs électriques alternatifs.



Photo 7 Une conduite d'eau, de gaz ou de chauffage non peinte en métal est particulièrement adaptée à la mise à la terre au moyen du câble de terre fourni, le cas échéant à l'aide de la pince. L'électricien peut encore réaliser la mise à la terre directement sur la terre d'une prise à contact de protection à l'aide de pinces crocodiles (Attention : dans ce cas, il y a risque d'électrocution au contact de la phase !).

Branchez la fiche jack du câble de terre sur la borne prévue à cet effet ("Erdung", "Symbole de terre") et tirez le câble derrière le boîtier. Touchez la borne "AC" ou "DC" pour relier votre propre corps au potentiel terrestre. Photo 7.



Attention : Si le câble de terre se trouve devant le bord avant de l'appareil ou qu'un doigt se trouve entre la borne DC et le bord avant de l'appareil, la valeur de mesure sera faussée (voir note de bas de page 1).

2. Orientation de l'appareil lors de mesures de champs électriques alternatifs

L'analyseur est calibré de sorte qu'il doit être tenu près du corps pour mesurer des champs électriques alternatifs (photo 11). Votre corps isole les sources d'interférences se trouvant derrière l'appareil et empêche toute concentration de lignes de champ sur le capteur de champ électrique. C'est pourquoi il faut éviter les mesures le bras tendu. La valeur serait dans ce cas surévaluée (photo 12). Vous pouvez obtenir une valeur exacte ou presque en tenant une surface conductrice derrière l'analyseur (photo 13, voir aussi note de bas de page 1).



1) L'intensité électrique par rapport au potentiel terrestre dépend toujours de la géométrie de la source du champ et du capteur, de la distance qui sépare le capteur de la source de champ, ainsi que des conditions de potentiel environnantes. L'analyseur a été équilibré sur la valeur de mesure d'un instrument de mesure calibré en conformité avec les directives du TCO (Radians Innova – Umweltmonitor EMM-4, numéro de série 4348) à une distance de 50 cm d'une grande plaque de cuivre de 4 m² sous tension 270 V / 50 Hz. Au lieu d'une personne reliée au potentiel terrestre en mesure à main libre, on a positionné une plaque de cuivre carrée avec des bords de 50 cm de long derrière l'appareil et on l'a également reliée au potentiel terrestre. Cette méthode est également pertinente pour une mesure statique reproductible. On ne peut obtenir de résultat correspondant à celui d'une sonde TCO originale qu'en plaçant l'analyseur à une distance supérieure à 30 cm de la magnétorésistance. L'intensité mesurée représente une intégrale de volume via le système de mesure. Au final, cela confirme la simplification souvent employée "Valeur de mesure dans la direction de l'affichage le plus élevé = intensité résultante".

3. Réalisation de mesures de champs électriques alternatifs



Photo 14 Allumez l'appareil et positionnez le bouton "Feldart" (type de champ) sur "E" pour champ électrique alternatif (photo 14).

$$\varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \int_a^b \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2} \cdot \epsilon_r \cdot d\mathbf{s} = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$

Si, pour des raisons pratiques, on admet que, lors de la description d'une charge φ_a , le second point de potentiel $\varphi_b = 0$ et se trouve très éloigné ($r_b = \infty$), on obtient pour le potentiel d'une charge

$$\varphi = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r}$$

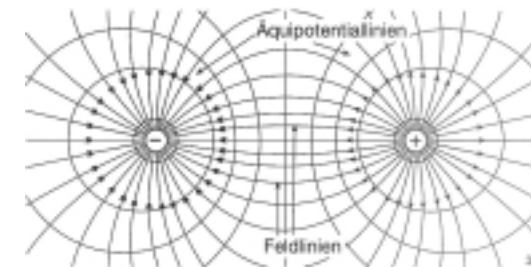
On a donc une seconde manière de décrire le champ électrique. En résumé, le champ électrique peut donc

