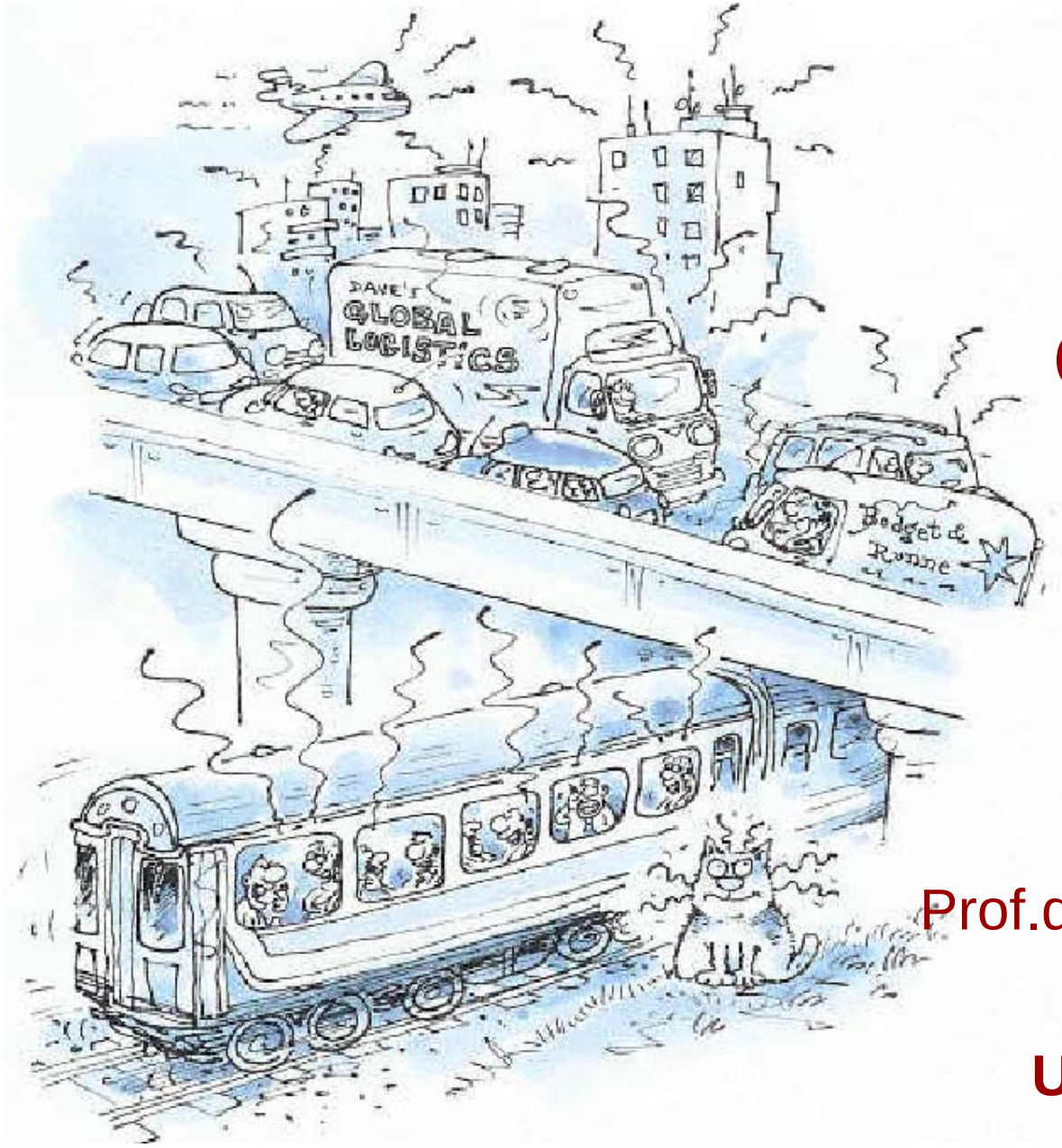


Elektro-magnetische Compatibiliteit (EMC) in complexe installaties

Prof.dr.ir.**Ing. Frank Leferink**
Leerstoel EMC
Universiteit Twente

Frank Leferink

- **1984: EMC engineer in EMC lab (STERLAB) Hollandse Signaalapparaten (5000 medewerkers)**
  Hollandse Signaalapparaten is in 1990 verkocht aan Thomson-CSF. Thomson-CSF kocht later ook Racal, Pilkington, delen van Alcatel, Ferranti etc. etc. en in 2001 werd de naam veranderd in THALES

- **1996: Technical Authority EMC Thales Nederland**

- **2000: Manager Network of Excellence on EMC THALES Group**
  >100 EMC engineers, 30 sites, 12 EMC laboratories in Europe

- **2003: Full professor EMC at University of Twente (part-time)**
  2007: Acting-Chair of Telecommunication Eng. & EMC group University

THALES: World leader for mission-critical systems

A Worldwide Group

➔68,000 employees worldwide

➔Presence in 50 countries

Netherlands:

2,000 employees,

sales €735M, 75% export

R&D: 18% of sales

Defence

50 %

Air

Land

Naval

Joint

Aerospace

25 %

Security

25 %

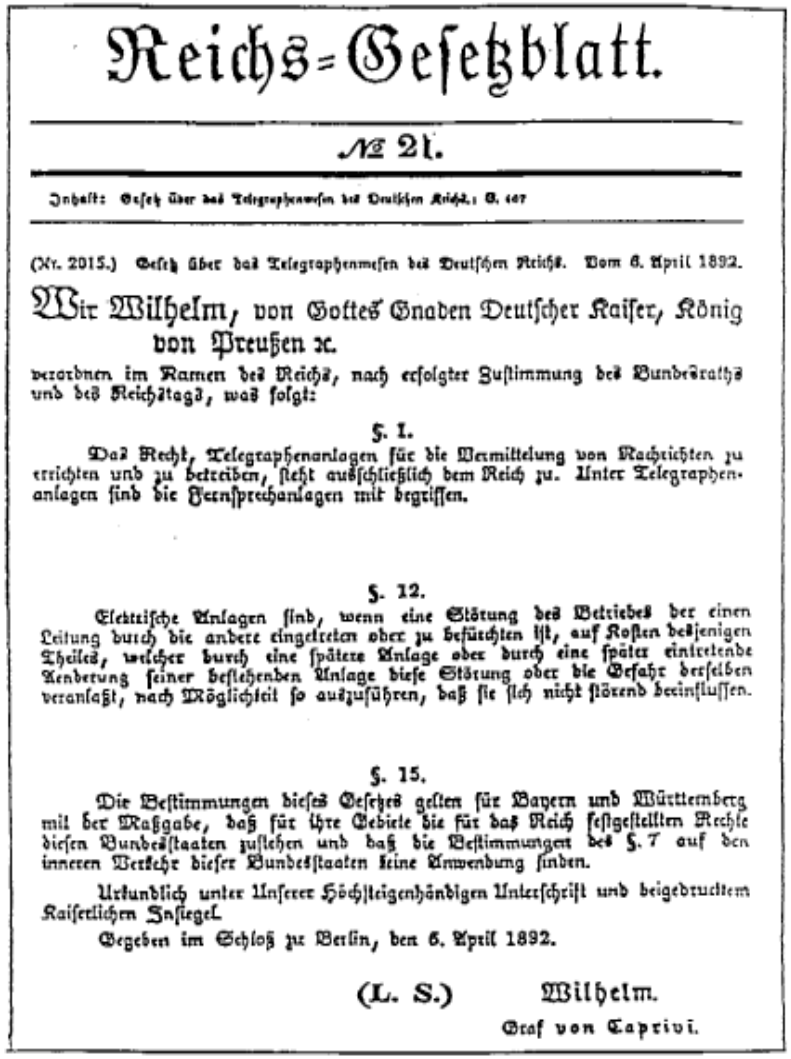
Complexe installatie THALES

Complexe installatie THALES

University of Twente

- **Leerstoel EMC,**
  (onderdeel van Telecommunication Engineeering)
  - **Secretaresse, technicus**
  - **Frank Leferink**
  - **Frits Buesink**
  - **Promovendi:**
    - **Anne Roc'h: nu bij ASML, *EMI en Power Drive Systems***
    - **Alex Blaj: nu bij HITEC, *EMI a.g.v. bliksem***
    - **Roelof Timens: *Power Quality & EMC***
    - **Olga Terechshenko: *Embedded materials for EMC***
    - **Robert Vogt-Ardatjew: *High-Intensity RF***
    - **Bart van Leersum: *EMC in naval vessels***
    - **Stefan van de Beek: *Intentional EMI***
  - **Studenten**

De eerste EMC wet: 1892



Reichs-Gesetzblatt.

