

# ***Allgemeine Erdungsempfehlung***

*Beschreibung*

*Seite 3 ... 24*

# ***General grounding recommendation***

*Instruction*

*Page 27 ... 48*

# ***Recommandations générales de mise à la terre***

*Description*

*Page 51 ... 70*



# ***Allgemeine Erdungsempfehlung***

*Beschreibung*

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Vervielfältigungen dieser Technischen Dokumentation, gleich welchem Verfahren, ist ohne vorherige schriftliche Genehmigung durch die Brüel & Kjær Vibro GmbH, auch auszugsweise, untersagt.

Änderungen ohne vorherige Ankündigung bleiben vorbehalten.

Copyright 2002 by Brüel & Kjær Vibro GmbH, D-64293 Darmstadt

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine Erdungsempfehlung .....</b>	<b>5</b>
1.1	Was beschreibt diese Erdungsempfehlung?.....	5
<b>2</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Erdung als Schutzmaßnahme bei indirekter Berührung von elektrischen Betriebsmitteln .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....</b>	<b>10</b>
4.1	Allgemeines .....	10
4.2	Äußere Maßnahmen für die EMV-Sicherheit.....	11
4.2.1	Ableiten von Störungen (EMV).....	11
4.2.2	Abschirmen gegen Störungen (EMV).....	13
4.2.3	Richtige Kabelwahl und -verlegung.....	16
4.2.4	Zusätzliche Entstörmaßnahmen.....	17
<b>5</b>	<b>Verbinden von 0V-Bezugspotentialen .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Potential und Bezugspotential.....</b>	<b>20</b>



# 1 Allgemeine Erdungsempfehlung

## 1.1 Was beschreibt diese Erdungsempfehlung?



Die folgenden Seiten geben praxisnahe Informationen zu den Themen Erdung, Schirmung, EMV-Sicherheit und Bezugspotential, entsprechend dem gegenwärtigen Erkenntnisstand.

Diese Informationen ...



- ◆ beschränken sich im wesentlichen auf den Bereich Montage und Betrieb unserer vorwiegend in der Messtechnik angesiedelten Produktpalette.



- ◆ erheben nicht den Anspruch auf eine vollständige Behandlung des umfangreichen Themas Erdung, mit all seinen Teilgebieten in Theorie und Praxis.
- ◆ können nicht ohne weiteres auf andere Anwendungsgebiete übertragen werden.

Ergänzend zu dieser allgemeinen Erdungsempfehlung sind die entsprechenden Angaben in unseren jeweiligen Gerätebeschreibungen zu beachten.

Grundregel:

**Erd- und Potentialverhältnisse prüfen !**

***Bevor bei der Montage unserer Geräte Kabelverbindungen hergestellt werden, müssen die örtlichen Erd- und Potentialverhältnisse sowie die Netzverhältnisse geprüft werden. Werden dabei kritische Potentialunterschiede festgestellt (siehe Abschnitt 4), müssen betreiberseitig geeignete Maßnahmen im Sinne dieser Erdungs-empfehlung getroffen werden.***

Ausnahme:

**Sonderfall explosionsgefährdeter Bereich**

***In explosionsgefährdeten Bereichen und im Bereich von Zuleitungen zu diesen können Vorschriften gelten, die von dieser Erdungs-empfehlung abweichen oder zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen. Dies muss für jeden einzelnen Fall sorgfältig überprüft werden.***

**Zusätzlich gilt:**

Neben dieser Erdungsempfehlung gelten unsere **Sicherheitshinweise**, die jeder Dokumentation als gesonderte Broschüre beiliegen.

## 2 Allgemeines

### Was bedeutet „Erden“

Als "Erden" bezeichnet man im allgemeinen Sprachgebrauch jeden Anschluss an ein Bezugspotential (siehe Abschnitt 4), das über sogenannte "Erder" mit dem leitfähigen Erdreich verbunden ist. Erder sind leitfähige Teile, die in gutem elektrischen Kontakt mit dem Erdreich stehen und deren Anschlusspunkte meist aus dem Erdreich herausgeführt sind.

Erder können, je nach Funktion oder örtlichen Gegebenheiten, verschieden ausgeführt sein z.B. als Staberder, Banderder oder Platenerder.

### Warum „Erden“?

Das Verbinden mit Erdpotential verfolgt unterschiedliche Ziele:

- ◆ das Erden als Schutzmaßnahme im Sinne der geltenden VDE-Vorschriften (DIN VDE 0100) und der Niederspannungsrichtlinien, wobei diverse nationale Unterschiede zu beachten sind
- ◆ das Verhindern von Störeinstrahlungen und Störausstrahlungen im Sinne der EMV-Richtlinien
- ◆ das für den Betrieb elektrischer Geräte und Einrichtungen erforderliche Festlegen eines gemeinsamen Bezugspotentials
- ◆ andere Ziele, die für diese Erdungsempfehlung jedoch nicht relevant sind



## Bezeichnungen für Bezugs- und Erdungsleiter

Für Bezugs und Erdungspunkte sind die folgenden Bezeichnungen üblich:



- ◆ **0 V/Masse** - allgemein für das Bezugspotential elektrischer Schaltungen



- ◆ **0 VA** - für Bezugsleiter innerhalb analoger Schaltkreise eines Geräts



- ◆ **0 VD** - für Bezugsleiter innerhalb digitaler Schaltkreise eines Geräts



- ◆ **TE** - für den Sternpunkt (meist Sammelschiene), an dem 0 VA und 0 VD zusammengeführt sind. TE wird oft auch als "Elektronikerde" oder "Messerde" bezeichnet.



- ◆ **SE** - Sternpunkt (meist Sammelschiene), an dem alle Kabelschirme z.B. in einem Gehäuse aufgelegt werden. SE ist oder wird meist mit PE verbunden.



- ◆ **PE** - für den Anschluss des grün-gelben Schutzleiters der Netzversorgung oder allgemeiner Schutzerdungspunkt.

TE und SE können mit PE verbunden werden, wenn PE störungsarm ist. Ist das nicht der Fall, muss zumindest TE an eine getrennte, saubere (störungs-armen) Erde angeschlossen werden.



- ◆ **FE** - Betriebsstätten mit konsequentem Erdungskonzept stellen solche sogenannten Funktionserden **FE** zur Verfügung (z.B. in Schaltwarten).

### 3 Erdung als Schutzmaßnahme bei indirekter Berührung von elektrischen Betriebsmitteln



Elektrische Betriebsmittel besitzen normalerweise einen oder mehrere "Körper".

Körper sind nach DIN VDE 0100 berührbare leitfähige Teile, die im Gegensatz zu den "aktiven Teilen" des Betriebsmittels nur infolge eines Fehlers unter Spannung stehen können. Solche Spannungen werden als Berührungsspannungen bezeichnet, die bei "indirektem Berühren" gefährliche Körperströme bei Mensch und Tier verursachen können.

Beispiele für Körper sind Schaltschränke, Gehäuse, Schaltgerüste, Montageplatten usw.

Schutz vor Berührungsspannungen bietet die Schutzerdung.

Bei der Schutzerdung werden leitfähige Körper mit Erde verbunden und zwar entweder


- ◆ mittels eines in der Netzversorgung mitgeführten Schutzleiters oder
- ◆ durch Anschluss an einen separaten lokalen Schutzleiter mittels eines eigenen Schutzleiters.

Diese Maßnahme bewirkt, dass im Fehlerfall eine Schutzeinrichtung (Überstrom-, Fehlerstrom- oder Fehlerspannungsschutzeinrichtung) das Betriebsmittel entweder vollständig vom Netz trennt oder die Berührungsspannung auf ein zulässiges Maß reduziert.


Die zulässigen Berührungsspannungen betragen

- ◆ bei Wechselspannung höchstens 50 Volt
- ◆ bei Gleichspannung höchstens 120 Volt.

**Höhere Berührungsspannungen verursachen gefährliche Körperströme, die zur Schädigung oder sogar zum Tode von Mensch und Tier führen können!**

Isolierte Schutzleiter sind in ihrem ganzen Verlauf **grün-gelb** zu kennzeichnen. Die Anschlusspunkte der Schutzerdung sind mit „PE“ (protective earth) oder dem Zeichen  zu kennzeichnen.

### Praktische Hinweise:

- ◆ Der Schutzleiter ist auf dem kürzesten Weg auf einen dafür vorgesehenen zentralen Punkt des Betriebsmittels, z.B. auf einer Montageplatte, aufzulegen. Dieser Punkt muss mit "PE" oder dem Zeichen  gekennzeichnet sein.
- ◆ Da der Schutzleiter oft über größere Entfernungen geführt wird, kann sein Erdpotential sich von einem lokalen Erdpotential unterscheiden. Potentialverhältnisse prüfen!
- ◆ Die Anschlussstelle für den Schutzleiter muss eine gut leitende Verbindung gewährleisten. Lack, Schmutz, Korrosion und alle isolierenden Teile müssen sorgfältig entfernt werden. Zu empfehlen sind verzinkte Schraubbolzen und Beilegescheiben
- ◆ PE kann, wenn keine getrennten Funktionserden vorhanden sind, als Bezugspotential-Sternpunkt für die Elektronik (Digitalerde und Analogerde) und als Schirmauflage verwendet werden. Voraussetzung dafür ist jedoch ein störungsarmer Schutzleiter.

## 4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

### 4.1 Allgemeines



Die europaweit geltende Gesetzgebung über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrisch betriebener Geräte und Einrichtungen legt Grenzwerte sowohl für die Störfestigkeit als auch für die Störaussendung fest.

Die EMV-gerechte Ausführung von Geräten beinhaltet, dass die Erzeugung und Einwirkung elektromagnetischer Störungen soweit begrenzt wird,

- ◆ dass der bestimmungsgemäße Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten sowie sonstiger Geräte möglich ist und
- ◆ dass die Geräte, Anlagen oder Systeme eine angemessene Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen, so dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb möglich ist.

Auch wenn solche Geräte und Einrichtungen die jeweiligen Forderungen erfüllen und die CE-Kennzeichnung tragen, bedeutet das nicht, dass sie absolut störfest und abstrahlungsfrei sind. Um solche Qualitäten geräteseitig zu erreichen, müsste ein unwirtschaftlich hoher Aufwand getrieben werden.

Deshalb müssen zusätzliche äussere Maßnahmen getroffen werden, die Störeinstrahlungen und Störabstrahlungen wirksam reduzieren. Im wesentlichen betrifft das alle Zu- und Ableitungen, die an die Geräte angeschlossen werden sowie leitende Geräteteile und Gehäuse. Sie können sowohl als aktive als auch als passive Antennen wirken, die elektromagnetische Störsignale abstrahlen oder in Geräte einkoppeln.

Diese Störsignale werden eingeteilt in

- ◆ leitungsgebundene, wie sie z.B. von Leuchtstoffröhren, EDV-Anlagen, Schützen, Schaltheftungen und vor allem Freqzumrichter verursacht werden und in
- ◆ strahlungsgebundene, die z.B. von HF-Sendern (Funk, Fernsehen, Mobiltelefon usw.) erzeugt werden.

Die eindeutige Zuordnung der Störquellen ist dabei nicht immer möglich, da viele in beide Kategorien eingeordnet werden können, wie z.B. Schütze.

## 4.2 Äussere Maßnahmen für die EMV-Sicherheit

Nachfolgend werden Maßnahmen beschrieben, die dazu beitragen Störaussendung zu reduzieren und vor allem Störeinstrahlungen zu verhindern. Im wesentlichen handelt es sich dabei um

- ◆ Ableiten von Störungen
- ◆ Abschirmen gegen Störungen
- ◆ richtige Kabelwahl und -verlegung
- ◆ richtige Wahl des Installationszubehörs
- ◆ Einsatz zusätzlicher Entstörgeräte sowie das
- ◆ Beachten der Angaben in den jeweiligen Datenblättern

### 4.2.1 Ableiten von Störungen (EMV)

Alle leitfähigen Gehäuse und Geräteteile, die bestimmungsgemäß keine Betriebsspannungen führen, stellen potentielle Antennen dar und können somit Störungen abstrahlen oder aufnehmen. Konsequentes Erden dieser Teile leitet solche Störungen weitgehend ab und macht sie damit unschädlich.

Dies gilt für Schaltschränke, Gehäuse, Gehäuseteile, Montageplatten, Baugruppenträger usw.