être clairement décrit

1. avec l'effet dynamique, les lignes de champ et

2. avec les lignes du même potentiel et les lignes équipotentielles

Représentation schématique des lignes de champ et des lignes équipotentielles présentes sur deux charges inversement polarisées



Äquipotentiallinien = lignes équipotentielles
Feldlinien = lignes de champ

photo 36

Le champ magnétique

L'influence des aimants permanents sur les corps ferrifères était déjà connue dans l'Antiquité. Aujourd'hui encore, on se sert de l'effet dynamique entre les pôles Nord et Sud lorsque l'on utilise un compas. A la différence d'un champ électrostatique contenant deux charges différentes, on ne peut pas séparer les deux pôles d'un aimant permanent. Si l'on coupe un aimant permanent en deux, on obtient deux aimants plus petits avec chacun un pôle nord et un pôle sud. Il n'y a pas de monopole magnétique. La description suivante de l'effet dynamique avec des lignes de champ permet une fois encore d'illustrer le phénomène (photo 37).

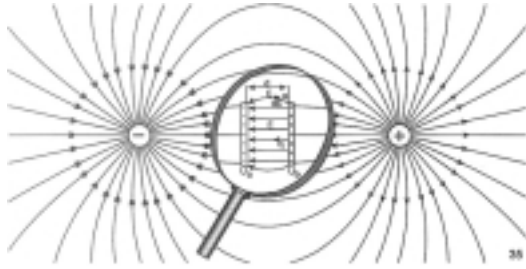


Photo 35

Les points suivants ont été mis en évidence par la physique et l'électrotechnique générale :

1. Si l'on applique entre les deux lames a et b des tensions différentes U_a et U_b , un champ électrique E apparaît entre les deux lames. Il part de la tension la plus élevée (ici U_a) vers la tension la plus basse (ici U_b).

2. L'intensité électrique E qui règne entre les deux lames est déterminée par la différence de tension U_{ab} entre les deux lames et la distance d qui les sépare.

$$E = (U_a - U_b)/d = U_{ab}/d \text{ (F3)}$$

3. Si l'on souhaite faire passer une charge q de la lame a à la lame b, il faut calculer l'énergie W_{ab} . Elle s'obtient de la manière suivante à l'intérieur du condensateur :

$$W_{ab} = \text{force} * \text{Distance} = F * d = E * q * d \text{ (F4)}$$

Au bord du condensateur (à un endroit non homogène), l'énergie W_{ab} s'obtient en multipliant la force F par la distance ds obtenu en calculant la distance totale :

$$W_{ab} = \int_a^b F * ds = q * \int_a^b E * ds \text{ (F5)}$$

On déduit des formules (F4) et (F5)

$$W_{ab} = U_{ab} * q \text{ (F6)}$$

Si l'on combine (F5) et (F6), on obtient

$$U_{ab} = \int_a^b E * ds \text{ (F7)}$$

Il règne donc entre deux points a et b d'un champ électrique une tension électrique également désignée par le potentiel de différence ab.

La tension électrique U_{ab} ou le potentiel de différence φ_{ab} s'obtient en calculant la différence des potentiels φ_a et φ_b .

$$U_{ab} = \varphi_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$$

Si l'on calcule le potentiel d'une charge φ_a à partir d'une intensité de champ électrique, on obtient :

Positionnez le bouton de filtre de fréquence sur "50 Hz bis 400 kHz" (50 Hz à 400 kHz). Cela permet de supprimer les inductions propres dues aux micromouvements (tremblement de la main) (photo 14).

Lors de la mesure, veillez à ce que le câble de terre soit repoussé vers l'arrière et que la personne qui réalise la mesure et les autres personnes présentes se trouvent derrière l'appareil.

Tenez l'appareil à proximité de votre corps (plus l'appareil est tenu ou posé loin du corps, plus l'erreur de mesure augmente). "Visez" les sources supposées de champs ou, si vous ne connaissez aucune source de champ concrète, étudiez la pièce dans les moindres recoins. Pour ce faire, procédez de la manière suivante :

- Arpez lentement la pièce dans un premier temps pour avoir un premier aperçu.