№ 21.

Inhalt: Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reichs. S. 467

(Nr. 2015.) Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reichs. Vom 6. April 1892.

Wir Wilhelm, von Gottes Gnaden Deutscher Kaiser, König von Preußen ꝛc.

verordnen im Namen des Reichs, nach erfolgter Zustimmung des Bundesraths und des Reichstags, was folgt:

§. 1.

Das Recht, Telegraphenanlagen für die Vermittelung von Nachrichten zu errichten und zu betreiben, steht ausschließlich dem Reich zu. Unter Telegraphenanlagen sind die Fernsprechanlagen mit begriffen.

§. 12.

Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Theiles, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Aenderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlaßt, nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie sich nicht störend beeinflussen.

§. 15.

Die Bestimmungen dieses Gesetzes gelten für Bayern und Württemberg mit der Maßgabe, daß für ihre Gebiete die für das Reich festgestellten Rechte diesen Bundesstaaten zustehen und daß die Bestimmungen des §. 7 auf den inneren Verkehr dieser Bundesstaaten keine Anwendung finden.

Urkundlich unter Unserer Höchsteigenhändigen Unterschrift und beigedrucktem Kaiserlichen Insiegel.

Gegeben im Schloß zu Berlin, den 6. April 1892.

(L. S.) Wilhelm.

Graf von Caprivi.

Power en communicatie systemen die beide gebruik maken van de aarde als retourpad:

interferentie

EMC Richtlijn wordt ingetrokken!

In het document van de Europese Commissie

COM(2011) 765 definitief
2011/0351 (COD)
van 21 November 2011

Staat:

‘’De vaststelling van het voorstel heeft de intrekking van Richtlijn 2004/108/EG tot gevolg.’’

EMC Richtlijn wordt vervangen!

➡ 2011/0351 (COD)

Voorstel voor een

RICHTLIJN VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD

betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit

EMC Richtlijn en installaties

- Richtlijn 2004/108/EG bevat essentiële eisen EMC
- Deze essentiële eisen zijn ook op vaste installaties van toepassing.
- Fabrikanten moeten aantonen dat een apparaat in overeenstemming met de essentiële eisen is ontworpen en vervaardigd, en moeten de CE-markering op het apparaat aanbrengen.
- Bij vaste installaties moeten degenen die hiervoor verantwoordelijk zijn, garanderen dat die installaties aan de essentiële eisen voldoen.

Belangrijkste wijzigingen

- **3.2. Verplichtingen van marktdeelnemers en traceerbaarsheidseisen**
- **3.3. Geharmoniseerde normen**
  - Overeenstemming met geharmoniseerde normen vestigt het vermoeden van conformiteit met de essentiële eisen.
- **3.4. Conformiteitsbeoordeling en CE-markering**
- **3.5. Aangemelde instanties**
  - In het voorstel worden de aanmeldingscriteria voor aangemelde instanties aangescherpt.
- **3.6. Markttoezicht en de vrijwaringsprocedure**

Voorbeeld….

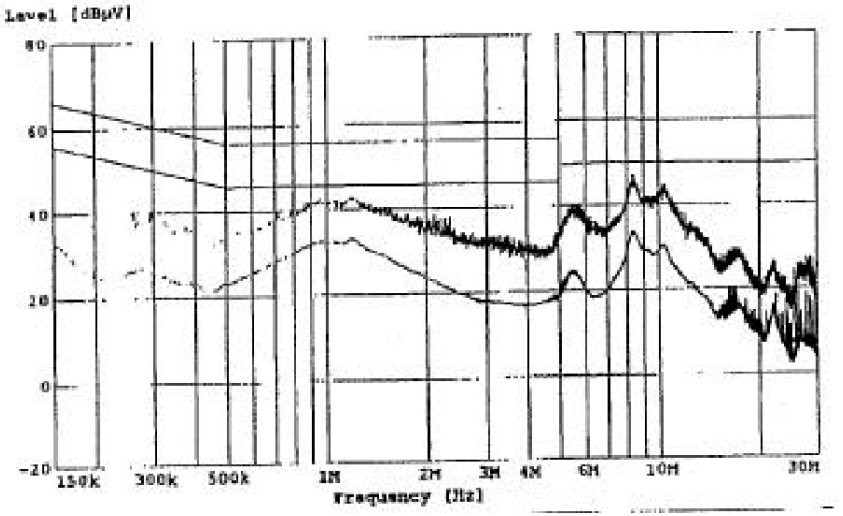


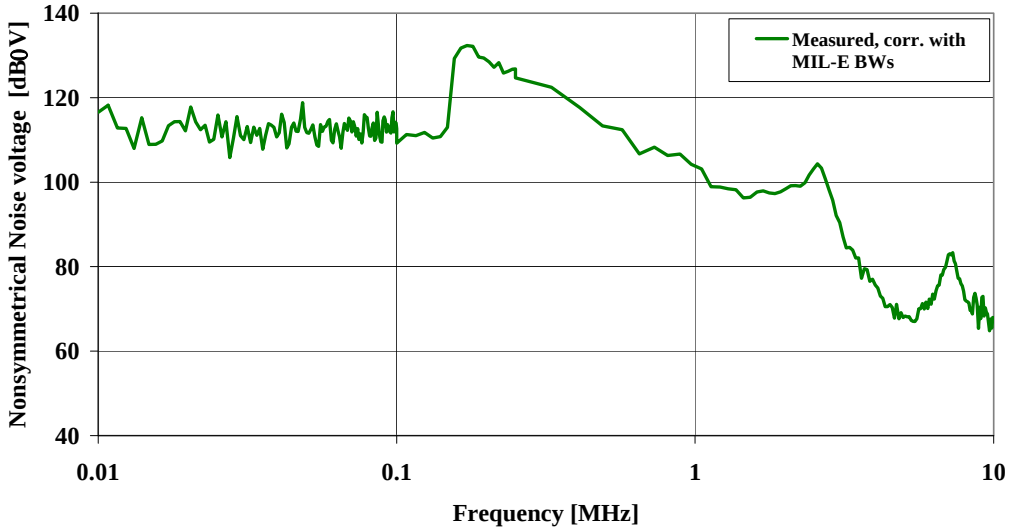
Figure 8. Measured line noise voltage levels with peak and quasi peak detectors, according

CE gemarkeerd….
Navraag: 61800-3…
Maar welke klasse???

Van leverancier,
(na 4 maand vragen)
45 dBµV bij 10 MHz

Zelf gemeten

130 dBµV (= 3V!!) op 200 kHz



Techniek (is leuker)

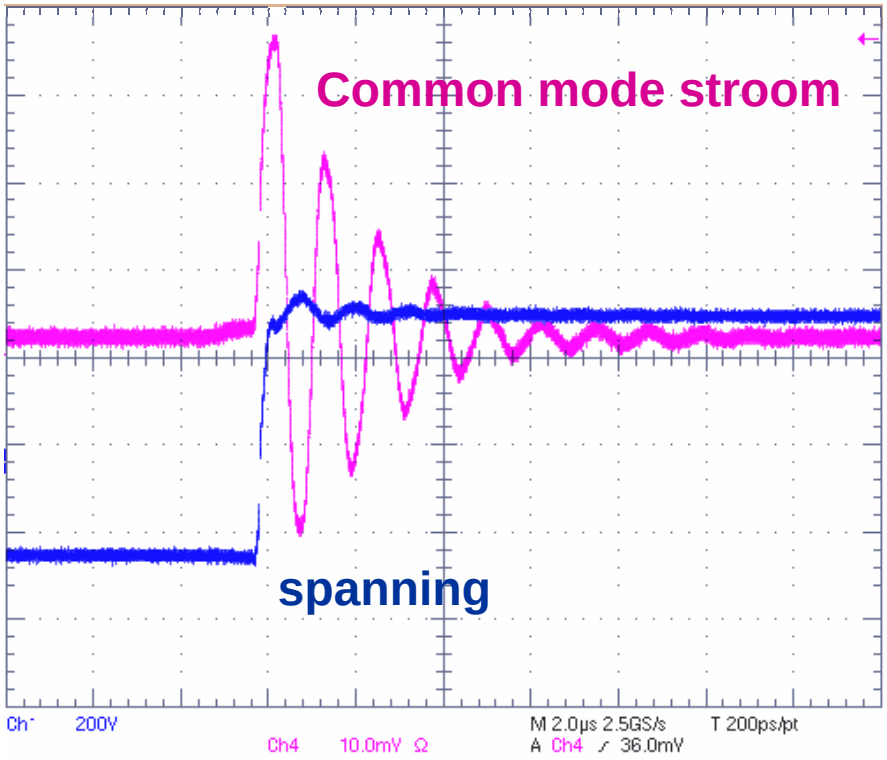
- Afgeschermde kabel, of filter, of beide
- Aan een kant of aan twee kanten afscherming aarden

Standard Power Drive System

Standard Power Drive System

- Functionele stroom *Idm* is maximaal 10Apk
- Common mode stroom *Icm* is 15A pk

  ongeacht of motor draait of niet!