Normalerweise sind Teile innerhalb eines Gehäuses werksseitig bereits über direkten Kontakt (z.B. Verschraubung) oder durch grün-gelbe Leiter intern mit dem Gehäuse verbunden, sodass vor Ort nur noch das Gehäuse selbst geerdet werden muss.

Die Erdverbindung muss möglichst großflächig, impedanzarm und auf kurzem Wege erfolgen.

*Der Anschluss des Schutzleiters der Netzversorgung (siehe Abschnitt 1) hat reine Schutzfunktion und reicht für die EMV-Sicherheit oftmals nicht aus.*

### Wichtige Hinweise:

- ◆ Die vorhandenen Erdungsverbindungen innerhalb von Gehäusen oder auf Montageplatten dürfen nicht verändert und müssen nach Reparaturen wieder in den Originalzustand versetzt werden!
- ◆ Nachträglich eingebaute Teile oder Veränderungen der Anordnung oder der Verdrahtung von Geräten können die EMV verschlechtern. Nachträglich eingebaute Teile müssen möglichst sternpunktträchtig mit dem Gehäuse verbunden werden.
- ◆ Grundsätzlich können Veränderungen zum Verlust der CE-Konformität führen. Nach Veränderungen muss die EMV neu überprüft werden.
- ◆ Es ist darauf zu achten, dass Gehäuse immer geschlossen gehalten werden. Schon kleine Öffnungsschlitzlöcher können die EMV erheblich verringern.
- ◆ Schutzleiter und Erder für die EMV-Sicherheit können Potentialunterschiede aufweisen (siehe Abschnitt 4). Deshalb sind bereits vor der Montage die lokalen Erdverhältnisse zu prüfen.
- ◆ Die Auflagepunkte für Erdleiter müssen frei von Schmutz und Lack sein.
- ◆ Bezugs- und Erdleiter müssen ausreichend niederohmig und induktivitätsarm sein (großer Querschnitt, kurze Wege, flächige Ankopplung). Sie sollten immer sternpunktträchtig verbunden werden (Sammelschienen, Ringleiter usw.) und dürfen nie durch Geräte oder Schaltkreise hindurch weiterverbunden werden.
- ◆ Benutzte Erder müssen regelmäßig auf ihre Wirksamkeit (Widerstand nach Erde) überprüft werden.
- ◆ Beachten Sie auch unsere **Sicherheitshinweise**, die jeder technischen Dokumentation als gesonderte Druckschrift beiliegen.

## 4.2.2 Abschirmen gegen Störungen (EMV)

### Erd- und Potentialverhältnisse prüfen !

**Bevor Kabelschirme aufgelegt werden, müssen die örtlichen Erd- und Potentialverhältnisse beider Auflagestellen geprüft werden. Werden dabei kritische Potentialunterschiede festgestellt (siehe Abschnitt 4), müssen betreiberseitig geeignete Maßnahmen im Sinne dieser Erdungsempfehlung getroffen werden.**

### Welches Schirmmaterial?

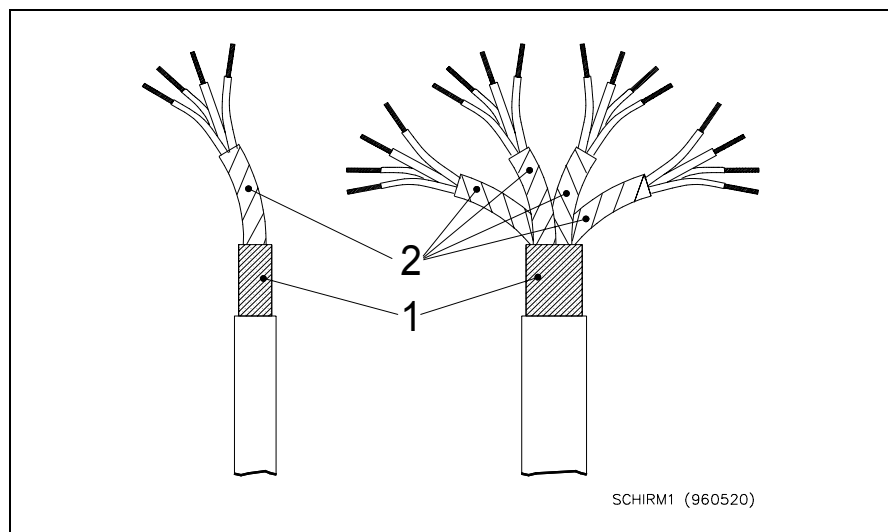


Abbildung 1:

Wirksame Kabelabschirmungen sollten möglichst aus gut leitendem Material bestehen, wie z.B. verzinn- oder vernickeltes Kupfergeflecht und/oder Aluminiumfolie. Stahlgeflecht dient üblicherweise nur der Armierung bzw. dem mechanischen Schutz.

Zu empfehlen sind doppelt abgeschirmte Kabel also z.B. mit einem Gesamtschirm (1) aus Kupfergeflecht und Einzelschirmen (2) aus Kupfergeflecht oder Folien (siehe Abbildung 1).

In besonders kritischen Fällen können weitere Verbesserungen erreicht werden durch:

- ◆ HF-dichte Schutzgehäuse
- ◆ abgeschirmte Metallschutzschläuche mit besonderen Eigenschaften mit denen die Verbindungskabel überzogen werden. *Metallschutzschläuche sind wie beidseitig aufgelegte Schirme zu sehen!*
- ◆ Verwenden leitfähiger HF-Dichtungen bei Gehäuseeinführungen

## Kabelschirme und Stahlschutzschläuche einseitig oder beidseitig auflegen?

Kabelschirme und Stahlschutzschläuche sollen, wenn möglich beidseitig aufgelegt werden.

Früher galt die Regel, Kabelschirme nur einseitig aufzulegen, um Ausgleichsströme (Erdschleifen) zu vermeiden. Heute erfordert die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) meist das Gegenteil, also das beidseitige Auflegen. Deshalb müssen Ausgleichsströme, verursacht durch örtliche Potentialunterschiede, die Schirm, Kabel und Elektronik zerstören könnten, durch geeignete Maßnahmen verhindert oder klein gehalten werden.

Ausgleichsströme, die über Abschirmungen fließen, sollten möglichst vermieden werden. Folgendes ist unbedingt zu beachten:

- ◆ Bei Kabellängen **unter 25 m** kann dies normalerweise ohne besondere Maßnahmen erfolgen, weil bei solch kurzen Entfernungen keine erheblichen Potentialunterschiede zwischen den Auflagepunkten zu erwarten sind.
- ◆ Bei Kabellängen **über 25 m** sind die örtlichen Erd- und Potentialverhältnisse zu prüfen. Werden dabei Potentialunterschiede festgestellt, die Ausgleichsströme verursachen können, sind folgende Maßnahmen abzuwägen:
  - ◇ Stromtragfähigkeit des Schirms überprüfen, d.h. durch Messungen und Berechnungen feststellen, ob der zu erwartende Ausgleichsstrom Schirm und Kabel schädigen könnte.
  - ◇ Ist der zu erwartende Ausgleichsstrom zu groß, um über den Schirm abgeleitet zu werden, muss entweder
    - zwischen den unterschiedlichen Potentialen eine stromtragfähige Ausgleichsleitung verlegt werden oder
    - eine Seite des Kabelschirms nicht direkt aufgelegt, sondern kapazitiv (10 ... 100 nF bipolar) an den Schirmauflagepunkt angekoppelt werden. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme muss jedoch überprüft werden.

### Achtung:

***Diese Maßnahme ist in explosionsgefährdeten Bereichen nicht zulässig!***



## Praktische Hinweise zum Auflegen von Schirmen

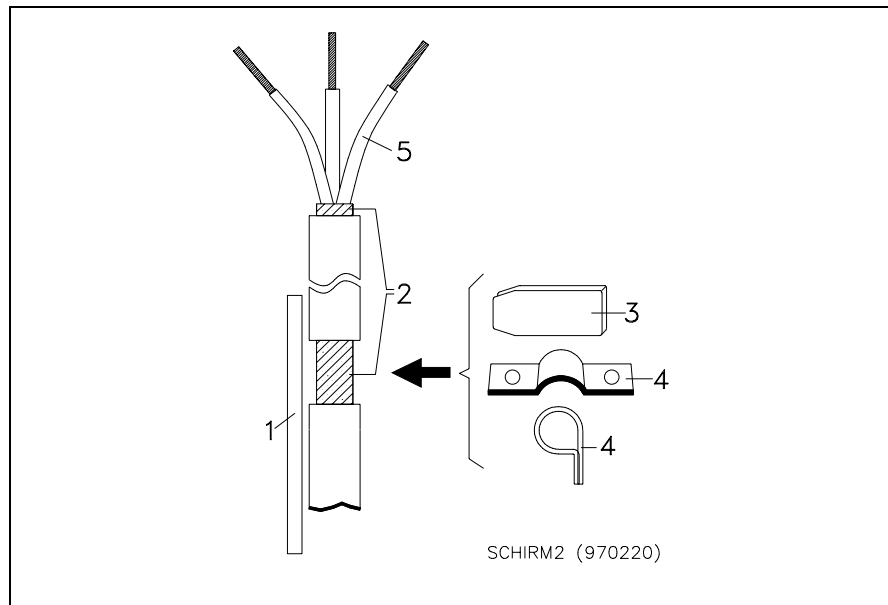


Abbildung 2:

- ◆ Schirme sollten nach dem Einführen in ein Gehäuse auf dem kürzesten Weg aufgelegt werden. Die vom Schirm nicht überdeckten Einzeladern an den Kabelenden sollten so kurz wie irgend möglich gehalten werden. Für doppelt geschirmte Kabel bedeutet das, dass der aussenliegende Schirm direkt beim Eintritt in das Gehäuse, z.B. über spezielle Verschraubungen, und der oder die innenliegenden Schirme möglichst bis zu der Auflagestelle der Kabeladern mitgeführt wird.
- ◆ Schirme sind möglichst großflächig und impedanzarm, z.B. mittels Rohrschellen (4) oder Federklammern (3) auf geerdeten Sammelschienen oder Montageplatten (1) aufzulegen. Dadurch wird der Schirm (2) ohne Unterbrechung weitergeführt bis zur Anschlussstelle des Kabels und die unbedeckten Überstände (5) des Kabels können extrem kurz gehalten werden (siehe Abbildung 2).
- ◆ Zusammengedrückte Schirmenden sowie angelötete oder angepresste Litzen reduzieren den wirksamen Querschnitt des Gesamtschirms auf den eines Einzeldrahtes und vermindern die Schirmqualität erheblich.
- ◆ Wenn ein Kabelschirm nur einseitig aufgelegt werden soll, so muss darauf geachtet werden, dass der Schirm am anderen Kabelende nicht versehentlich über das Steckergehäuse doch geerdet wird. Der Schirm muss vom Steckergehäuse isoliert werden.
- ◆ Abschirmende Metallschutzschläuche müssen an beiden Enden bündig, also ohne Spalten, mit den Gehäusen durch dazu passende Verschraubungen verbunden werden.

### 4.2.3 Richtige Kabelwahl und -verlegung

Für den Anschluss von Messwertensoren empfehlen wir ausschliesslich unsere doppelt geschirmten Signalkabel AC-112

(4 x 0,5 mm<sup>2</sup>) für einen, oder AC - 113 (6 x 4 x 0,5 mm<sup>2</sup>) für bis zu sechs Sensoren zu verwenden.

Beim Verlegen der Kabel muss auf folgende Punkte geachtet werden:

- ◆ Signal- und Datenkabel müssen immer getrennt von Energie- und Steuerleitungen oder in **ausreichendem Abstand** davon verlegt werden. Unvermeidbare Kreuzungen zwischen diesen müssen im rechten Winkel verlaufen.
- ◆ Alle nicht benutzten Adern eines Kabels sind einseitig zu erden.
- ◆ Das Verlegen aller Kabel sollten auf dem **kürzesten Weg** unter Vermeidung von Schleifenbildung erfolgen.
- ◆ Leiter gleichen Potentials sollten möglichst **sternförmig**, also an einem gemeinsamen Punkt miteinander verbunden werden.

### Vierleitertechnik

Unsere berührungslosen Wegsensoren und Beschleunigungs-Sensoren benötigen eine Versorgungsspannung. Sie haben je drei Anschlüsse:

SIG	für das Messsignal,
-24 V	für die Spannungsversorgung und
COM	als gemeinsamer Bezugspunkt für das Messsignal und die Spannungsversorgung.