- Ce faisant, arrêtez-vous souvent et mesurez les intensités de champ vers le bas, la gauche, la droite et le haut et veillez toujours à ce que le câble de terre soit à chaque fois repoussé à l'arrière de l'appareil.

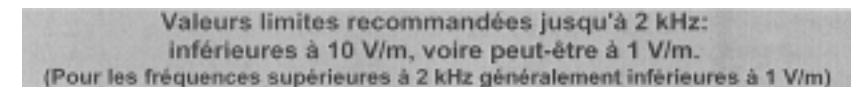
- Poursuivez la mesure dans la direction de l'affichage le plus élevé afin d'identifier la source du champ, ou,

- Si vous atteignez un lieu où l'on séjourne longtemps, comme par ex. le lit ou le bureau, vérifiez toutes les directions de la manière indiquée ci-dessus et tenez l'appareil dans la position de l'affichage le plus élevé. Dans cette position, enregistrez une mesure de référence de la valeur absolue en tenant l'appareil le plus près du corps.

- Vous pouvez considérer la valeur mesurée dans la direction de l'affichage le plus élevé comme l'intensité de champ résultante. 1)

De même, lors d'une mesure réalisée avec l'appareil monté sur un trépied ou posé, une personne ou, pour une mesure reproductible, une plaque de métal (50 cm x 50 cm) orthogonale et centrée doit se trouver placée à 5 cm derrière l'appareil.

Si vous réalisez une étude dans une chambre à coucher, procédez dans tous les cas à la mesure dans les "conditions de couchage", c. à d. lampe de chevet éteinte. Le champ électrique peut même augmenter lorsque vous l'éteignez dans certaines conditions.



Mesure de champs magnétiques alternatifs



Photo 15 Allumez l'appareil et positionnez le bouton "Feldart" (type de champ) sur "M" pour champ

magnétique alternatif (photo 15).

Positionnez le bouton de sélection du filtre de fréquence sur "50 Hz bis 400 kHz" (50 Hz à 400 kHz). Cela permet de supprimer les inductions propres dues aux micromouvements (tremblement de la main) (photo 15).

Afin de garantir la fiabilité de la mesure de champs magnétiques alternatifs, l'appareil ou la personne qui réalise la mesure n'a pas besoin d'être reliée à la terre. Les autres personnes ou les potentiels de masse présents se trouvant en face de l'appareil n'influencent pas la mesure.

"Visez" les sources de champ supposées avec l'appareil ou, si vous ne connaissez pas de sources concrètes, étudiez la pièce dans ses moindres recoins. Pour ce faire, procédez de la manière suivante :

- Arpentez lentement la pièce dans un premier temps pour avoir un premier aperçu. Le capteur est positionné dans l'appareil de telle manière que les sources de champ les plus courantes au sein du foyer soient mesurées lorsque l'appareil est tenu à peu près à l'horizontale. Vous pouvez également contrôler plusieurs fois les trois dimensions comme indiqué sur les photos 16 à 18.

- Dans la pratique, pour identifier les sources de champ, il est pertinent de déterminer d'abord l'orientation de l'appareil pour laquelle la valeur de mesure affichée est la plus élevée. Poursuivez ensuite la mesure dans la direction dans laquelle la valeur continue de croître. Ne modifiez pas l'orientation de l'appareil ! Afin d'obtenir une mesure exacte, l'appareil doit être tenu calmement ou posé au point de mesure pertinent.

- Aux endroits stratégiques, comme par ex. le bureau, le salon ou la chambre, effectuez toujours la mesure dans les trois dimensions, comme indiqué ci-dessous :

Détermination précise de l'intensité du champ sur plusieurs sources

Pour ce faire, réalisez trois mesures séparées et prenez des notes sur chacune des mesures. Orientez l'appareil d'après les photos : vers l'avant (photo 16), vers le haut (photo 17) et vers l'avant tourné à 90° sur le côté (photo 18).



Afin de déterminer la charge totale résultante, c. à d. effective, des champs magnétiques alternatifs, vous pouvez vous servir des formules approximatives suivantes.