Standard Power Drive System

- **Met afgeschermde motor kabel: Icm = 15Apk**

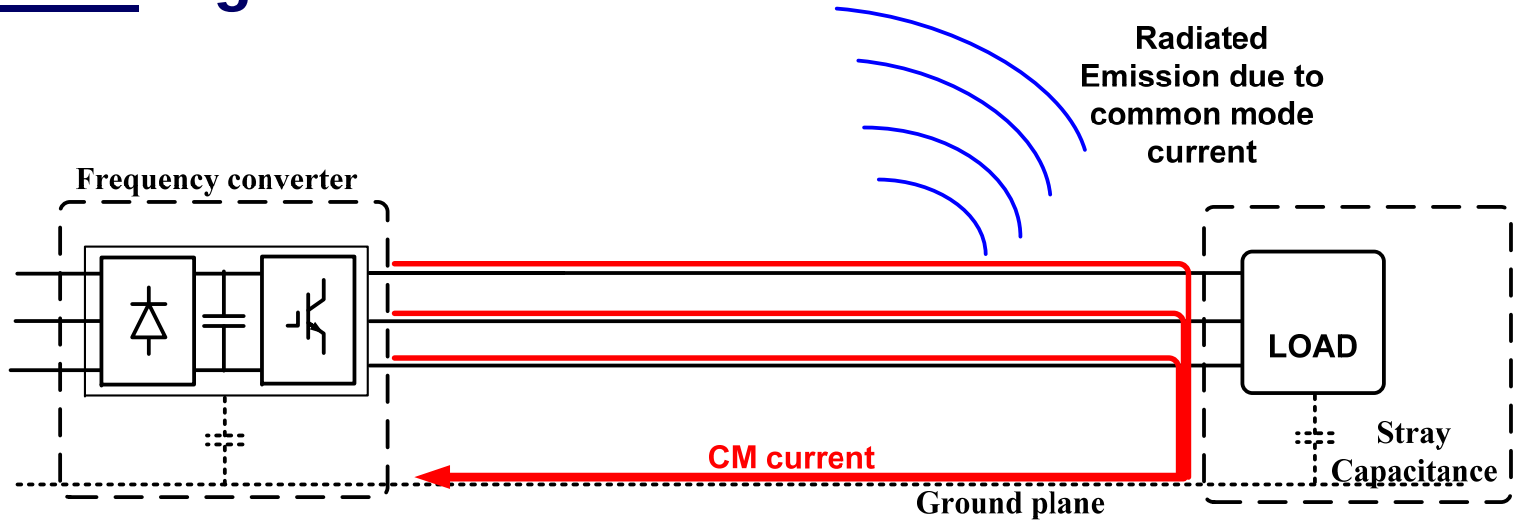
- **Geen afgeschermde motor kabel: Icm = 10Apk**

- **Waarom gebruiken we nog een afgeschermde kabel?**

  Wat dom!!!

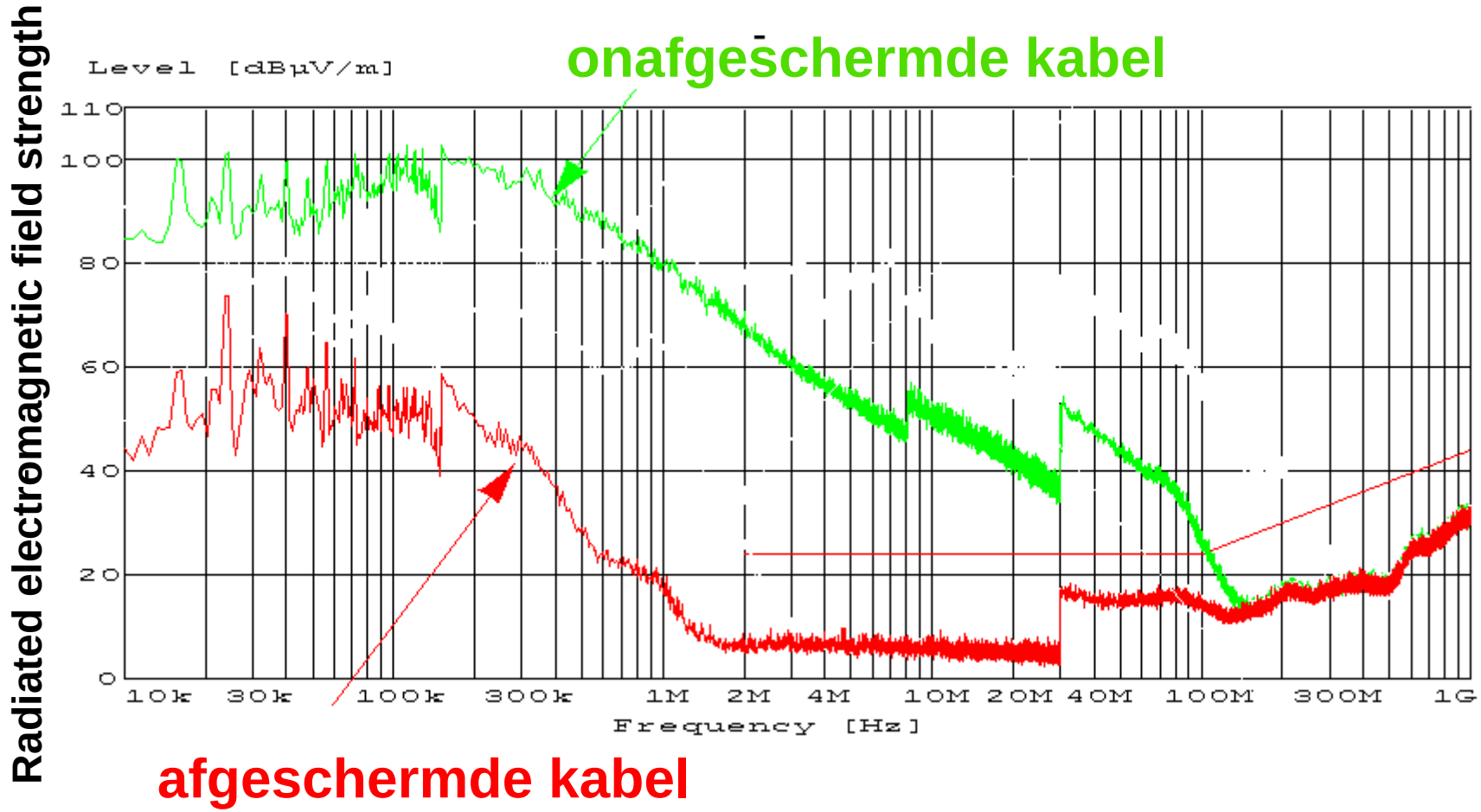
Standard Power Drive System

- Afgeschermde kabel: die (weliswaar hoge) common mode stroom loopt door de kabelmantel terug
- Geen afgeschermde kabel:



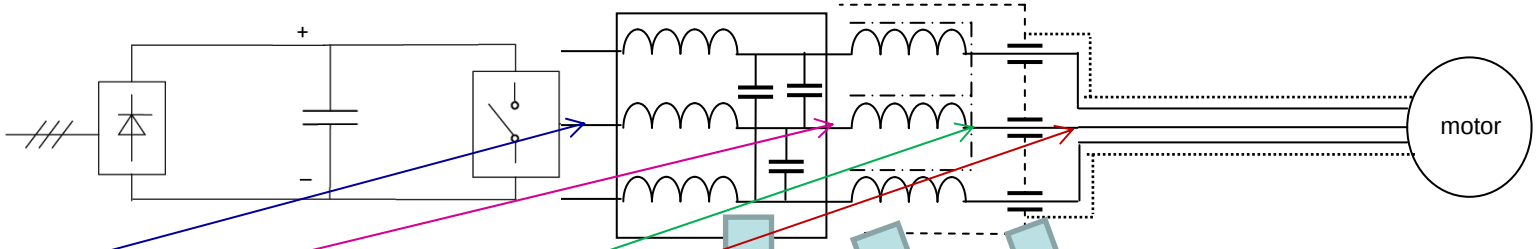
de common mode stroom loopt dus door
'mijn omgeving'
(en sensoren, besturing, voedingskabels etc.)