Der Anschluss an die Messelektronik erfolgt jedoch mit einem vieradrigen Kabel (z.B. Typ AC-112). Dabei werden, wie Abbildung 2-3 zeigt, Versorgungsspannung und Messsignal über je ein Aderpaar von der Messelektronik bis zur letzten Anschlussstelle vor dem Sensor (Oszillator oder Klemmschutzgehäuse) geführt. Erst dort werden die 0V der Versorgung und die 0V für das Messsignal (COM) miteinander verbunden.

Dies hat den Vorteil, dass durch die Signalerückleitung nur der sehr geringe Signalstrom fließt und nicht der wesentlich höhere Rückstrom der Versorgung, wodurch kein signalverfälschender Spannungsabfall entsteht.

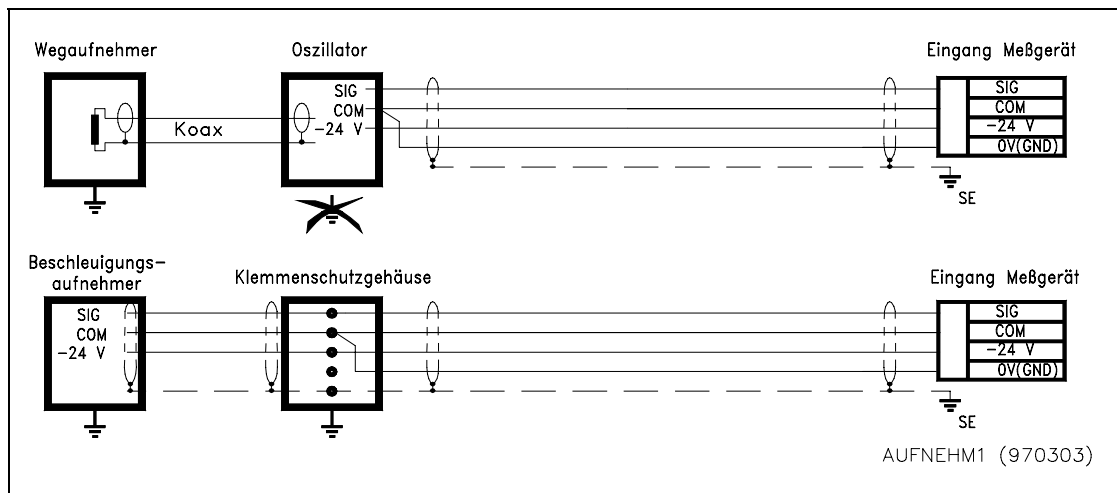


Abb. 3 Vierleitertechnik bei berührungslosen Wegsensoren (oben) und bei Beschleunigungssensoren (unten)

#### 4.2.4 Zusätzliche Entstörmaßnahmen

Wenn am Montageort Störeinflüsse herrschen, die die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwerte überschreiten, z.B. bei Altanlagen, müssen evtl. betreiberseitig zusätzliche Entstörmaßnahmen an der Störquelle getroffen werden.

Ist dies nicht möglich, können weitere Entstörmaßnahmen getroffen werden. Nachfolgend einige Beispiele:

- ◆ HF-Entstörfilter (Tiefpassfilter) oder Entstördrosseln zur Dämpfung strahlungs- oder leitungsgebundener HF-Störungen.
- ◆ Ferritkerne (Klammerfilter aus Ferrit) verschiedener Frequenzbänder, als einfache Alternative zu HF-Filtern.
- ◆ Netzfilter bei Störungen auf der Netzleitung

Die o.a. Geräte sind möglichst nahe an der Signalquelle- bzw. Senke zu installieren.

- ◆ Funkenlöschbeschaltungen bei geschalteten Induktivitäten.

Sie müssen möglichst nahe an der Störquelle installiert werden (z.B. nahe an Relais, Schaltvorgängen auf Netzleitungen usw.).

## 5 Verbinden von 0V-Bezugspotentialen

Im Gegensatz zum vorherigen Abschnitt geht es hier nicht um das Verhindern von Störein- und -ausstrahlung, also um die EMV-Festigkeit, sondern in erster Linie um das Vermeiden von Schäden an Kabeln und Schaltkreisen.

Die (0V-) Bezugspotentiale elektrischer Geräte, die Mess-, Steuer- oder Datensignale austauschen, müssen funktionsbedingt miteinander verbunden werden.

Dabei können örtliche Potentialunterschiede unerwünschte Ausgleichsströme verursachen, die zu Signalverfälschung oder im Extremfall zur Zerstörung von Kabeln und Schaltkreisen führen können.

Folgende Fälle sind zu unterscheiden:

### Potentialfreie Verbindungen

- ◆ Die Signalein- bzw. -ausgänge der zu verbindenden Geräte sind **potentialfrei**, also galvanisch von festen Potentialen getrennt (z.B. durch Optokoppler, Übertrager):

Hier sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Dies gilt auch dann, wenn eines der beteiligten Geräte nicht potentialfrei ist.

### Nicht potentialfreie Verbindungen

- ◆ Die Signalein- bzw. -ausgänge der Geräte sind **nicht potentialfrei**, d.h. die Bezugspotentiale der Geräte sind mit dem Erdpotential ihres jeweiligen Montageortes oder der örtlichen Spannungsversorgung verbunden. Hier gilt:
  - ◇ Bei Kabellängen **unter 25 m** kann dies normalerweise ohne besondere Maßnahmen erfolgen, weil bei solch kurzen Entfernungen normalerweise keine schädigenden Potentialunterschiede zwischen den Auflagepunkten zu erwarten sind. Trotzdem empfehlen wir sicherheitshalber die Erd- und Potentialverhältnisse zu überprüfen.
  - ◇ Bei Kabellängen **über 25 m** sind auf jeden Fall die örtlichen Erd- und Potentialverhältnisse zu prüfen. Werden dabei Potentialunterschiede festgestellt, die verfälschende bzw. schädigende Ausgleichströme verursachen können, sind folgende Maßnahmen abzuwägen:

- Zwischen den unterschiedlichen Potentialen muss eine Potentialausgleichschiene (PAS) oder -leitung von ausreichender Stromtragfähigkeit verlegt werden, d.h. der Querschnitt der Ausgleichsleitung muss so gewählt werden, dass der zu erwartende Ausgleichsstrom sicher aufgenommen wird oder
- die Schaltkreise müssen mittels Trennverstärker o.ä. entkoppelt werden.
- ◆ Manche Geräte haben Bezugspotentiale die angehoben, also nicht auf das lokale Erdpotential bezogen sind. Sie dürfen **nicht** mit Erdpotential verbunden werden! In diesem Fall **muss** mittels Trennverstärker entkoppelt werden.

## 6 Potential und Bezugspotential

### Was versteht man unter elektrischem Potential?

Bei allen elektrischen Einrichtungen, sowohl auf der Erzeugungs- als auch auf der Verbraucherseite und auch bei allen mit diesen leitend verbundenen Einrichtungen spielt der Begriff "Potential" eine wichtige Rolle. Dies gilt im besonderen für die Belange der Sicherheit.

Die exakte mathematisch-physikalische Definition des Begriffs Potential ist schwerverständlich und für die Betrachtung im Rahmen dieser Erdungsempfehlung eher ungeeignet.

Einfacher und ausreichend ist es, Potentiale als elektrische Zustände verschiedener Raumpunkte zu verstehen, die die Ursache für elektrische Spannungen zwischen diesen sind. Die Spannung wiederum ist dann ein Maß für den Potentialunterschied zwischen zwei Punkten.

### Was ist ein Bezugspotential?

Wie der o.a. Definition zu entnehmen ist, ist das elektrische Potential eines Punktes eine relative Größe.

Um eine absolute Aussage machen zu können, muss ein Bezugspotential definiert werden, auf das dann alle anderen bezogen werden. Normalerweise wird das Potential eines geerdeten Punktes gewählt, das den Wert Null (Volt) erhält.

Die Rückleiter (Nulleiter) aller Verbraucher in einem Versorgungsnetz sind dann an dieses Bezugspotential angeschlossen.

## Warum können Bezugspotentiale unterschiedlich sein?

Im allgemeinen wird nicht nur der zentrale Bezugspunkt, also z.B. der Erdungspunkt an einer Transformatorstation, als Bezugspotential bezeichnet, sondern auch alle mit diesem direkt verbundenen Rückleiter und Sammelschienen, sowie zusätzlich eingerichtete Erder.

Da alle diese Verbindungen - auch die Erde - sowohl ohmschen, induktiven als auch kapazitiven Widerstand besitzen und normalerweise die Rückströme der Verbraucher hin zur Versorgung führen, kommt es auf ihrer gesamten Länge zu Spannungsfällen, die einem Potentialgefälle gleichzusetzen sind. Die Abweichung des lokalen Bezugspotentials vom zentralen Bezugspunkt hängt also von der Stromstärke und dem Widerstand des jeweiligen Rückleiters ab.

Abbildung 4 zeigt an einem einfachen Beispiel die oben beschriebenen Zusammenhänge bei der Verwendung einer Bezugspotential-Sammelschiene. Abbildung 5 zeigt die entsprechende Darstellung, wenn als Rückleiter die Erde benutzt wird.

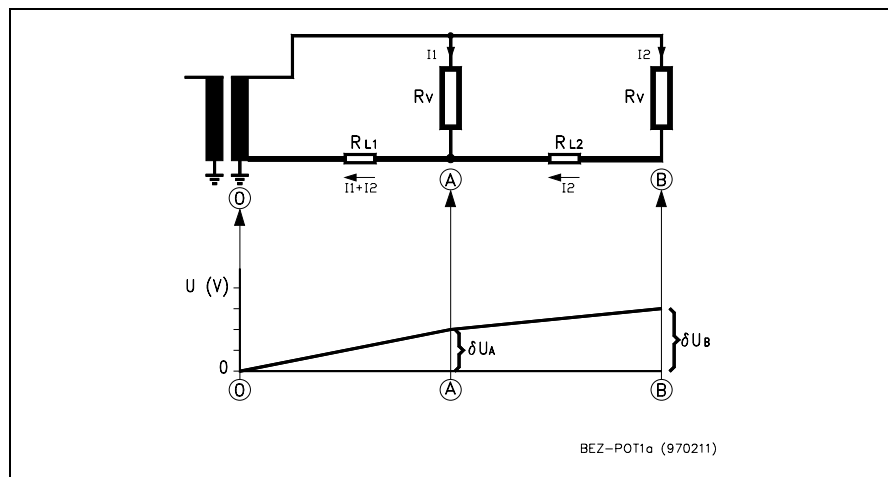


Abb. 4 Beispiel für das Gefälle des Bezugspotentials

Das dargestellte Netz besteht aus einer Transformatorstation als Stromversorger an dem Ort (0) und zwei Verbrauchern an den Orten (A) und (B).

Der Einfachheit halber ist eine einpolige Darstellung gewählt.

Der Stromrückleiter ist eine Sammelschiene, die gleichzeitig das Bezugspotential darstellt. Stellvertretend für den ohmschen, induktiven und kapazitiven Widerstand der Sammelschiene sind die Widerstände  $R_{L1}$  und  $R_{L2}$  der beiden Teilabschnitte von (0) bis (A) und von (A) bis (B) eingezeichnet.

Die Rückströme  $I_1+I_2$  und  $I_2$  verursachen an diesen Widerständen Spannungsfälle, die zur Anhebung des Bezugspotentials um den Wert  $\delta U_A = (I_1+I_2) \times R_{L1}$  am Punkt (A) und  $\delta U_B = (I_1+I_2) \times R_{L1} + I_2 \times R_{L2}$  am Punkt (B) führen.

Das darunter liegende Diagramm zeigt die Verhältnisse als grafische Darstellung.

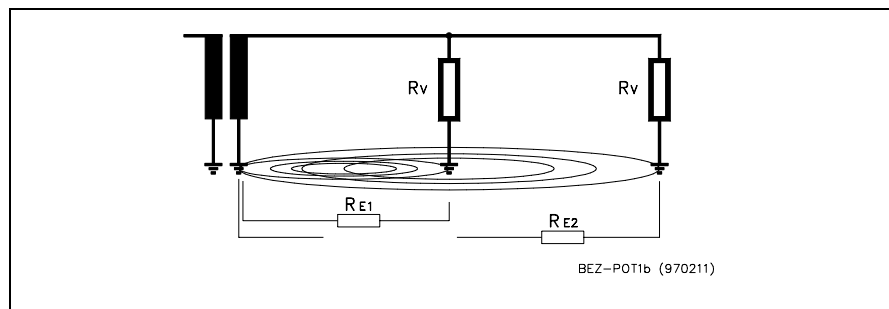


Abb. 5 Im Unterschied zu Abbildung 4 wird hier die Erde als Rückleiter benutzt. Die eingezeichneten Widerstände  $R_E$  symbolisieren den jeweiligen Erdwiderstand. Auch hier kommt es zu Anhebungen des Bezugspotentials, dessen Verlauf jedoch, bedingt z.B. durch die räumliche Widerstandsverteilung der Erde, nicht linear ist, wie im Beispiel der Abbildung 4.