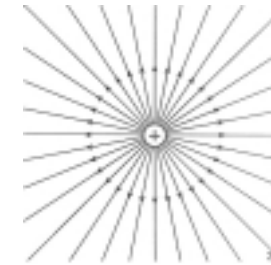


photo 33

Attention :

Les lignes de champ qui entourent une charge n'ont aucune réalité physique. Ce sont des lignes imaginaires. Elles permettent de représenter la direction du champ à chaque point d'une pièce où se trouvent des champs.

D'autres essais ont mis en évidence le schéma de lignes de champ suivant entre des charges de polarités différentes.

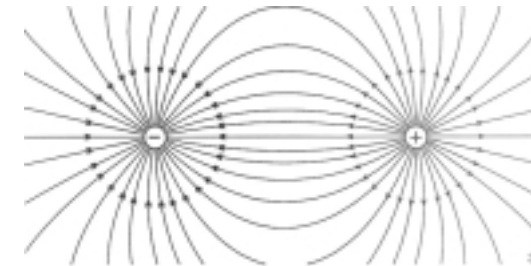


Photo 34

On peut en déduire deux propriétés :

1. Les lignes de champ se diffusent de la charge positive à la charge négative
2. les lignes de champ sont orientées verticalement sur la surface des charges.

Les formules (F1) et (F2) permettent de déterminer l'unité de l'intensité du champ :

$$E = F/Q1 = 1/(4 * \pi * \epsilon) * (Q1 * Q2)/(r2 * Q2) = Q1/(4 * \pi * \epsilon * r^2)$$

$$E \text{ (unité): } As/((As/Vm) * m^2) = (As * Vm)/(As * m^2) = V/m$$

Cette unité met déjà en évidence une corrélation entre l'intensité électrique E et la tension électrique U. Si l'on observe de plus près une infime partie entre les deux charges de l'image ci-dessus, celle-ci ressemble à un condensateur à lames. Vous pouvez faire cette observation à n'importe quel endroit.

Le cas échéant, rechargez l'appareil ou éteignez-le.

Théorie des champs

Le champ électrique

Si l'on prend deux charges Q1 et Q2 et qu'on les rapproche l'une de l'autre pour qu'elles soient séparées par la distance r, on constate :

Les deux charges se repoussent si elles ont la même polarité et s'attirent si elles ont une polarité différente. Des forces (F) apparaissent donc entre les charges.



Des essais ont mis en évidence que la force F entre ces deux charges

1. est proportionnelle à la grandeur des deux charges et
2. inversement proportionnelle au carré de la distance entre les deux charges.

$$F \sim (Q1 * Q2)/r^2$$

Pour pouvoir écrire une équation dimensionnelle pour la force électrique, on a besoin d'une constante de proportionnalité. Celle-ci a été définie pour des raisons pratiques comme $1/(4 * \pi * \epsilon)$. ϵ désigne la constante de diélectrique (permittivité). On peut ainsi en déduire l'équation de puissance

$$F = 1/(4 * \pi * \epsilon) * (Q1 * Q2)/r^2 \quad (F1)$$

Avec $\epsilon = \epsilon_0 * \epsilon_r$

ϵ_r : constante diélectrique, sans dimension, constante matérielle
 ϵ_0 : constante diélectrique de la pièce vide (dans le vide)
 $\epsilon_0 = 10^{-9}/(36 * \pi) \text{ As/(Vm)} = 8,854187818 * 10^{-12} \text{ F/m}$

La mécanique a mis en évidence que la force F a toujours une seule direction. On dit aussi que la force F a un caractère vectoriel.

Si l'on retire la charge Q2, la charge Q1 peut encore exercer une force F sur une autre charge, c. à d. qu'un champ de force entoure la charge Q1. Il est défini de la manière suivante

$$E = F/Q1 \text{ (Force / Charge)} \quad (F2)$$

Ce champ vectoriel s'appelle l'intensité de champ électrique.

On peut représenter l'effet de ce champ vectoriel par des lignes de champ (autrefois également appelées lignes de force).