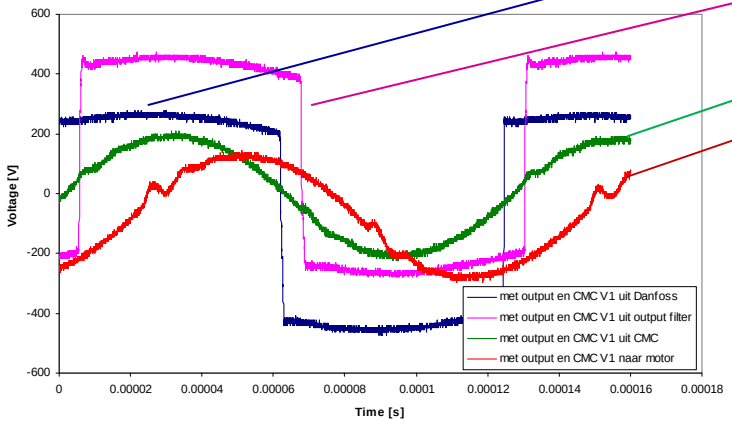
Effect op uitgestraald veld

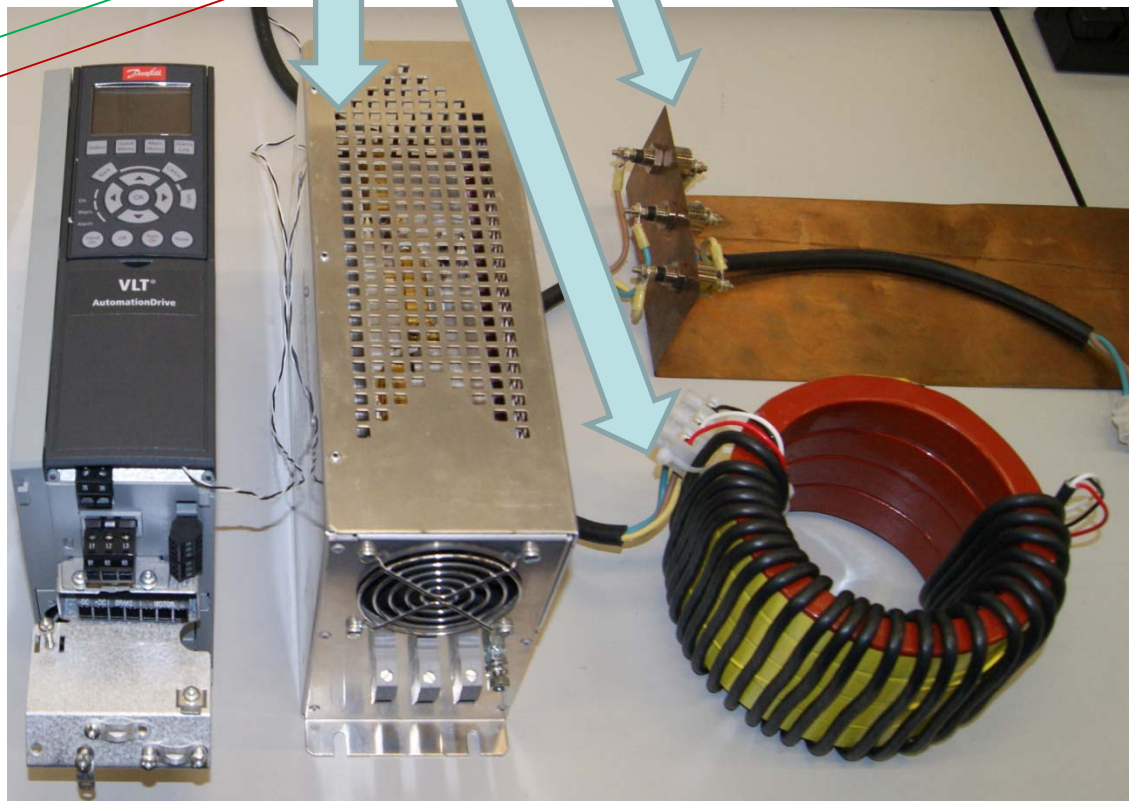


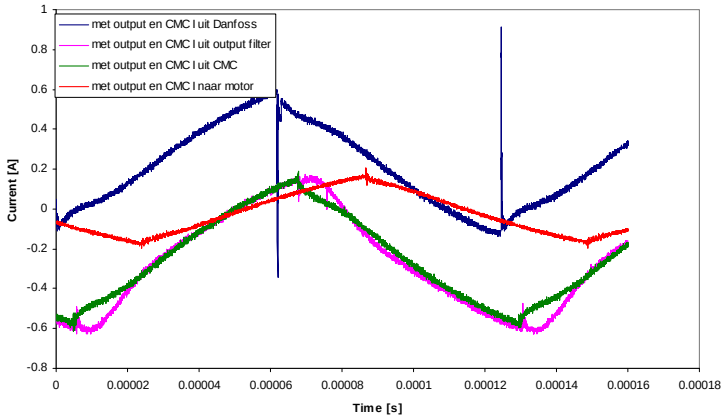
Standard Power Drive System (PDS)