## Was bewirken Potentialunterschiede?

Werden zwei Punkte verschiedenen Potentials miteinander leitend verbunden, so fließt ein elektrischer Strom vom höheren zum niedrigeren Potential. Die dabei auftretende Stromstärke hängt von der Höhe des Potentialunterschieds (Spannung), von der Leitfähigkeit der Verbindung, und vom Innenwiderstand der mit den Punkten verbundenen Einrichtungen ab.

Man unterscheidet zwischen gewollten und ungewollten Potentialunterschieden:

- ◆ Gewollte Potentialunterschiede, also nutzbare elektrische Spannungen, werden von Generatoren und Batterien zur Bereitstellung elektrischer Energie erzeugt.
- ◆ Die ungewollten Potentialunterschiede, wie statische Aufladungen und vor allem die für unsere Betrachtung relevanten Verschiebungen von Bezugspotentialen durch Spannungsfälle in stromdurchflossenen Rückleitern, können dagegen zu Störungen oder sogar zur Zerstörung von Leitungen und Schaltkreisen führen.



Diese Seite wurde für eigene Notizen frei gelassen.

Diese Seite wurde für eigene Notizen frei gelassen.

# ***General grounding recommendation***

*Instruction*

All rights reserved

No part of this technical documentation may be reproduced without prior written permission of Brüel & Kjær Vibro GmbH.

Subject to change without prior notice.

Copyright 2002 by Brüel & Kjær Vibro GmbH, D-64293 Darmstadt

---

# Table of Contents

<b>1</b>	<b>General grounding recommendation .....</b>	<b>29</b>
1.1	What is described in this recommendation? .....	29
<b>2</b>	<b>General.....</b>	<b>30</b>
<b>3</b>	<b>Grounding as a protective measure on indirect contact with electrical equipment .....</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>Electromagnetic compatibility (EMV) .....</b>	<b>34</b>
4.1	General.....	34
4.2	External measures for EMV security .....	35
4.2.1	Diversion of interference (EMV) .....	35
4.2.2	Shielding against interference (EMV).....	37
4.2.3	Correct cable selection and installation.....	40
4.2.4	Additional interference-suppression measures.....	41
<b>5</b>	<b>Connection of 0V reference potentials.....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>Potential and reference potential.....</b>	<b>44</b>



# 1 General grounding recommendation

## 1.1 What is described in this recommendation?



The following pages provide practical information on the subjects of grounding, shielding, EMV security and reference potential in accordance with present-day practices.

This information ...



- ◆ is limited mainly to the spheres of installation and operation of our established product range's measurement techniques.



- ◆ makes no claim to be a comprehensive summary of the extensive subject of grounding with its many theoretical and practical facets.
- ◆ cannot be used as described in this manual in other grounding applications without additional information.

The corresponding instructions in our respective instrument manuals should be used as a supplement to these grounding recommendations.

Basic rule:

**Check the ground and potential conditions!**

***Before the cable connections are made at an installation of our instruments the on-site grounding, potential and power conditions must be checked. If critical potential differences are found during this check, (see section 4) suitable measures in the sense of these grounding recommendations must be taken by the operators of the equipment.***

Exception:

**Explosive areas**

***In explosive areas or the areas surrounding them, grounding recommendations which deviate from these instructions or which require additional measures to be taken may be required. These must be carefully checked for each individual case.***

**Supplementary note:**

In addition to these grounding recommendations, our **safety instructions** which accompany all documentation in the form of a special brochure are also to be considered.

## 2 General

### What does „Grounding" mean?

In general language usage the term „grounding“ means any connection through a so-called „ground“ to a conductive earth point which provides a reference potential (see section 4). Grounds are conductive components which are electrically in good contact with earth and whose connection point is mostly led from out of the earth.

Grounds can be, depending on the site conditions, either provided by a rod, a flat band or a plate.

### Why is „grounding" necessary?

A connection to ground potential has various objectives:

- ◆ A protective measure in accordance with the valid VDE prescriptions (DIN VDE 0100) and low potential guidelines whereby various national distinctions must be observed
- ◆ Prevention of disturbance emissions and immissions according to the EMV guidelines
- ◆ For the required determination of a common reference potential for operation of electrical instruments and equipment
- ◆ Other objectives, which may not be relevant for these grounding recommendations



## Designations for reference and ground points

The following designations are commonly used for reference and grounding points:



- ◆ **0 V/Ground** – generally for the reference potential of electrical switching Schaltungen



- ◆ **0 VA** - for reference points in the analog circuits of instruments



- ◆ **0 VD** - for reference points in the digital circuits of instruments



- ◆ **TE** - for the star connection (mainly a bus-bar), to which the 0 VA and 0 VD are connected. TE is often de-signated also as „Electronic ground" or „Measurement ground".



- ◆ **SE** - Star connection (mainly a bus-bar), to which all the cable shields, e.g in an instrument housing, are connected. SE is normally or mostly connected with PE.



- ◆ **PE** - for connection of the green/yellow protective ground cable of the power supply or a general protective ground point.

TE and SE can be connected to PE when PE is disturbance-free. If this is not the case TE must at least be connected to a separate, clean (disturbance-free) ground point.



- ◆ **FE** - Some operating plants which have a consistent grounding concept provide a so-called „Functional ground" **FE** , e.g. in control rooms

### 3 Grounding as a protective measure on indirect contact with electrical equipment



Electrically operated equipment normally consists of one or more so-called „bodies“.

„Bodies“, according to DIN VDE 0100, are contactable components which, in contrast to „active“ components, can only possess a potential in the case of a fault. Such potentials are designated contact potentials and in case of indirect contact can cause currents which are dangerous to man.

Examples of these so-called „bodies“ are cubicles, housings, contactor equipment, mounting panels, etc.

Protective grounding provides protection from contact potentials.

With protective grounding, conductive bodies are connected to ground either


- ◆ through a protective conductor supplied with the power supply or
- ◆ through connection to a separate local protective ground via their own protective conductor (ground cable).

These measures have the effect that in the case of failure of the protective equipment (over-voltage, incorrect-current or incorrect-voltage protective equipment) the operational components are either completely disconnected from power or the contact potential is reduced to a permissible level.


The permissible levels of contact potentials are

- ◆ Max. 50 Volts in the case of AC voltages
- ◆ Max. 120 Volts in the case of DC voltages.

***Higher contact potentials cause current levels which are extremely dangerous and can lead to injury or even death!***

Insulated protective conductors must be identified with **green/yellow** colouring over their entire length. The connection point to protective ground must be marked with „**PE**“ (protective earth) or the  identifying mark.

### Practical tips:

- ◆ The protective conductor must be laid in the shortest possible path to a central grounding point provided, e.g. a point on the mounting panel. This point must be identified either with „PE“ or the  identifying mark.
- ◆ Because the protective conductor cable is sometimes laid over considerable distances, its potential can be different from the local ground potential. Check for potential differences!
- ◆ The connection point for the protective conductor to ground must guarantee good contact. Paint, dirt, corrosion and any insulation must be carefully removed. Galvanised or stainless steel bolts and washers are recommended.
- ◆ If there is no separate Function ground is available, „PE“ can be used as the reference potential point for the electronics (digital ground and analog ground) and for connection of the cable shielding. The prerequisite for this however is an interference-free protective conductor.

## 4 Electromagnetic compatibility (EMV)

### 4.1 General



The Europe-wide legislation on electromagnetic compatibility (EMV) for electrically-operated instruments and equipment sets limit values for interference resistance and interference emission.

EMV-conforming design of instruments requires that the emission and immission of electromagnetic interference must be limited so that,

- ◆ the operation of radio, telecommunication and other similar equipment is possible for their designed purpose
- and
- ◆ the instruments, plant or systems exhibit a resistance to electromagnetic interference so that their designed intended operation is possible.

However even when these instruments and equipment fulfill the respective requirements and carry the CE designation, this does not necessarily imply that they are absolutely interference resistant and interference free. To attain this absolute level of quality a prohibitive manufacturing cost would be necessary.

Therefore some additional external measures must be taken to effectively reduce the effective interference emission and immission. Normally this includes all cables to and from the instruments as well as the instruments and housings connected to them. These items can act as active and passive antenna which transmit and receive electromagnetic interference.

These interference signals are divided into

- ◆ Receiver-associated, e.g. by fluorescent tubes, EDV-plant, protective-devices, switching actions and especially frequency converters, and
- ◆ Transmitter-associated, e.g. created by HF transmitters (radio, television, cellular telephones etc.).

A clear categorisation of interference sources is virtually impossible because of the number involved, e.g. protective devices.

## 4.2 External measures for EMV security

The following measures can be taken to contribute toward the reduction of interference emission and prevention of interference immission. These measures are mainly

- ◆ Diversion of interference
- ◆ Shielding against interference
- ◆ Correct cable selection and installation
- ◆ Correct selection of installation accessories
- ◆ Additional interference suppression measures
- ◆ Observation of instructions in respective data sheets

### 4.2.1 Diversion of interference (EMV)

All conductive housings and instrument components which produce no operating voltages are potential antennas which transmit or receive interference. Good grounding of these items diverts this interference extensively and renders them harmless.

This is valid also for cubicles, housings, housing components, mounting panels and instrumentation racks etc.

Normally components in the housings are already in direct contact with (through screws) or are internally connected to the housing through green/yellow ground cables so that only the housing itself must be locally grounded.

The connection to ground must be large in cross-sectional area, low in resistance and must be made over the shortest possible distance.

*The ground cable of the power supply (see section 1) has purely a protective function for the power supply and is normally not sufficient for EMV security.*

### Important hints:

- ◆ The available ground connection within housings or on mounting panels must not be altered and must be replaced in original condition after any repairs!
- ◆ Retro-fitted components or alterations in the arrangement or wiring of instruments can lower the EMV security of the system as a whole. Retro-fitted components must be connected to a ground star-connection point of the housing.
- ◆ Basically alterations can result in loss of the CE conformity. The EMV security must be checked after any alterations.
- ◆ Care should be taken that housings are always kept closed. Even small openings in the housing can result in a considerable loss of EMV security.
- ◆ Protective conductors and grounds for the EMV security can exhibit potential differences (see section 4). Therefore local potential differences must be checked before an installation.
- ◆ The connection point for the ground cable must be free of dirt and paint.
- ◆ Reference and grounding cables must be sufficiently low in resistance, and free of inductance (large cross-sectional area, shortest path, flat connection). They should always be connected in a star shape (bus-bars, ring-circuit etc.) and may not be fed through the instrument or switching circuits to further connection points.
- ◆ Grounds which are used must be regularly checked for their efficiency (resistance to ground).
- ◆ Observe our **Security Instructions** which accompany all technical documentation we issue in the form of a separate brochure.

## 4.2.2 Shielding against interference (EMV)

### Check ground and potential differences!

***Before cable shields are connected the local ground and potential differences at the ends of the installation must be checked. If critical potential differences are found (see section 4) suitable measures must be undertaken on the part of the end-user regarding these grounding recommendations.***

### What type of shielding material to use?

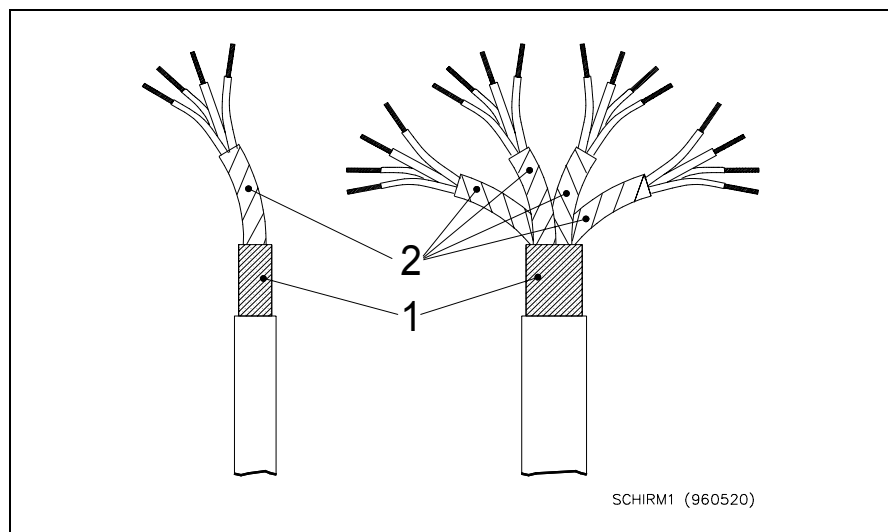


Figure 1:

Efficient cable shielding should if possible consist of good conductive material, such as tinned or nickel-coated copper foil and/or aluminium foil. Steel foil normally serves only for mechanical protection of the cable.