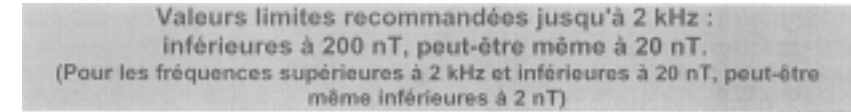
Formules approximatives pour l'évaluation du champ total résultant

Valeurs de mesure :

- une valeur élevée, deux valeurs faibles
- deux valeurs élevées, une petite valeur
- trois valeurs identiques

Le champ total résultant correspond à :

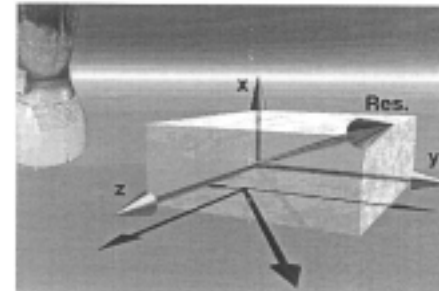
- une valeur plus élevée
- une valeur plus élevée + deux fois et demi la valeur la plus élevée
- une fois et demi la valeur la plus élevée



-Le champ total résultant (la "somme" des intensités de champ, "valeur de mesure 3D") se détermine au moyen de la formule suivante :

$$\text{intensité de champ résultante} = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$$

La photo 19 illustre la direction du champ résultant (également appelé champ de remplacement). Les photos 16 à 18, qui représentent les mesures des trois dimensions, ainsi que la photo 20 ont été prises dans une situation de mesure typique dans la cuisine. Si l'on applique la formule ci-dessus aux valeurs affichées lors des différentes mesures, on obtient (presque) la valeur exacte affichée sur la photo 20, sur laquelle l'appareil est tenu perpendiculairement au champ.



19



20

Analyse de fréquences (champs magnétiques et électriques alternatifs)

Un champ alternatif électrique ou magnétique ne se définit pas seulement par son intensité, mais également par la fréquence à laquelle la polarité change. Il existe différentes fréquences types :

- Les câbles suspendus au dessus des lignes de chemin de fer fonctionnent avec une fréquence de 16,7 Hz.

- Le courant de réseau (foyer, lignes haute tension, etc.) a une fréquence de 50 Hz. Des ondes appelées harmoniques naturelles y apparaissent. Il s'agit de multiples de 50 Hz.
 æ Nous produisons également au sein du foyer une multitude de champs haute fréquence dans la gamme des kHz (ondes harmoniques "artificielles"). Celles-ci sont entre autres produites par les blocs secteurs synchronisés ("transformateurs"), les ballasts des tubes fluorescents et des lampes à économie d'énergie, les variateurs de lumière munis de réglages de phase, etc.

Pour analyser la situation du lieu et en particulier pour trouver des solutions adaptées, il est utile de connaître la part de ces différentes fréquences dans la charge totale. Les dispositions prises sans aucune connaissance de ces fréquences ne permettront pas, par ex., de corriger une charge en courant de traction. Par contre, pour éviter que le champ ne comporte de hautes fréquences, on peut opter pour des appareils qui n'en produisent pas (par ex. une ampoule à la place d'un tube fluorescent).

L'analyseur ME 3951A offre diverses possibilités pour réaliser des analyses de fréquences :

Analyse de fréquences au moyen du filtre de fréquences F1B2H31



GIGAHERTZ SOLUTIONS® propose plusieurs filtres de fréquences compatibles avec le ME 3951A adaptés à différents besoins. Le filtre de fréquences F1B2H31 (photos 21/22) convient particulièrement aux intérêts de la bio-construction. Il offre les options de commutations suivantes :

- 1) 5 Hz à 400 kHz = bande TCO totale, pertinente uniquement pour les mesures sur trépied
- 2) 16,7 Hz = filtre passe-bande classe 4 de facteur Q 10 pour la fréquence du courant de traction
- 3) 50 Hz à 400 kHz = Filtre passe-haut classe 5 pour le courant de ligne et ses ondes harmoniques
- 4) 2 kHz à 400 kHz = Filtre passe-haut classe 5 pour ce qu'on appelle les ondes harmoniques "artificielles" supérieures à 2 kHz. Cette gamme de fréquences correspond à la bande 2 du TCO.