PDS, perfect filter

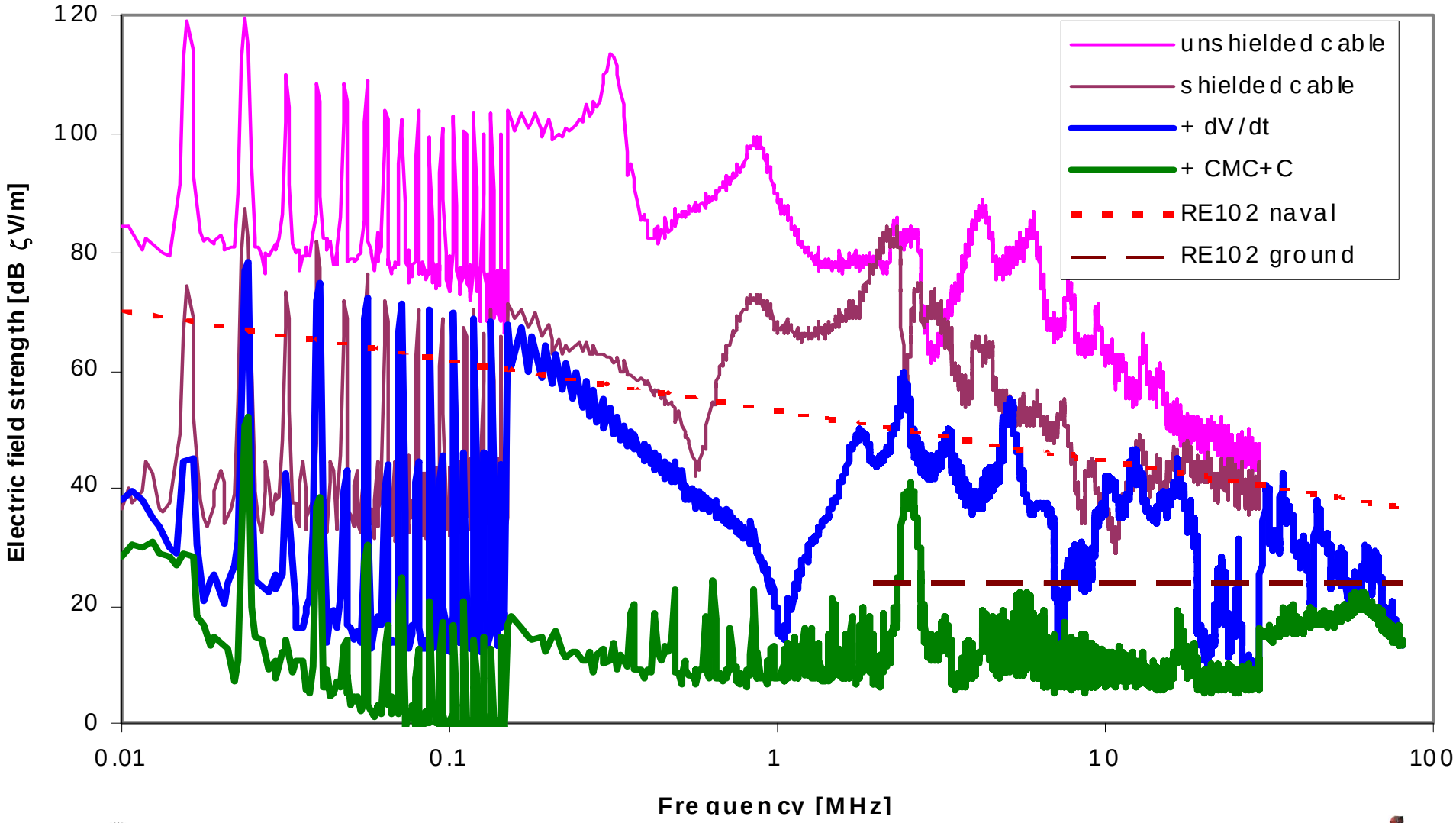








PDS, radiated emission

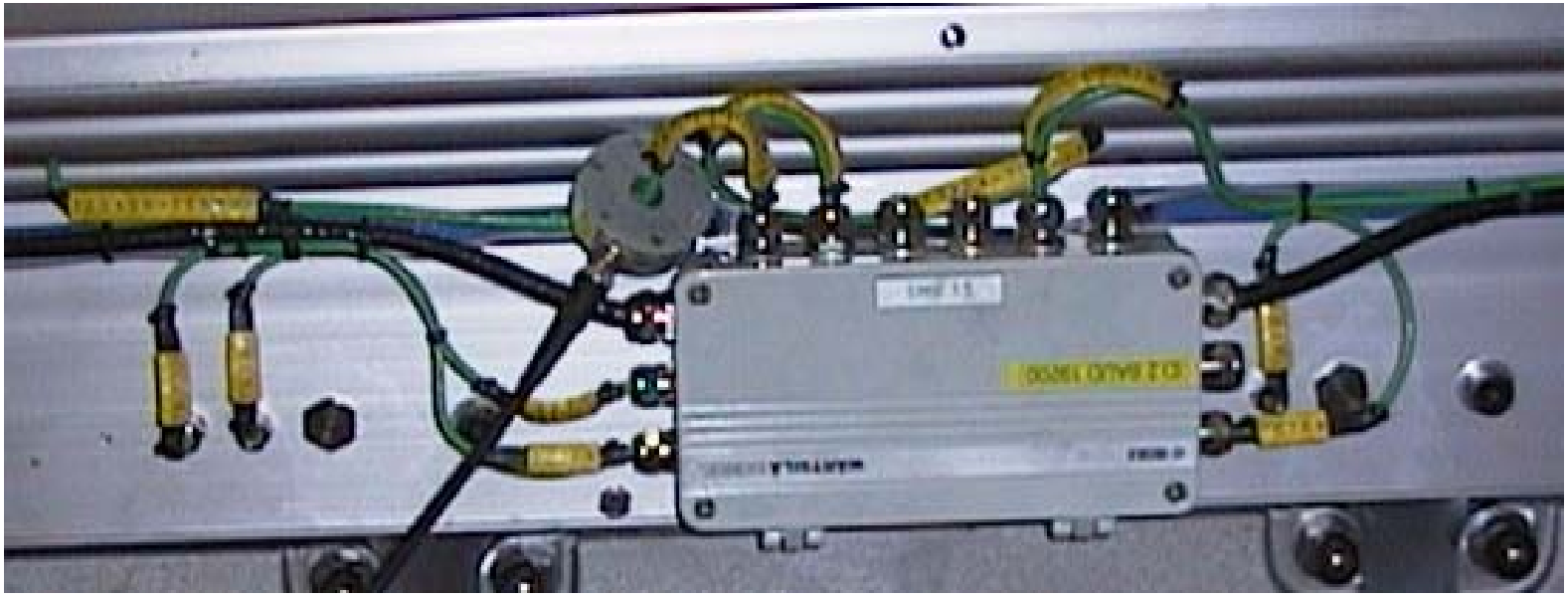


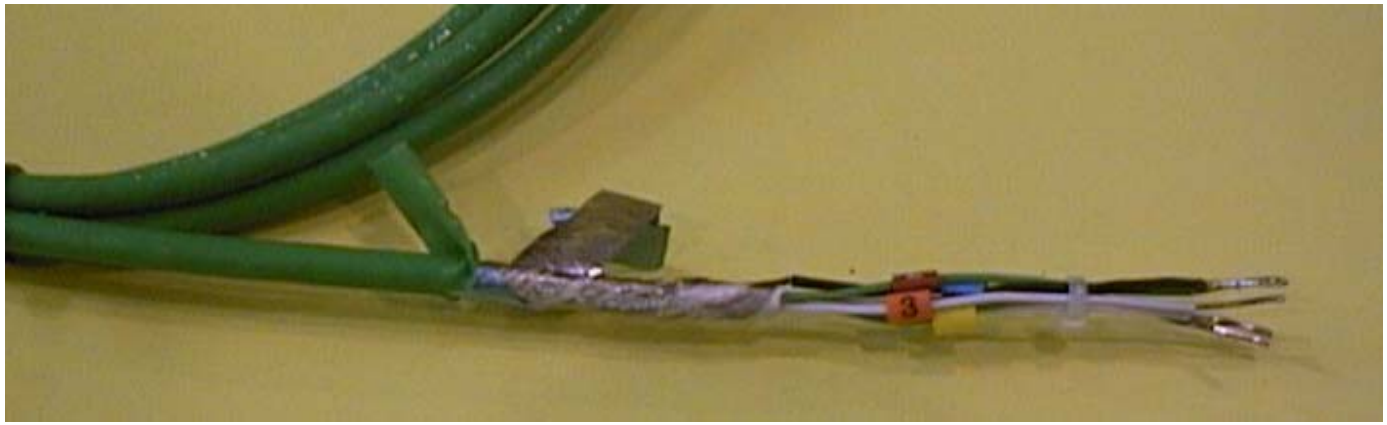
Case PDS

- Er zijn vele mogelijkheden om storingen te verminderen:
  - Afgeschermde kabel (en goed bevestigen), of
  - Filters (maar let op verzadiging), of
  - Beide, of
  - Bij drive op motor: geen van beide