Double-shielded cable is recommended, e.g. with an overall shield (1) of copper foil and individual shields (2) of copper or aluminium foil (see Figure 1).

In especially critical cases further improvements can be made by:

- ◆ HF-resistant protective housings
- ◆ Shielded metal protective conduit with special characteristics in which the cable is laid. *Metallic protective conduit must be regarded as shielding connected at both ends!*
- ◆ Use of conductive HF-seals at cable entries to the housing

## Must cable shields and protective conduit be connected at one or both ends?

Shields and protective conduit must, if possible, be connected to ground at both ends.

In earlier times the general rule was that shields should be connected only at one end to avoid equalisation currents (ground loops). Today the requirement for electromagnetic compatibility (EMV) is the contrary, i.e. connection at both ends. Therefore equalisation currents, caused by local potential differences which can interfere with the shield, cable and electronics, must be eliminated or reduced to small levels by suitable measures.

Equalisation currents which flow through shielding must be eliminated as far as possible. The following must be unconditionally observed:

- ◆ With cable lengths under **25 m** this can normally be achieved without any special measures since there will normally not be significant potential differences over such short distances.
  
- ◆ With cable lengths over **25 m** the local ground and potential differences should be checked. If significant potential differences are found the resultant equalisation currents can be attenuated using the following measures:
  - ◇ Check the current capacity of the shield, i.e. to determine by measurement and calculation whether the expected equalisation current will damage the shield and cable.
  - ◇ If the expected equalisation current is too large to be absorbed by the shield, either
    - an equalisation cable able to carry the expected current must be connected between the difference potentials, or
    - one end of the shield must be coupled, not directly but capacitively (10 ... 10 nF bipolar) to the shield connection point.

The effectiveness of this measure must however be checked before permanently adopting it.

### Note:

***These measures are not permissible in explosive areas!***



## Practical hints for connecting the shields

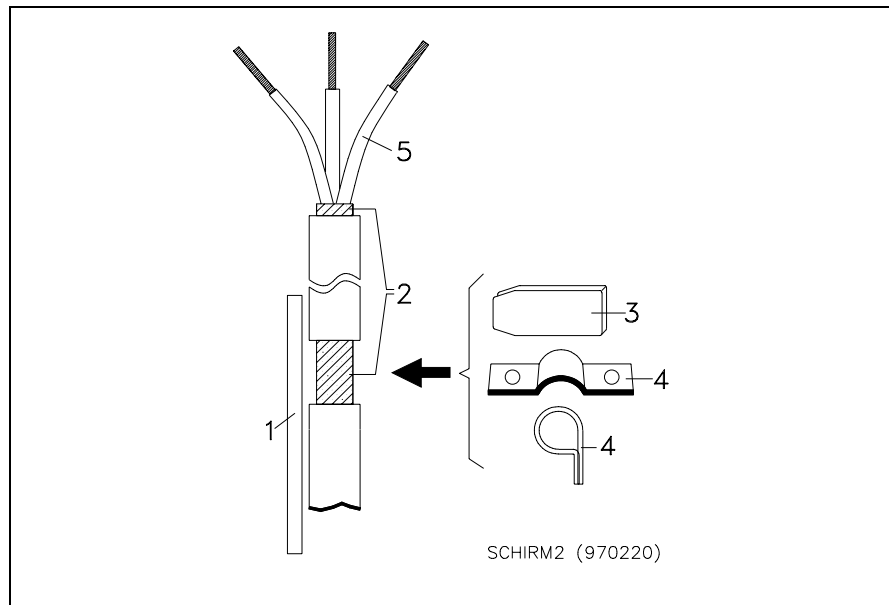


Figure 2:

- ◆ Shields must be connected to ground via the shortest possible path immediately after entering the housing. Individual cable ends which are not shielded must be kept as short as possible. For double-shielded cables this means that the overall shield must be connected by special screws to a point immediately near the housing entry point and the inner shields must be connected to the shield connection point as close as possible to the cable connection points.
- ◆ Shields, which must be as flat and as resistant-free as possible, must be connected to the grounded bus-bar or mounting panel (1) using staple brackets (4) or spring clamps (3). In this way the shield (2) can be fed without a break close to the connection point of the cable and the unshielded portion of the cable can be kept extremely short (see Fig. 2).
- ◆ Shield ends which are twisted together and cable strands which are soldered or pressed together reduce the effective cross-sectional area of the total shields and thus considerably reduce the shield quality.
- ◆ When a cable shield is to be connected at only one end, care must be taken that the shield at the other end of the cable is not inadvertently connected to ground through a plug housing. The shield must be isolated from the plug housing.
- ◆ Protective metal conduit must be connected to the housing concisely with suitable screws without any gap.

### 4.2.3 Correct cable selection and installation

For connection of measurement sensors we recommend exclusively our double-shielded AC-112 (4 x 0.5 mm<sup>2</sup>) for single sensors, or our AC-113 (6 x 4 x 0.5 mm<sup>2</sup>) for up to six sensors.

When connecting the cables the following points must be observed:

- ◆ Signal and data cables must always be laid separately or at least separated by **sufficient distance** from power or switching cables. Unavoidable crossing of these types of cables must always be done at right-angles.
- ◆ All unused cables must be grounded at one end.
- ◆ All cables must be laid via the **shortest possible path** to prevent the formation of loops.
- ◆ Cables with the same potential must be coupled together in a **star-formation** to a common connection point.

#### Four-wire technique

Our non-contacting displacement sensors and accelerometers require power to operate. Each sensor has three connections:

SIG	for the measured signal,
-24 V	for the power requirement
COM	as a common reference point for the measured signal and the power supply.

Nevertheless connection to the measurement electronics is made using a four-wire cable (e.g. type AC-112). As shown in Figure 2-3 the power and the measured signal are therefore each fed by a separate pair of wires from the measurement electronics to the last connection point before the sensor (oscillator or terminal housing). Only at this point are the 0V for the power and the 0V for the measured signal (COM) connected together.

This has the advantage that only the very small signal current flows through the signal pair of wires and not the considerably higher return current of the power supply, thus eliminating falsification of the measured signal through a power voltage drop.

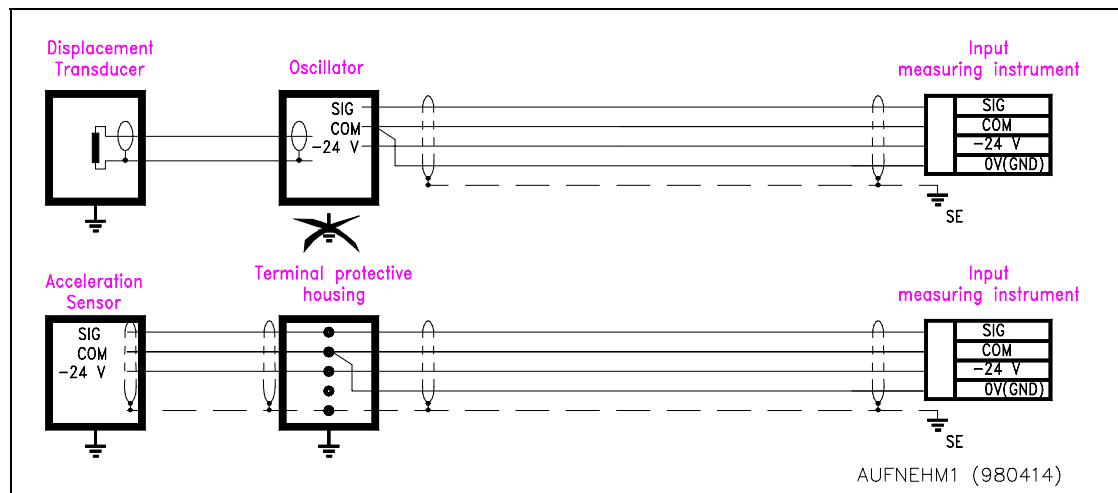


Figure 3: Four-wire technique with non-contacting displacement sensor (top) and accelerometers (bottom)

#### 4.2.4 Additional interference-suppression measures

When the influence of interference is so predominant that the limit values prescribed by the authorities are exceeded, e.g. in old plants, additional interference-suppression measures must be undertaken on the part of the end-user at the source of the interference.

If this is not possible further interference-suppression measures can be introduced. The following are some examples:

- ◆ HF-interference filters (low-pass) or interference chokes for damping transmitted or received HF-interference.
- ◆ Ferrite cores (Ferrite filters) of various frequency bands, as a simple alternative to HF-filters.
- ◆ Power filters for interference on the power supply

The above-mentioned devices must be installed as close as possible to the signal source.

- ◆ Spark-suppression equipment in the case of inductive switching. This must be installed as close as possible to the source of the interference (e.g. close to relays, contactors for power switching etc.).

## 5 Connection of 0V reference potentials

In contrast to the previous section this section deals not with the elimination of interference emission and immission, or EMV compatibility, but first of all with elimination of damage to cables and circuits.

The 0V reference potential of electrical instruments which exchange measurement, control or data signals must be functionally connected with one another.

Local potential differences which cause undesirable equalisation currents can cause falsification of the signals or, in extreme cases, lead to damage of cables and circuits.

The following cases must be distinguished:

### Potential-free connection

- ◆ The signal inputs or outputs of the instrument are **potential-free**, i.e. galvanically separate from fixed potentials (e.g. through optocouplers, transfer device): In this case no special measures are necessary. This is also valid if one of the associated instruments is not potential-free.

### Non potential-free connection

- ◆ The signal inputs or outputs of the instrument are **non potential-free**, i.e. the reference potential of the instrument is connected to the ground potential of the respective mounting location or the local power supply.
  - ◇ With cable lengths under **25 m** this can normally be done without any special measures because with such short distances no damaging potential differences between the connection points are expected. Nevertheless we recommend that the ground and potential differences be checked for safety reasons.
  - ◇ With cable lengths of over **25 m** the ground and potential differences should always be checked. If potential differences are found which will cause falsification or damaging equalisation currents, the following measures should be initiated:

- A potential equalisation bar or cable of sufficient current carrying capacity, must be chosen and must be installed between the different potentials, i.e. the cross-sectional area of the conductor must be chosen so that the expected equalisation current can be carried with safety, or
- The circuits must be coupled using differential amplifiers.
- ◆ Some instruments have a reference potential which is not referenced to the local ground potential. These instruments **must not** be coupled with the ground potential! In these cases differential amplifiers **must** be used for the coupling!

## 6 Potential and reference potential

### What is electrical potential?

With all electrical equipment, on the generation and also the user side and all associated equipment coupled with these the concept of „Potential“ plays an important role. This is especially true in the interest of safety.

The exact mathematical and physical definition of the concept of potential is difficult to understand and, as far as it is concerned within the framework of this grounding recommendation, not appropriate.

It is simpler and also sufficient to understand potential as the electrical condition of different locations which is the cause for an electrical voltage to exist between them. The voltage is then a measure of the difference in potential which exists between two points.

### What is a reference potential?

As can be deduced from the above description, the electrical potential of a point is a relative value.

To be able to make a definitive statement a reference potential which is to be the reference for all other potentials must be defined. Under normal circumstances the potential of a grounded point is selected and is given the value „zero“ (volt).

The return line (neutral line) of all users in the supply network is then connected to this reference potential.

## Why can reference potentials differ?

In general not only the central reference point, e.g. the ground point in a transformer station, is designated as the reference potential, but everything connected with the same return line and bus-bar, as well as additionally established grounds.