Afin de mesurer le courant de traction et les ondes harmoniques, activez d'abord le filtre de l'appareil correspondant. La mesure s'effectue exactement de la même manière que la méthode décrite dans le chapitre "Instructions relatives à la réalisation de mesures" pour la fréquence du courant de ligne. Deux particularités sont à prendre en compte :

- La source du courant de traction se trouve normalement à l'extérieur du domicile. Il est toutefois pertinent de réaliser d'abord une mesure dans toute la maison, car le "surcouplage" peut également entraîner la diffusion dans la maison de fréquences de courant de traction via par ex. les conduites d'eau ou de gaz, ou encore l'alimentation principale. Il est donc préférable de vérifier ces sources possibles par mesure de précaution, au moins à un point de mesure situé à moins de deux ou trois

1. Si l'appareil n'a pas été éteint ou s'il s'allume accidentellement lors du transport, il s'éteindra automatiquement après 40 minutes.

2. Si deux points (low batt.) apparaissent à l'écran, l'appareil s'éteindra après 3 minutes pour empêcher tout déchargement dommageable à l'accu.

Pour remettre l'appareil en service après un arrêt automatique, éteignez puis rallumez-le.

Attention : Si un connecteur se trouve dans la sortie de signal "DC", la fonction arrêt automatique est désactivée. Cela permet de réaliser une mesure longue durée jusqu'à 8 heures d'affilée avec l'accu fourni. L'appareil s'éteindra quand-même après trois minutes une fois apparue l'annonce "Low Batt." afin de protéger l'accu de tout déchargement dommageable.

Une pile primaire alcaline au manganèse permet aussi de réaliser une mesure sur 24 heures.

Attention : Ne branchez pas le bloc d'alimentation si une pile primaire se trouve dans l'appareil. Celle-ci pourrait exploser.

Contrôle du niveau de charge et de l'écran



Photo 30



Photo 31 Comme l'accu intégré n'est pas toujours plein, vous pouvez contrôler l'autonomie restante et le bon fonctionnement de tous les segments de l'affichage à l'aide de la touche "Batt.-Check".

1. Pour ce faire, allumez l'appareil, pressez la touche et maintenez-la enfoncée. Si l'écran affiche "1999" ou "1888", l'appareil est pleinement alimenté en courant et tous les segments de l'affichage fonctionnent correctement. photo 30

2. Si, alors que l'appareil est éteint, deux points (low batt.) apparaissent au milieu de l'écran pendant que vous pressez la touche, l'accu fonctionnera moins d'1 heure dans des conditions normales en mesure. Photo 31

Insertion de l'accu

Branchez le clip sur le nouvel accu et placez celui-ci dans le compartiment à pile. En insérant l'accu dans le boîtier, veillez à ce qu'aucun fil de connexion de l'accu ne se coince entre l'accu et un composant de la carte imprimée. Vous ne pourriez alors plus refermer correctement le boîtier. Si vous souhaitez remplacer le filtre de fréquences fourni par un autre filtre de fréquences de GIGAHERTZ SOLUTIONS®, suivez les instructions fournies avec le nouveau filtre.

Gestion de l'accu

Autonomie

Après un cycle de chargement complet de 11 heures, l'accu fourni peut fonctionner pendant 8 heures.

Chargement de l'accu

Branchez le bloc d'alimentation fourni ou correspondant sur la prise. Branchez la fiche à tension étrangère du bloc d'alimentation sur la borne prévue à cet effet (en haut à gauche).

Attention : Veillez à respecter la polarité (bloc d'alimentation (+) sur le connecteur intérieur et (-) sur le connecteur extérieur) et la tension (12-24 V DC) !

Pour commencer le chargement, allumez puis éteignez l'appareil une fois. Puis laissez-le ensuite éteint.