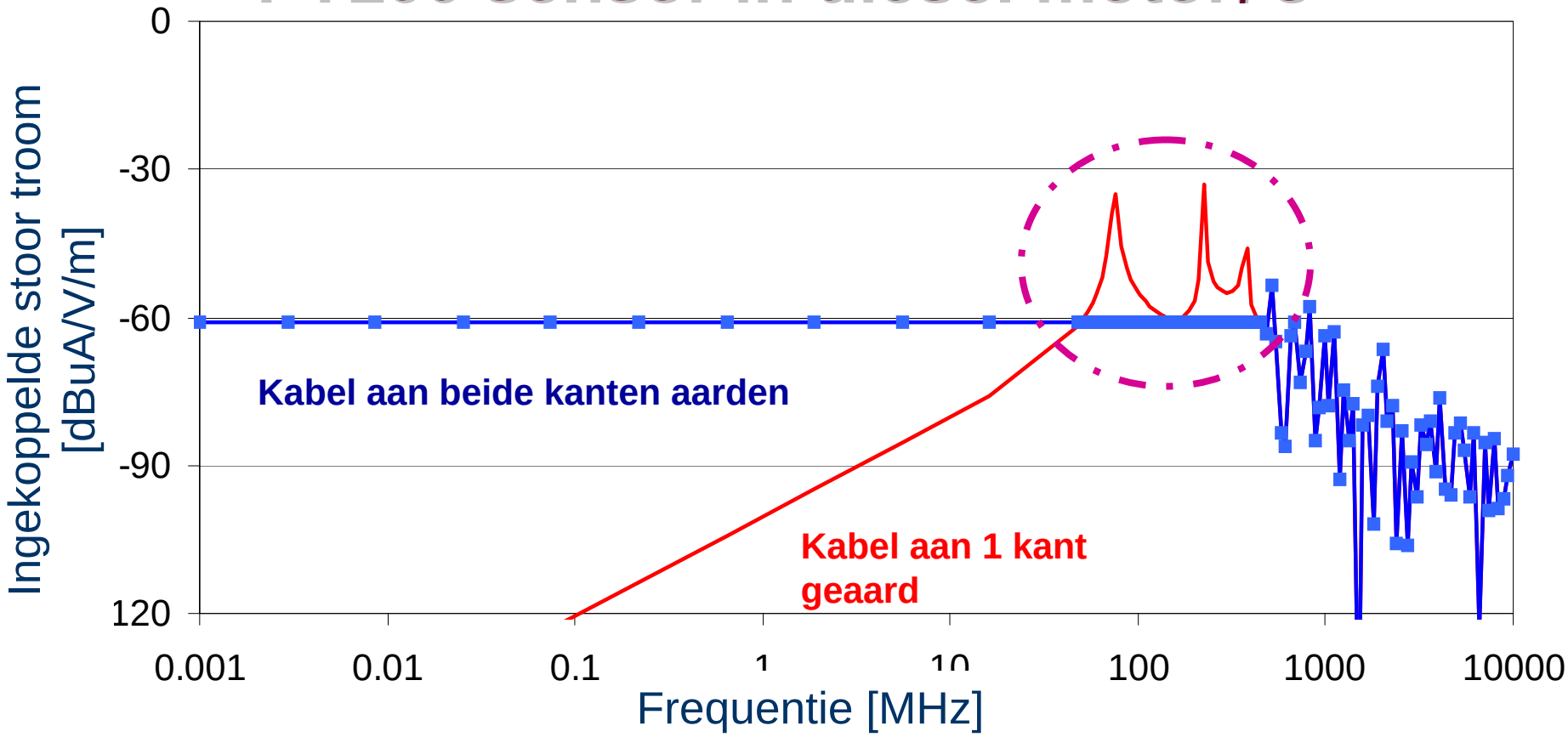
PT100 sensor in diesel motor, 1

PT100 sensor in diesel motor, 2





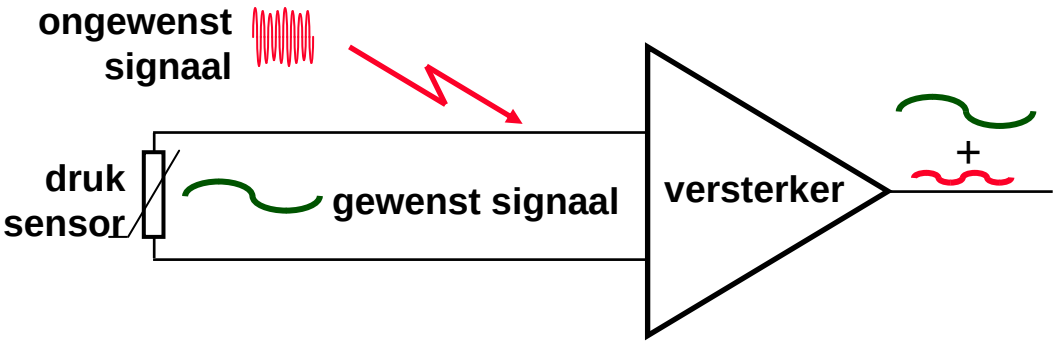
PT100 sensor in diesel motor. 3



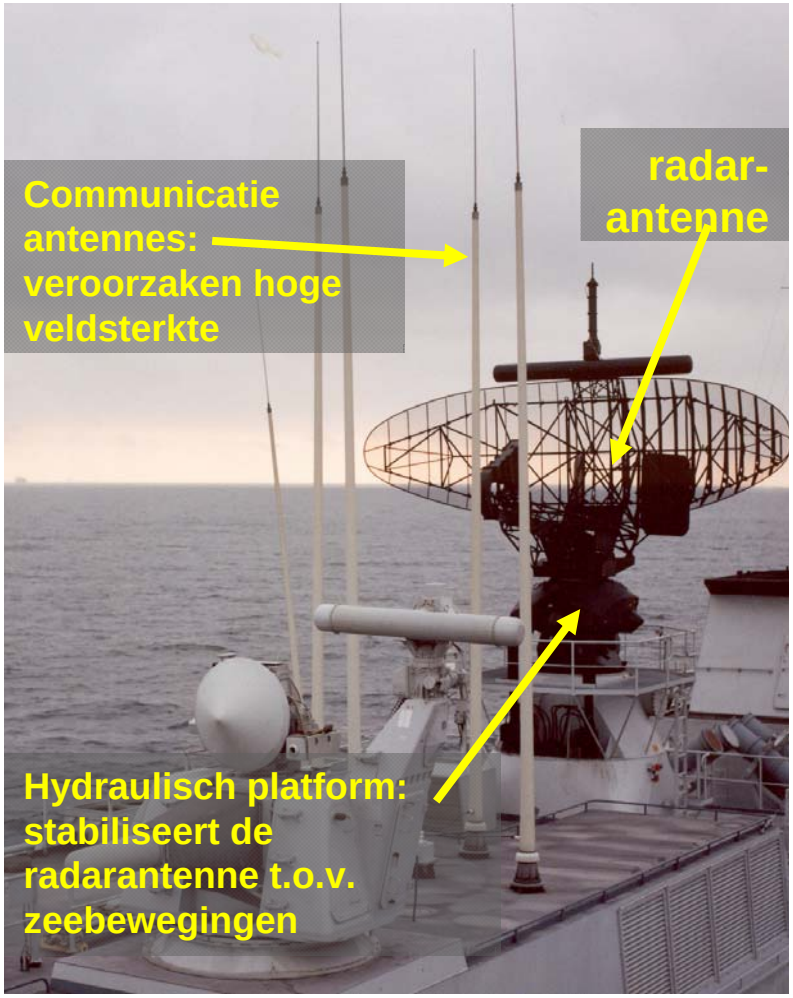
➡ **Door aan beide kanten te aarden is er bij lage frequenties wel meer stoorstroom, maar daar heb je toch geen last van. Maar bij hogere frequenties zijn er minder resonanties, en daardoor is storing verdwenen**

Voorbeeld: hydraulisch platform

- ☹ Inkoppeling veld op kabel
- ☹ Detectie door versterker

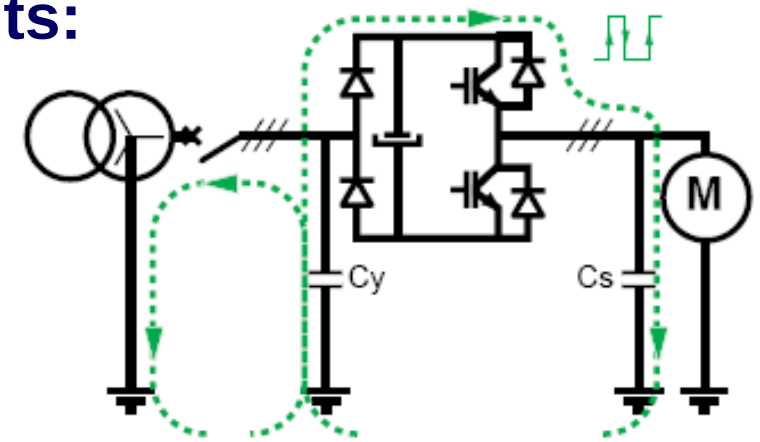


- Wiebelende antenne
- Oplossen:
  - Bandbreedte versterker beperken
  - Afschermen kabel
  - Afscherming kabel aan beide kanten aarden
  - Ferriet om kabel



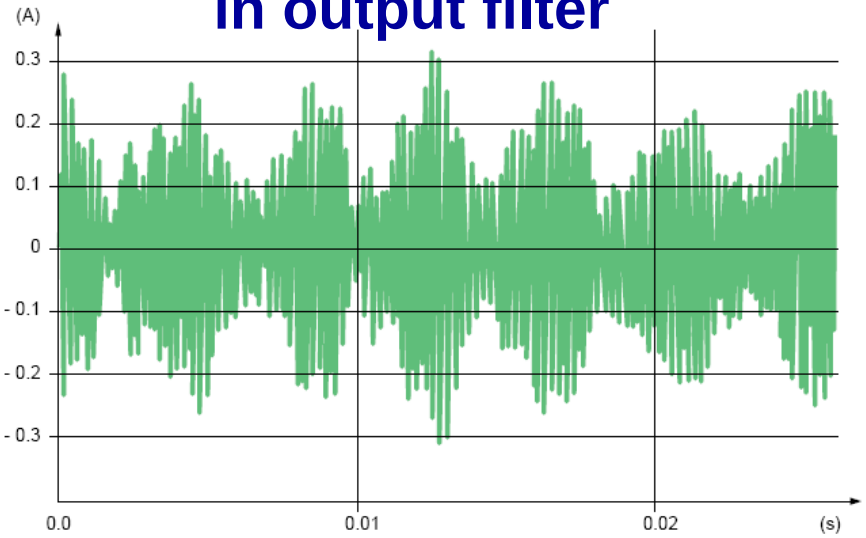
Voorbeeld: netfilters veroorzaken storingen