Because all these connections - including the earth - possess ohmic, inductive or capacitive resistance, and normally the return current from the users is fed back to the supply, this results in a voltage drop over the entire length of the network which is equivalent to the potential drop. The difference in potential between the local reference potential and the central reference point is dependent therefore on the strength of the current and the resistance of the respective return line.

Figure 4 illustrates an example of the above described relationship in the case of a reference potential bus-bar. Figure 5 shows the corresponding diagram when the earth is used as the return line.

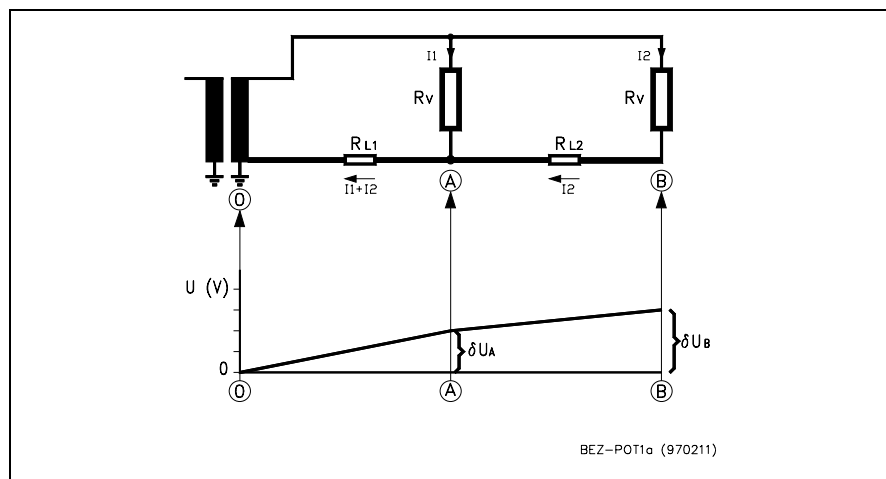


Figure 4: Example for the drop in reference potential

The network illustrated above consists of a transformer station as the power supply at location (0) and two users at locations (A) and (B).

A single-pole diagram is selected for the sake of simplicity.

The current return is a bus-bar which shows at the same time the reference potential. The resistances  $R_{L1}$  and  $R_{L2}$  represent the ohmic, inductive and capacitive resistance of the bus-bar and also designate the sections of the circuit from (0) to (A) and from (A) to (B).

The return currents  $I_1 + I_2$  and  $I_2$  cause voltage drops at these resistances, and this leads to an increase in the reference potential by a value  $\delta U_A = (I_1 + I_2) \times R_{L1}$  at point (A) and  $\delta U_B = (I_1 + I_2) \times R_{L1} + I_2 \times R_{L2}$  at point (B).

The diagram below illustrates the relationships graphically.

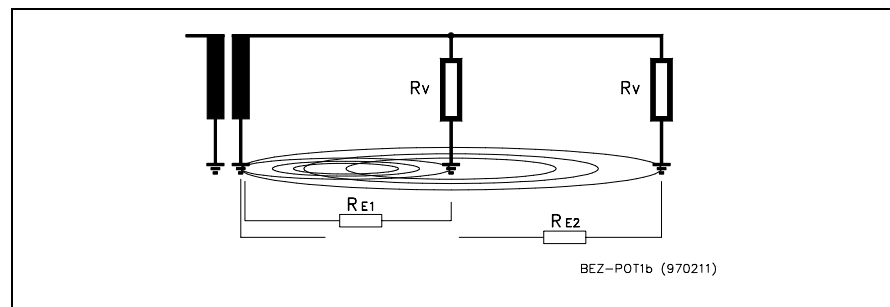


Figure 5: *In contrast to Figure 4 here the earth is used as the return line. The resistances  $R_E$  symbolise the respective earth resistance. Here again this results in an increase in the reference potential, which however is not linear here as in the case of Figure 4, because of the spatial distribution of resistance of the earth.*

## What influence does potential difference have?

If two points having a potential difference are connected together an electrical current flows from the point with the higher potential to the point with the lower potential. The strength of this resultant current depends on the magnitude of the potential difference between the two points (voltage), the current-carrying capacity of the connection between them and the internal resistance of the equipment connecting the two points.

A differentiation is made between forced and unforced potential differences:

- ◆ Forced potential differences, such as usable electrical voltage, is created by batteries and generators in the preparation of electrical energy.
- ◆ Unforced potential differences, such as static electricity and, as discussed in this article, the relevant displacement of the reference potential by voltage drops in return lines in which current is flowing, can lead to interference and also damage to cables and circuits.



This page is left blank for your notes.

This page is left blank for your notes.

# ***Recommandations générales de mise à la terre***

*Description*

Tous droits réservés.

Toute reproduction de la présente documentation technique, par quelque procédé que ce soit est interdite, même partiellement, sans l'autorisation préalable écrite de la Société Brüel & Kjær Vibro GmbH.

Tous droits de modifications réservés sans avis préalable.

Copyright 2002 by Brüel & Kjær Vibro GmbH, D-64293 Darmstadt

---

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Recommandations générales de mise à la terre .....</b>	<b>53</b>
1.1	Que décrivent ces recommandations ?.....	53
<b>2</b>	<b>Généralités .....</b>	<b>54</b>
<b>3</b>	<b>Mise à la terre : protection contre un contact accidentel .....</b>	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>Compatibilité électromagnétique (CEM) .....</b>	<b>58</b>
4.1	Généralités .....	58
4.2	Précautions à prendre pour garantir la CEM .....	59
4.2.1	Elimination des perturbations (CEM).....	59
4.2.2	Blindage contre les perturbations (CEM) .....	61
4.2.3	Choix des types de câbles et modes de câblage.....	64
4.2.4	Mise en œuvre de dispositifs d'antiparasitage .....	65
<b>5</b>	<b>Raccordement du potentiel de référence (0V) .....</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>„Potentiel“ et „potentiel de référence“ .....</b>	<b>67</b>



# 1 Recommandations générales de mise à la terre

## 1.1 Que décrivent ces recommandations ?



Ces pages donnent des informations pratiques les plus actuelles sur les thèmes „Mise à la terre“, „Blindage“, „Compatibilité électromagnétique“ (CEM) et „Potentiels de référence“.

Ces informations ...



◆ se limitent aux points essentiels concernant la mise en service et le fonctionnement industriel des appareils de notre gamme.



◆ n'ont pas l'ambition de décrire de manière exhaustive, sous ses aspects théorique et pratique, le thème de la mise à la terre.

◆ ne peuvent pas être extrapolées à d'autres domaines que ceux expressément cités.

Ces recommandations sont complétées par celles qui sont décrites dans les manuels d'emploi de nos différents appareils.

### Règle de base :

Vérifier les niveaux des différents potentiels de référence.

***Avant d'effectuer le câblage de l'un de nos appareils, il est vivement conseillé de vérifier les différents potentiels de référence, ainsi que la valeur de la tension d'alimentation.***

***Si ces valeurs ne sont pas admissibles (voir le paragraphe 4), l'exploitant devra mettre en œuvre les mesures nécessaires au rétablissement d'une situation normale.***

### Exception :

#### Installation en zone explosible

***Dans les zones qui présentent un danger d'explosion ou dans celles qui possèdent des conduites vers ces zones, il peut exister des directives supplémentaires ou qui diffèrent des recommandations de ce manuel.***

***Ceci doit dans tous les cas être soigneusement vérifié.***

#### De plus :

Outre les recommandations de mise à la terre, nous proposons dans une brochure séparée des **recommandations de sécurité**.

## 2 Généralités

### Que signifie „mise à la terre ”

La **mise à la terre** désigne tout raccordement d'un conducteur à un potentiel de référence (voir le paragraphe 4), qui est lui-même directement relié électriquement à la terre.

Selon les conditions locales d'exploitation, une „**terre**“ peut se présenter sous différentes formes, telles que : un piquet, une barre ou bien une platine.

### Pourquoi une „mise à la terre”?

Le raccordement d'un appareil à des potentiels de référence permet d'atteindre les buts suivants :

- ◆ Protection du personnel. Ce point dépend des différentes exigences nationales
- ◆ Compatibilité électromagnétique (CEM)
- ◆ Détermination d'un „0 volt“ commun à toute une installation
- ◆ Autres buts de moindre importance pour le présent exposé.



## Repérage des conducteurs de référence et de mise à la terre

Les pictogrammes suivants sont utilisés pour repérer les conducteurs de référence et de mise à la terre :



- ◆ **0 V/masse** - symbole général d'un potentiel de référence



- ◆ **0 VA** - „0 volt“ analogique



- ◆ **0 VD** - „0 volt“ numérique



- ◆ **TE** - point collecteur (souvent une barre) du **0 VA** et du **0 VD**. **TE** est également désigné par „**0V électronique**“ ou bien „**terre de mesure**“.



- ◆ **SE** - point collecteur (souvent une barre) des blindages des câbles. **SE** est souvent relié à **PE**.



- ◆ **PE** - point collecteur des conducteurs jaune/vert destinés à la protection du personnel.

**TE** et **SE** peuvent être raccordés à **PE** lorsque ce dernier est „propre“ au sens électrique, c'est à dire exempt de parasites. Si tel n'est pas le cas, **TE** au moins doit être raccordé à une terre spécialement préparée pour une telle application.



- ◆ **FE** - terre fonctionnelle. Ce symbole supplémentaire peut également exister dans certaines installations dont le concept de mise à la terre a été particulièrement étudié.

### 3 Mise à la terre : protection contre un contact accidentel



Les composants électriques possèdent généralement plusieurs „corps“.

Selon les normes, un „corps“ est une partie conductrice qui, contrairement aux „parties actives“, ne peut se trouver sous tension qu'à la suite d'un défaut.

Cette tension est alors appelée „tension de contact“. Elle peut se révéler dangereuse pour le personnel.

Exemples de „corps“ : armoires, boîtiers, accessoires et platines de montage.

La mise à la terre est une protection contre un défaut accidentel.

Elle est établie par le raccordement de ces „corps“ avec la terre, selon l'une des méthodes suivantes :

- ◆ à l'aide du conducteur de protection qui est acheminé dans le câble d'alimentation, ou bien
- ◆ à l'aide d'un conducteur séparé.

Cette mesure permet en cas de défaut, de couper l'alimentation, par l'intermédiaire d'un dispositif adapté (fusible, disjoncteur, différentiel, ...) ou bien de réduire l'intensité du courant à une valeur tolérable.

Valeurs des tensions de contact tolérables :

- ◆ 50 V AC ou
- ◆ 120 V DC

***Lorsque ces valeurs sont dépassées, un courant électrique parcourt le corps humain et peut conduire à de sévères lésions ou même à la mort.***

En règle générale, l'isolant d'un conducteur de protection est bicolore **jaune/vert**. Les points de raccordement de ces conducteurs doivent être repérés par **"PE"** (*protective earth*) ou par le pictogramme

## Notes pratiques

- ◆ Le conducteur de terre doit être le plus court possible.
- ◆ Lorsque toutefois, le conducteur de terre est long, il convient de tester la différence de potentiel entre ses extrémités.
- ◆ Les points de raccordement du conducteur de terre doivent être particulièrement soignés et être exempts de tout matériau (laque, salissures, corrosion) pouvant altérer la fonction de mise à la terre. Il est recommandé d'utiliser une visserie zinguée.
- ◆ Lorsqu'aucune autre terre n'est prévue, **PE** peut également être utilisée comme potentiel de référence pour l'électronique (**0 VA** et **0 VD**), ainsi que comme collecteur des blindages (**SE**).  
Ceci n'est bien entendu possible que si **PE** n'est pas parasitée.

## 4 Compatibilité électromagnétique (CEM)

### 4.1 Généralités



Les lois européennes fixent les limites de la compatibilité électromagnétique (CEM) des appareils et des installations, aussi bien en ce qui concerne l'émission que la réception.

La conformité des appareils aux exigences de la CEM impose que leurs émissions et leur réception sont limitées de telle manière que:

- ◆ l'utilisation d'autres appareils (entre autres, ceux servant aux télécommunications) soit possible sans précautions particulières
- ◆ leur résistance aux ondes électromagnétiques leur permettent de fonctionner sans perturbations.

Même lorsqu'un appareil est conforme, et porte la marque **CE**, il faut comprendre qu'il n'est pas entièrement hermétique aux ondes électromagnétiques. Une étanchéité totale n'est, en effet, pas économiquement réalisable.

C'est la raison pour laquelle il convient de prendre quelques précautions supplémentaires qui aideront à réduire les effets des ondes électromagnétiques.