La diode verte s'allume pendant le chargement. Une fois la durée de chargement écoulée (environ 11 heures) le chargement s'arrête automatiquement.

Low Batt.:



Photo 29

Photo 29 1. Si deux points (low batt.) apparaissent au milieu de l'écran lorsque l'appareil est éteint, attendez-vous à des erreurs de mesure. Photo 29

En contrôlant le niveau de chargement par pression de la touche de contrôle des piles, vous pouvez déjà constater l'affaiblissement de la pile avant l'apparition du symbole de batterie faible.

Auto Power Off (arrêt automatique)

Cette fonction permet d'allonger l'autonomie réelle.

kilomètres d'une ligne de chemin de fer électrifiée.

- Les ondes harmoniques "artificielles" présentent généralement, pour des raisons énergétiques, des valeurs de mesures inférieures aux fréquences de courant de traction ou de ligne. Tous les instituts renommés recommandent de nouveau des valeurs limites dix fois moins élevées que celles en vigueur pour le courant de ligne. La gamme de mesure "200 nT/Vm" est bien souvent suffisante.

Remarque : En raison du bruit blanc ou en 1/f, des tolérances du filtre, des micromouvements de l'appareil et des fréquences en dehors des bandes filtrées, la valeur de mesure, en position 5 Hz à 400 kHz, peut ne plus être égale à la somme des valeurs filtrées.

Analyse de fréquences au moyen de la sortie AC

Des fréquences très différentes peuvent s'ajouter à la fréquence du courant de ligne de 50 Hz même dans un environnement de travail et d'habitat "normal". Pour procéder à leur analyse, vous pouvez brancher un analyseur de spectre directement sur la sortie AC de l'appareil au moyen de l'adaptateur fourni. La sortie AC présente un décalage DC de 50 mV au maximum. Dans les oscilloscopes et les analyseurs de spectre, ce décalage DC est en principe corrigé par défaut par un couplage C. Lors de la connexion d'instruments d'analyse avec masse de protection alimentés par un courant de ligne, ne connectez pas la masse de l'analyseur de champs. Vous éviterez ainsi toute boucle de masse !

Le cahier des charges de l'appareil se rapporte par convention à l'affichage ; ce cahier des charges très strict limite la largeur de bande de la sortie AC à 30 kHz. Dans le cas d'une valeur de mesure inférieure à 1/20 de la déviation maximale (cela correspond par ex. dans la gamme de mesure 2000 nT à une valeur inférieure à 100 nT), la sortie AC présente un signal d'entrée sinusoïdal jusqu'à 400 kHz avec une non-linéarité inférieure à 1%. Aussi ne rencontre-t-on pratiquement pas de fortes intensités dans un environnement de travail et d'habitat normal. La sortie est donc utilisable jusqu'à 400 kHz dans les conditions réelles.

Vous pouvez réaliser une **analyse acoustique de fréquences** de la gamme de fréquences audible (env. 16 Hz à 20 kHz) en branchant un casque mono (avec réglage de volume si possible) sur la borne AC. Vous pouvez utiliser le casque LS0002 de GIGAHERTZ SOLUTIONS® (en option).

Mesures longue durée au moyen de la sortie DC

L'intensité d'un point évolue normalement sur le long terme. Afin de se faire une image complète de la situation, il est donc utile de recourir à un enregistrement longue durée des intensités (c. à d. de la valeur DC), par ex. sur 24 heures. C'est dans ce but que l'appareil dispose de sorties permettant de le connecter à des instruments d'enregistrement de données et d'analyse. On utilisera en principe la sortie DC (= sortie courant continu) pour l'enregistrement longue durée, au moyen par ex. d'un enregistreur de données.