- **Main paths for leakage currents:**
  - C_y: capacitance to ground in mains filter
  - C_s: capacitance to ground in output filter

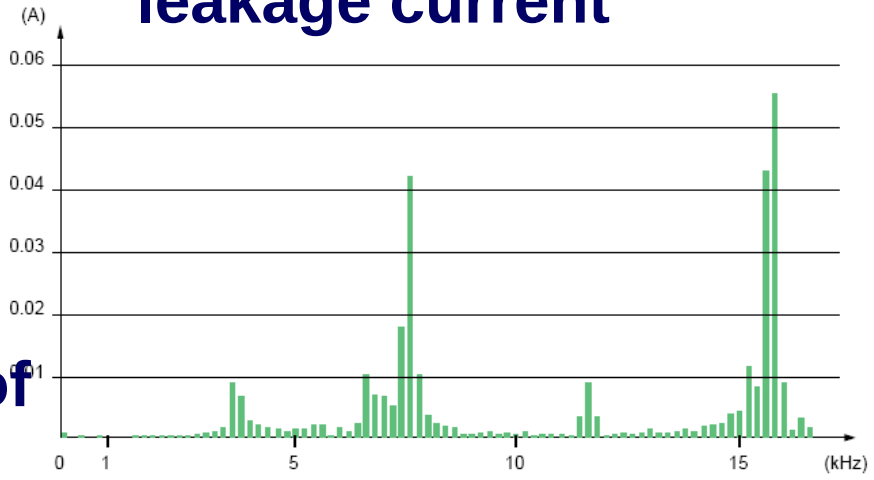


Picture from Groupe Svhneider

leakage current



spectrum of leakage current



Samenleving verandert!

I DON'T BELIEVE IN
GLOBAL WARMING

EU energie reductie plan

- 40% van totale energie verbruik is electrische energie
- vermogenselectronica is noodzakelijk om een substantieel deel (geschat wordt: de helft) van de reductie te halen

Dus: vermogenselectronica

➡ **AIEE Transactions (1944): back-to-back converter**

History and Development of the Electronic Power Converter

E. F. W. ALEXANDERSON
FELLOW AIEE

E. L. PHILLIPI
NONMEMBER AIEE

SEPTEMBER 1944, VOLUME 63

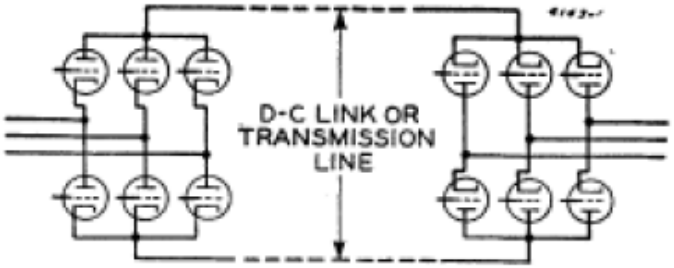


Figure 1. Electronic converter, dual-conversion type

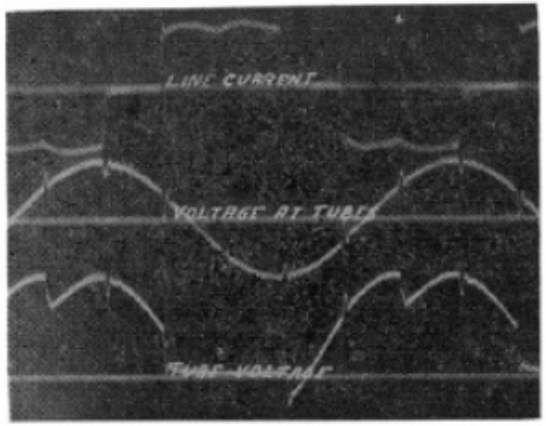
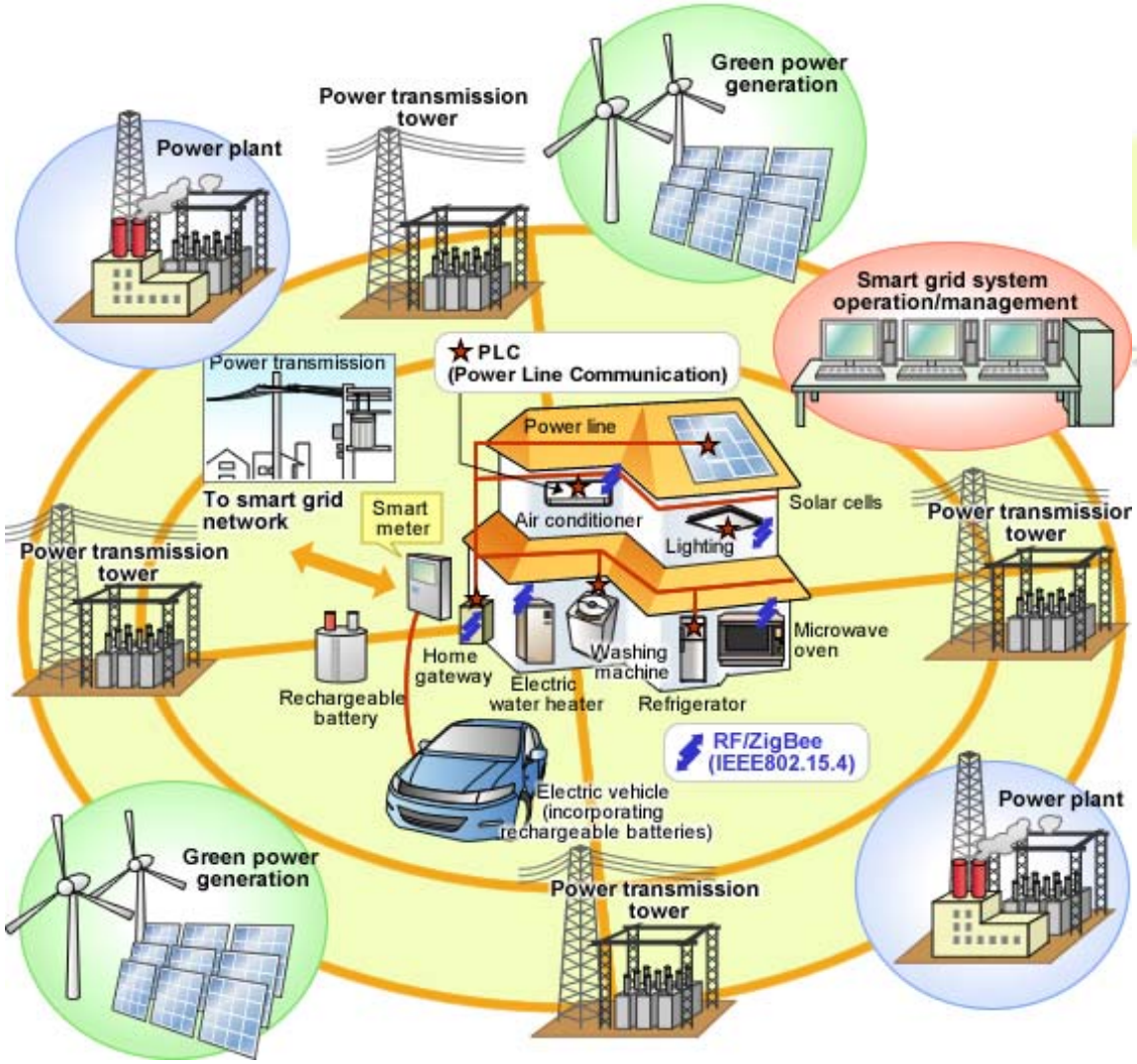
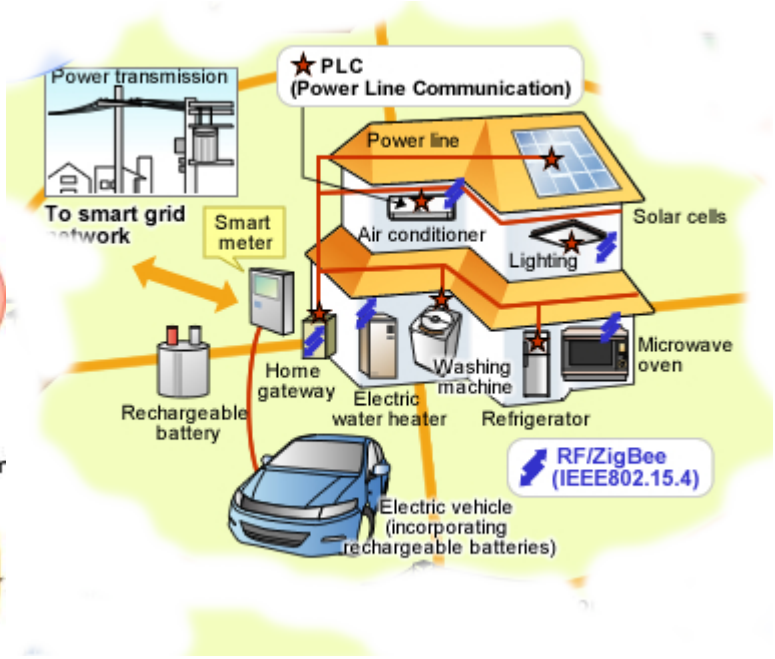