En règle générale, il est indispensable de soigner l'exécution des entrées et des sorties des appareils, mais également l'isolation ou la mise à la terre des „corps“ conducteurs tels que les boîtiers ou les accessoires de montage, car ceux-ci agissent comme des antennes actives ou passives qui émettent des ondes électromagnétiques ou les acheminent à l'intérieur de l'appareil

Les signaux perturbateurs sont classés en deux groupes :

- ◆ **par conduction**, comme par exemple ceux des tubes à néon, des systèmes informatiques et surtout ceux des convertisseurs de fréquence
- ◆ **par rayonnement**, comme par exemple ceux des émetteurs à haute fréquence (radios, téléviseurs, téléphones portables).

Le classement des signaux perturbateurs n'est cependant pas toujours aussi aisé car certains peuvent être rangés dans les deux catégories à la fois.

## 4.2 Précautions à prendre pour garantir la CEM

Ce chapitre décrit les précautions à prendre qui aident à réduire les émissions et surtout à éviter la réception de perturbations électromagnétiques. Elles sont ordonnées dans les paragraphes suivants :

- ◆ Elimination
- ◆ Blindage
- ◆ Choix des types de câbles et modes de câblage
- ◆ Choix des accessoires d'installation
- ◆ Mise en œuvre de dispositifs d'antiparasitage
- ◆ Prise en compte de ces renseignements dans les différentes fiches techniques

### 4.2.1 Elimination des perturbations (CEM)

Toutes les parties conductrices des boîtiers et des appareils qui sont sensées être hors tension en fonctionnement normal, sont des antennes potentielles.

Elles peuvent émettre ou recevoir des perturbations. Leur mise à la terre, si elle est effectuée dans les règles de l'art, permet de neutraliser les effets de ces perturbations.

Normalement, tous les „corps“ conducteurs, installés à l'intérieur d'un appareil sont reliés entre eux, soit par vissage soit par un conducteur de couleur jaune/vert.

Lors de la mise en route sur site, il suffit alors de relier le boîtier externe à une terre de protection.

Ceci se fait de préférence à l'aide d'un conducteur de grosse section, de faible impédance et de longueur faible.

*Le conducteur jaune/vert du câble d'alimentation secteur (voir le paragraphe 1) a essentiellement une fonction de protection du personnel et ne suffit souvent pas à assurer une bonne compatibilité électromagnétique.*

### Notes importantes :

- ◆ Les conducteurs internes à l'appareil qui relient le boîtier aux différentes platines de montage ne doivent jamais être modifiés et doivent être réinstallés après une réparation.
- ◆ Les modifications de câblage ou de disposition des éléments entre eux, les éléments qui sont installés *a posteriori*, peuvent détériorer les conditions de la compatibilité électromagnétique. Dans la mesure du possible, tous les éléments d'un appareil doivent être reliés **en étoile** au boîtier.
- ◆ Fondamentalement, toute modification interne d'un appareil lui fait perdre de bénéfice du sigle **CE**. Dans ce cas une nouvelle procédure d'agrément doit être engagée.
- ◆ Le boîtier d'un appareil doit toujours être maintenu fermé. Une ouverture, même de petite dimension, peut altérer les effets de la CEM.
- ◆ Le conducteur de mise à la terre et la terre elle-même peuvent être à des potentiels différents (voir le paragraphe 4).  
Il convient donc, avant toute mise en service, de vérifier les conditions locales de la mise à la terre.
- ◆ Les points de raccordement du conducteur de terre doivent être exempts de tout matériau (laque, salissures, corrosion) pouvant altérer la fonction de mise à la terre.
- ◆ Les conducteurs de référence et de mise à la terre doivent posséder une impédance et une capacité faibles (section importante, longueur faible, raccordement plat). Ils doivent toujours être raccordés en étoile (barre collectrice par exemple). Dans la mesure du possible, ils ne doivent pas traverser d'autres appareils, ni des circuits de puissance ou de commutation.
- ◆ Pour être réellement efficaces, les points de mise à la terre doivent être contrôlés régulièrement (résistance par rapport à la terre).
- ◆ Nous engageons les opérateurs à lire attentivement les **recommandations de sécurité**. Que nous joignons à chacune de nos documentations.

## 4.2.2 Blindage contre les perturbations (CEM)

### Vérification de la différence de potentiel entre la terre et l'appareil

*Avant d'effectuer le câblage d'un appareil, il est vivement conseillé de vérifier les différents potentiels de référence.*

*Si ces valeurs ne sont pas admissibles (voir le paragraphe 4), l'exploitant devra mettre en œuvre les mesures nécessaires au rétablissement d'une situation normale.*

### Les différents blindages

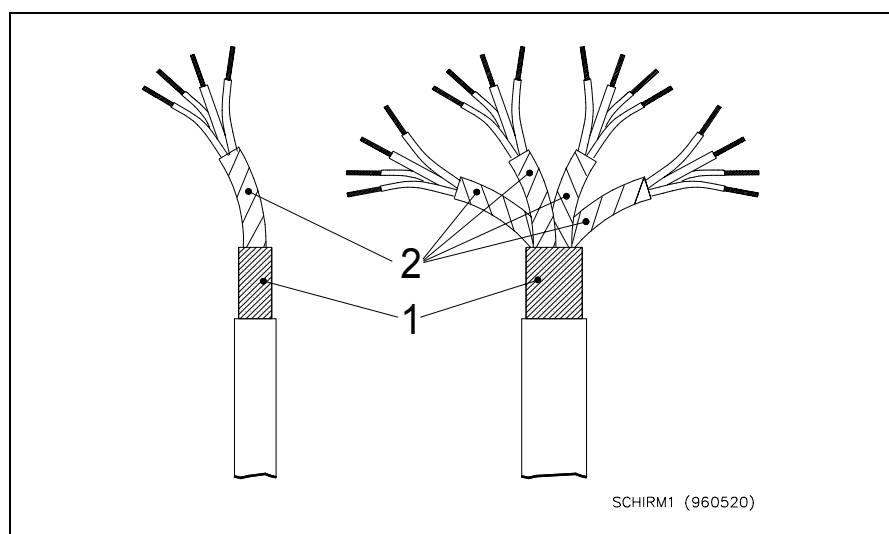


Figure 1: Les différents blindages

Le blindage d'un câble doit être constitué d'un matériau particulièrement conducteur, tel qu'une tresse de cuivre zingué ou nickelé et/ou un feuillard d'aluminium. Une tresse d'acier sert généralement plutôt à assurer la protection mécanique du câble.

Il est recommandé d'utiliser un double blindage : **individuel** par tresse de cuivre ou feuillard (2) pour un conducteur, une paire, une tierce ou une quarte ; **plus un blindage général** (1) en tresse de cuivre.

Dans les cas les plus critiques, des précaution supplémentaires peuvent être prises :

- ◆ boîtier étanche aux hautes fréquences (HF)
- ◆ gaines métalliques blindées spécialement conçues à cet usage. *Une gaine métallique blindée doit être considérée comme un écran à chacune de ses extrémités!*
- ◆ presse-étoupes étanches aux hautes fréquences (HF)

## Mise à la terre à une ou à deux extrémités ?

Lorsque cela est possible, les blindages et les gaines de protection doivent être mis à la terre à chacune de leurs extrémités.

Jadis, la règle était de ne relier un blindage qu'à une seule de ses extrémités, afin d'éviter de laisser circuler des courants de compensation dus à des boucles de terre.

### ***Aujourd'hui, la CEM impose le contraire dans la plupart des cas !***

Dans ces conditions, il faut prendre des dispositions visant à neutraliser, ou tout au moins à limiter les courants de compensation qui peuvent perturber les électroniques de mesure.

Les règles suivantes doivent être observées :

- ◆ Lorsque la longueur d'un câble est ***inférieure à 25 mètres***, aucune disposition particulière ne doit généralement être prise.
  
- ◆ Lorsque la longueur d'un câble est ***supérieure à 25 mètres***, la différence de potentiel entre la terre et l'appareil doit être vérifiée. Si cette valeur n'est pas voisine de zéro, un courant de compensation apparaîtra très vraisemblablement. Les dispositions suivantes doivent alors être prises :
  - ◇ vérifier ou calculer la capacité du blindage à supporter le courant de compensation ; c'est à dire si ce dernier ne risque pas d'endommager le blindage ou l'un des conducteurs.
  - ◇ si le courant de compensation est trop important, il convient :
    - soit d'installer un câble d'égalisation des potentiels
    - soit raccorder l'une des extrémité du blindage au travers d'un condensateur(10 à 100 nF bipolaire). L'efficacité de cette méthode doit être très sérieusement vérifiée pour chaque cas d'espèce.

### Attention :

***Ces dispositions ne doivent en aucun cas être mises en œuvre dans le cas d'une installation en zone explosive !!!***



## Raccordement d'un blindage

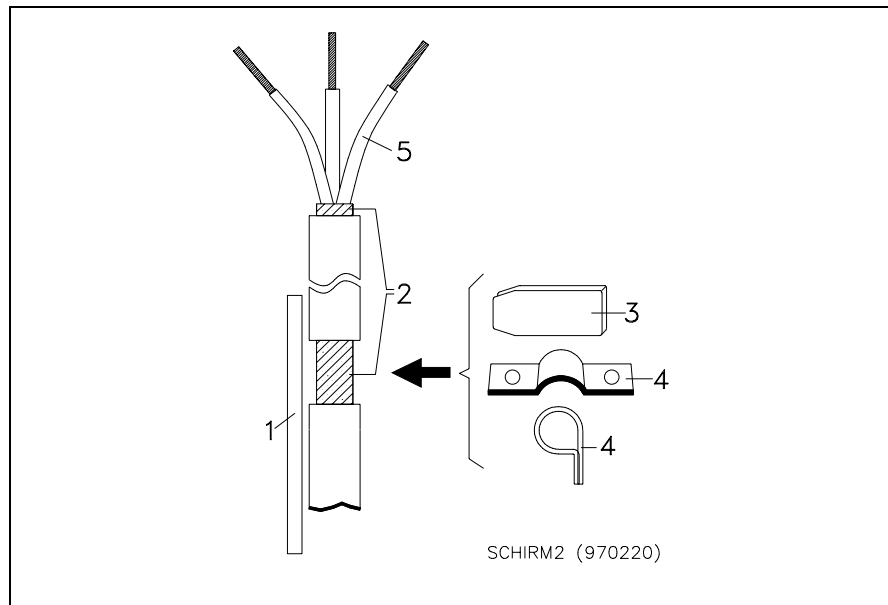


Figure 2 : Raccordement d'un blindage

- ◆ Un blindage doit être raccordé par le chemin le plus court possible, après son entrée dans un boîtier. La partie des conducteurs qui n'est pas recouverte par le blindage doit être la plus courte possible. Lorsque le blindage est double, celui qui se trouve à l'extérieur doit être raccordé au boîtier par l'intermédiaire de presse-étoupes spécialement adaptés ; celui ou ceux qui se trouvent à l'intérieur doivent cheminer le plus loin possible sur les conducteurs.
- ◆ Le raccordement d'un blindage doit se faire sur une surface importante et avec une impédance négligeable, par exemple en serrant une bride (3 ou 4) sur une platine ou une barre collectrice (1). Ce principe permet de laisser le blindage (2) recouvrir les conducteurs (5) jusqu'à leur point de raccordement (voir la figure 2).
- ◆ La torsion, l'étamage ou le raccordement de la tresse à un fil unique réduit très sensiblement la section du blindage et par là même son efficacité.
- ◆ Lorsque le blindage ne doit être raccordé qu'à une seule de ses extrémités, l'autre extrémité doit être correctement isolée afin d'éviter tout contact involontaire avec une masse. Le blindage ne doit pas être raccordé à la borne de mise à la terre d'un boîtier.
- ◆ Une gaine métallique blindée doit être raccordée à chacune de ses extrémités directement aux boîtiers desquels elle entre ou sort. Ce raccordement se fait par l'intermédiaire de raccords spécialement adaptés à cet usage.

### 4.2.3 Choix des types de câbles et modes de câblage

Pour le raccordement des capteurs, nous recommandons l'usage exclusif de nos câbles AC-112 (4 x 0,5 mm<sup>2</sup>) ou AC - 113

(6 x 4 x 0,5 mm<sup>2</sup>) qui possèdent un double blindage.