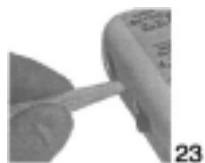
La sortie DC présente un signal à tension continue proportionnel à la valeur de mesure. Il correspond à moins 0,5 mV par digit, c. à d. par ex. moins 1 Volt en déviation maximale ("2000 nT/Vm") ou ("200 nT/Vm"). On a choisi le signal négatif parce qu'il présente une linéarité bien meilleure à celle d'un signal positif et correspond exactement à la valeur affichée à l'écran. Les instruments d'enregistrement peuvent ajuster le signal d'entrée, le plus souvent en interne, sur la valeur absolue réelle. Si ce n'est pas possible, inversez le cas échéant la polarité des connecteurs mâles sur l'instrument d'enregistrement pour enregistrer des valeurs positives. Le blindage du câble de mesure lors de l'emploi d'un adaptateur BNC se situe sur la masse. Alors que l'écran affiche au maximum 2000 nT ou 2000 V/m, le signal à tension continue croît encore de manière linéaire jusqu'à une intensité de 5000 nT ou 5000 V/m. Les propriétés spécifiques de l'appareil sont établies sur la base

de valeurs ne dépassant pas l'affichage maximal à l'écran. Tant qu'une fiche jack est branchée sur la borne DC, la fonction "Auto Power Off" (arrêt automatique) est désactivée pour permettre un enregistrement. Attention : si, en cours de mesure, la capacité de l'accu diminue et que l'appareil affiche "Low Batt.", la fonction "Auto Power Off" est réactivée pour empêcher que l'accu ne se décharge complètement. Un déchargement total de l'accu pourrait en effet le détruire.

Pour réaliser une mesure sur 24 heures, vous pouvez alimenter l'appareil avec le bloc d'alimentation ou une pile 12 V. En cas de coupure de courant lors d'une mesure longue durée, l'accu se remet automatiquement à alimenter l'appareil. Dès que la tension de réseau se remet à circuler, c'est le bloc d'alimentation qui fournit le courant. Placez le bloc d'alimentation le plus loin possible de l'appareil pour réduire au maximum la partie du champ qu'il produit et qui sera également enregistrée. Vous pouvez déterminer cette partie du champ en branchant et débranchant le bloc d'alimentation et en déduisant des valeurs de mesure enregistrées la valeur corrigée.

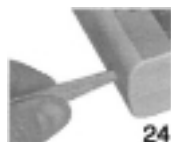
Remplacement de l'accu

Ouverture du boîtier



Eteignez l'accu et retirez tous les câbles branchés sur l'appareil. Prenez l'appareil dans votre main face imprimée vers le haut et posez-le sur une table.

Pour ouvrir le boîtier, servez-vous du petit levier fourni.



1. Pour ouvrir le boîtier, tenez le fermement dans une main. De l'autre main, introduisez le levier dans l'encoche latérale à env. 1 cm en dessous du coin supérieur et appuyez vers le bas sur l'extrémité large du levier. Le couvercle se soulève légèrement. Photo 23.



2. Répétez l'opération sur le même côté à env. 1 cm au-dessus du bord inférieur. Photo 24.

Le couvercle s'ouvre d'un côté.

3. Répétez les points 1 et 2 de l'autre côté. Photos 25 et 26.



Vous pouvez maintenant ôter le couvercle.

Fermeture du boîtier



Photo 27 Posez le couvercle sur l'appareil sans appuyer, l'ouverture côté écran. Veillez à ce que la touche "Batt.-Check", la diode et le bouton de sélection du filtre de fréquences glissent dans les ouvertures correspondantes du couvercle. Pressez ensuite légèrement sur le dessus du boîtier simultanément avec le pouce et l'index. Le couvercle s'emboîte des deux côtés. Photo 27

Enlèvement de l'accu



Photo 28 Eteignez l'appareil avant de retirer l'accu !

Retirez le clip de branchement de l'accu après avoir ouvert le couvercle.

Pour retirer le clip de branchement de la pile, coincez l'extrémité fine du petit levier fourni entre les deux contacts et balancez l'autre extrémité de haut en bas avec les doigts. En procédant ainsi, le clip se détache facilement. Photo 28.

Ne tirez en aucun cas sur les fils de connexion ou la protection en plastique des contacts, ils pourraient s'arracher.