Les points suivants doivent être pris en compte :

- ◆ les câbles transportant des signaux ou des données ne doivent jamais cheminer avec des câbles de puissance ou de commutation. Une **distance suffisante** doit toujours être respectée. Lorsqu'il n'est pas possible de procéder autrement, le croisement des câbles doit toujours se faire à angle droit.
- ◆ tous les conducteurs qui ne sont pas utilisés doivent être mis à la terre à une seule de leurs extrémités.
- ◆ tous les câbles doivent être **aussi courts que possible** et éviter de former des boucles.
- ◆ tous les conducteurs qui sont au même potentiel doivent toujours être raccordés en **étoile**.

#### La technique „4 fils“

Nos capteurs sans contact et certains de nos accéléromètres nécessitent une alimentation. Ils possèdent tous trois conducteurs :

SIG	signal
-24 V	alimentation
COM	commun pour le signal et l'alimentation

Leur raccordement à une électronique de mesure se fait cependant par un câble à 4 conducteurs (par exemple AC-112). Le signal et l'alimentation sont acheminés dans des paires différentes (voir la figure 3) de l'électronique de mesure vers l'oscillateur ou la boîte de jonction. Alors seulement, le 0 V de l'alimentation et le 0 V du signal (COM) sont reliés ensemble.

Ceci présente l'avantage de séparer le circuit du signal dans lequel circule un courant extrêmement réduit, du circuit d'alimentation, dans lequel circule un courant plus important (quelques dizaines de milliampères).

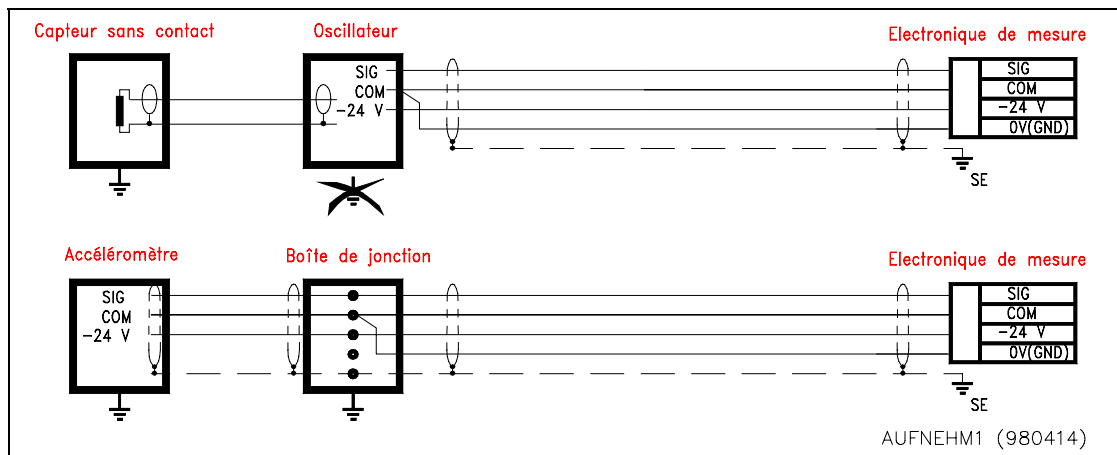


Figure 3: technique de câblage „4 fils“ pour un capteur sans contact (en haut) et pour un accéléromètre (en bas)

#### 4.2.4 Mise en œuvre de dispositifs d'antiparasitage

Lorsqu'une installation est parasitée au delà des limites admises par la loi comme par exemple pour une installation ancienne, l'exploitant doit prévoir des moyens supplémentaires d'antiparasitage.

En voici quelques exemples :

- ◆ H filtres haute fréquence (passe-bas) ou self d'antiparasitage pour atténuer l'effet des perturbations hautes fréquences qui peuvent agir par conduction ou par rayonnement.
- ◆ noyaux de ferrite possédant diverses bandes passantes et pouvant être utilisés comme une alternative au filtre haute fréquence.
- ◆ filtres secteur, dans le cas où l'alimentation est parasitée
- ◆ dispositifs anti-étincelle dans le cas de charges inductives comme un relais ou un commutateur.

Ces différents dispositifs doivent être installés le plus près possible de la source des parasites.

## 5 Raccordement du potentiel de référence (0V)

Ce chapitre décrit les mesures à prendre pour éviter la détérioration des câbles et des circuits électroniques.

Les potentiels de référence (0V) de différents appareils électroniques qui échangent des signaux de mesure ou de commande et/ou des données doivent être reliés entre eux.

Lorsque ces potentiels de référence présentent des différences, ils génèrent des courants de compensation qui peuvent perturber les signaux ou, dans certains cas extrêmes, peuvent détériorer les câbles et les circuits électroniques.

Il convient de distinguer les cas suivants :

### Potentiel flottant

- ◆ Le potentiel d'un signal est flottant lorsqu'il n'a pas de relation fixe avec un potentiel de référence.
- ◆ C'est le cas lorsque les signaux sont **galvaniquement isolés**, par exemple par un optocoupleur ou un convertisseur.
- ◆ Aucune disposition particulière ne doit généralement être prise.
- ◆ Ceci est également vrai lorsque le potentiel du signal de l'un des appareils est référencé

### Potentiel référencé

- ◆ Le potentiel d'un signal est **référéncé** lorsqu'il a une relation fixe avec un potentiel de référence local ou bien avec sa tension d'alimentation. Les règles suivantes doivent être observées :
  - ◇ Lorsque la longueur d'un câble est **inférieure à 25 mètres**, aucune disposition particulière ne doit être prise car il ne peut généralement pas exister de différence de potentiel suffisamment importante pour endommager les câbles ou les circuits. Il est cependant toujours recommandé de vérifier à titre préventif la différence de potentiel entre la terre et l'appareil.
  - ◇ Lorsque la longueur d'un câble est **supérieure à 25 mètres**, la différence de potentiel entre la terre et l'appareil doit être vérifiée dans tous les cas. Si cette valeur n'est pas voisine de zéro, un courant de compensation apparaîtra très vraisemblablement:  
Il convient alors :
    - soit d'installer un câble d'égalisation des potentiels ; ce câble aura alors une section suffisante pour absorber sans dommage le courant de compensation
    - soit d'installer un convertisseur sur la ligne de mesure.
- ◆ Certains appareils possèdent un potentiel de référence flottant, c'est à dire qu'**il n'est pas relié à la terre**. Dans ce cas, il est **impératif** de mettre un convertisseur en œuvre.

## 6 „Potential“ et „potentiel de référence“

### Potentiel électrique

La notion de „potential“ est fondamentale pour traiter des liaisons entre appareils électriques ou électroniques.

Elle est particulièrement importante pour assurer la sécurité de l'installation.

La définition physique (et mathématique) de la notion de „potential“ sort du cadre de cette documentation.

Un „potential“ doit être considéré comme un état électrique d'un point de l'espace. La tension est une grandeur définissant la différence entre les potentiels de deux points.

### Potentiel de référence

Le paragraphe précédent décrit le „potential“ d'un point comme étant une grandeur relative.

Pour pouvoir donner une valeur absolue, il faut définir au préalable un „potential dit de référence“ auquel les potentiels de tous les autres points pourront être comparés.

En règle générale, le potentiel de la terre est pris comme référence. On lui donne la valeur „0 V“

Tous les conducteurs de référence des appareils d'une installation sont généralement reliés à ce potentiel de référence.

## Pourquoi des potentiels de référence peuvent-ils être différents ?

En règle générale, on désigne par « potentiel de référence », non seulement le point central de mise à la terre, mais également tous les conducteurs qui lui sont reliés, ainsi que les autres points qui ont été mis directement à la terre.

Etant donné que ces conducteurs, mais également la terre, présentent une impédance ohmique, inductive et capacitive qui dépend de leur longueur, on doit considérer qu'ils créent une chute de tension et donc de potentiel.

Les valeurs des potentiels locaux de référence, par rapport au point central de mise à la terre dépend donc du courant de compensation et de l'impédance des conducteurs.

La figure 4 montre sur un exemple simple, la relation qui existe entre des potentiels locaux de référence lorsqu'ils sont reliés par un conducteur.

La figure 5 montre le même exemple lorsque les potentiels locaux de référence sont seulement reliés à la terre.

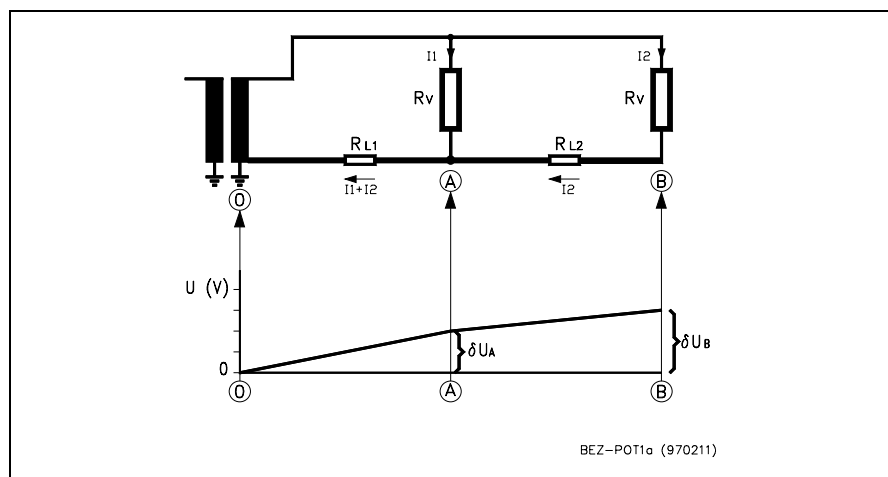


Figure 4: Potentiels locaux de référence lorsqu'ils sont reliés par un conducteur

Le circuit qui est représenté sur la figure 4 est constitué d'un transformateur qui génère un courant électrique au point (0) et de deux récepteurs (A) et (B).

Pour simplifier l'explication, on ne prend en compte ici qu'un seul conducteur.

Les impédances ohmiques, inductives et capacitives de ligne sont désignées par  $R_{L1}$  entre (0) et (A) et par  $R_{L2}$  entre (A) et (B).

Les courants de compensation correspondants sont désignés par  $I1+I2$  entre (0) et (A) et  $I2$  entre (A) et (B).

Les différences de potentiel correspondantes sont désignées par  $\delta U_A = [(I1+I2) \times R_{L1}]$  pour le point (A) et  $\delta U_B = [(I1+I2) \times R_{L1} + I2 \times R_{L2}]$  pour le point (B).

Le diagramme montre les relations qui existent entre les potentiels.

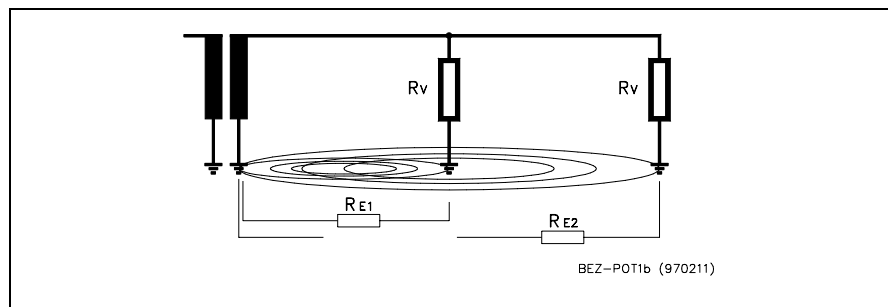


Figure 5 Potentiels locaux de référence lorsqu'ils sont reliés directement à la terre.  $R_{E1}$  et  $R_{E2}$  symbolisent les impédances entre les différents points de mise à la terre. Il existe bien ici des différences de potentiels entre les différents points, mais elle ne sont pas réparties de manière linéaire comme dans le cas de la figure 4.

## Effets d'une différence de potentiel

Lorsque deux points qui présentent une différence de potentiel sont reliés entre eux, il existe un courant électrique qui circule du potentiel le plus haut vers le potentiel le plus bas.

L'intensité de ce courant dépend de la différence de potentiel, de la conductibilité des conducteurs et de la résistance interne des différents appareils qui sont raccordés.

Ces différences de potentiel peuvent être volontaires ou involontaires :

- ◆ **volontaires** : sont créées par des générateurs ou des batteries d'accumulateurs, dans le but d'alimenter les circuits électriques
- ◆ **involontaires** : sont créées soit par l'accumulation de charges électriques statiques, soit, dans le cadre de cet exposé, par des impédances de ligne qui génèrent des courants de compensation qui peuvent endommager les installations.

Notes personnelles.