Figure 2b. Wave shape of six-phase inverter with low a-c reactance

Prof. Braham Ferreira

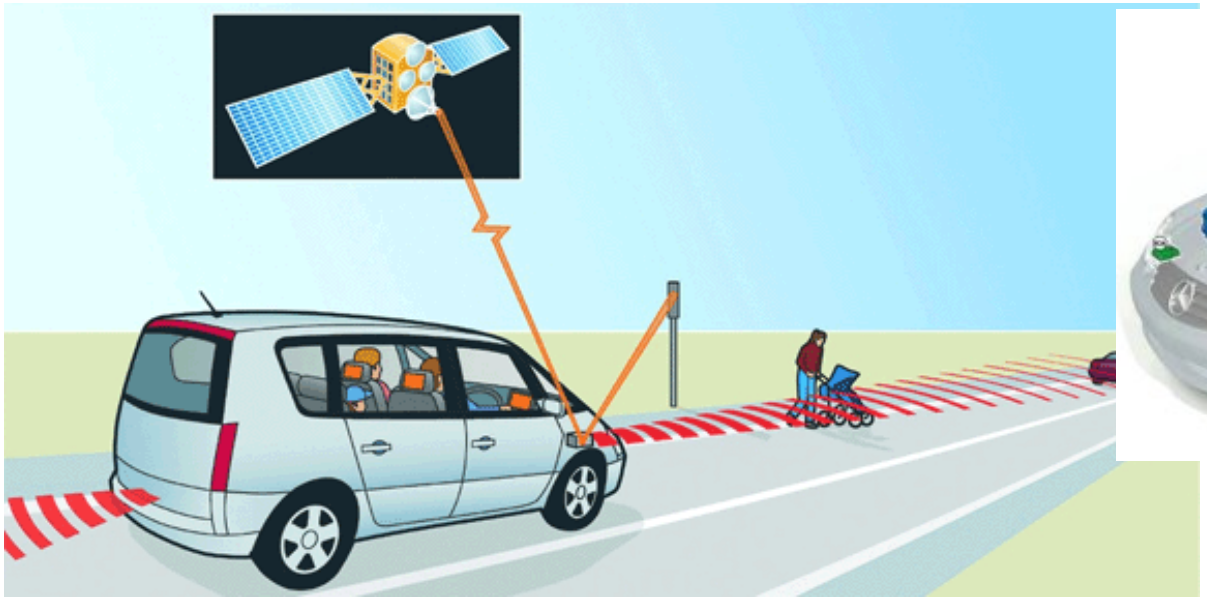
Smart Grids





Het net wordt niet slim, de apparaten moeten slim zijn!

Meer elektronica



Nu al >50% kostprijs van auto t.b.v. elektronica

Hoe lang nog voordat we een iCar van Apple of een Google auto kopen?

Market pull

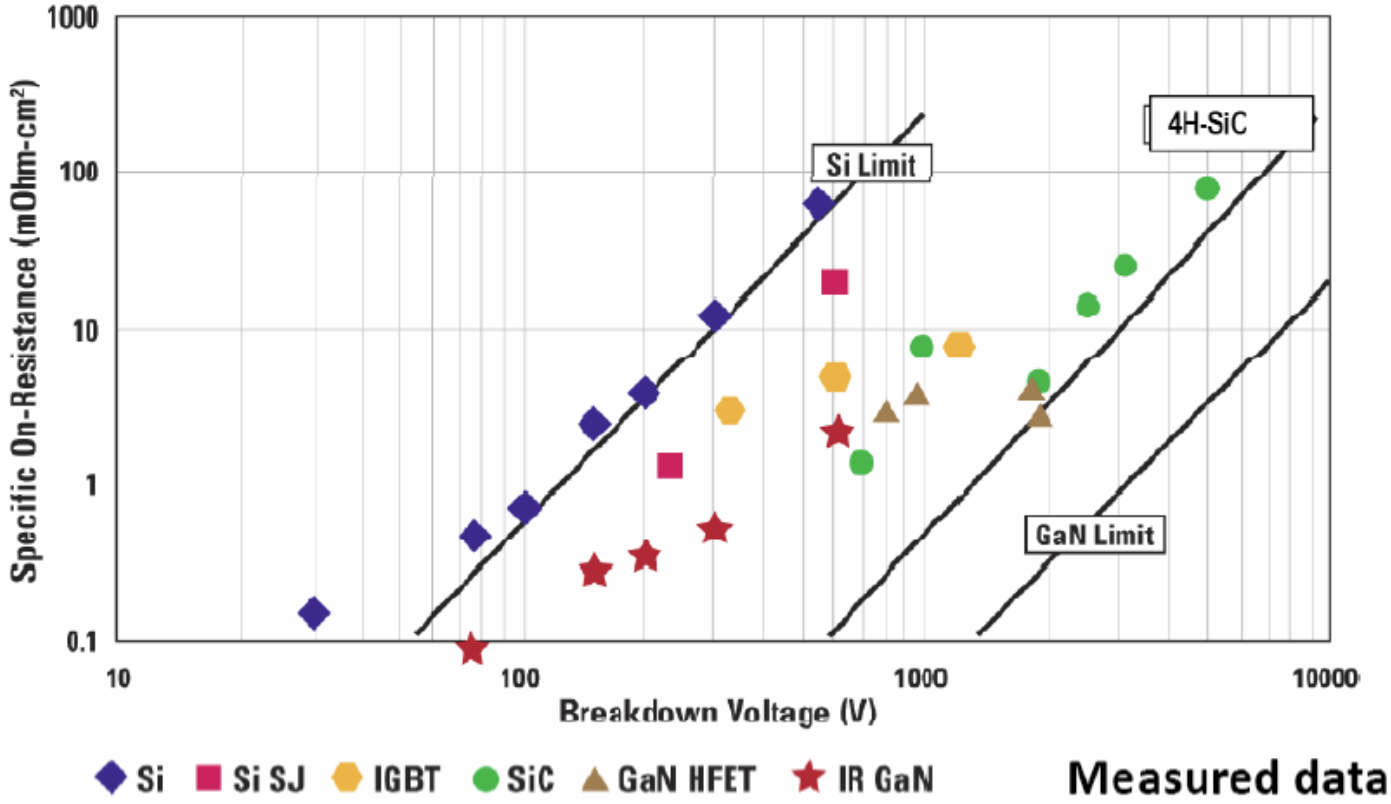
- Smart Grid
- E-Mobility
- Energie besparende verlichting (LED)
- Wide-range power systems (50-500V, 30-300Hz, AC-DC)

Technology push

- ICT
- Materialen, bijvoorbeeld Nanocrystalline
- Wide bandgap semiconductors (SiC, GaN)

Efficiency wide-bandgap materialen

➡ **Weerstand Si, SiC en GaN:**

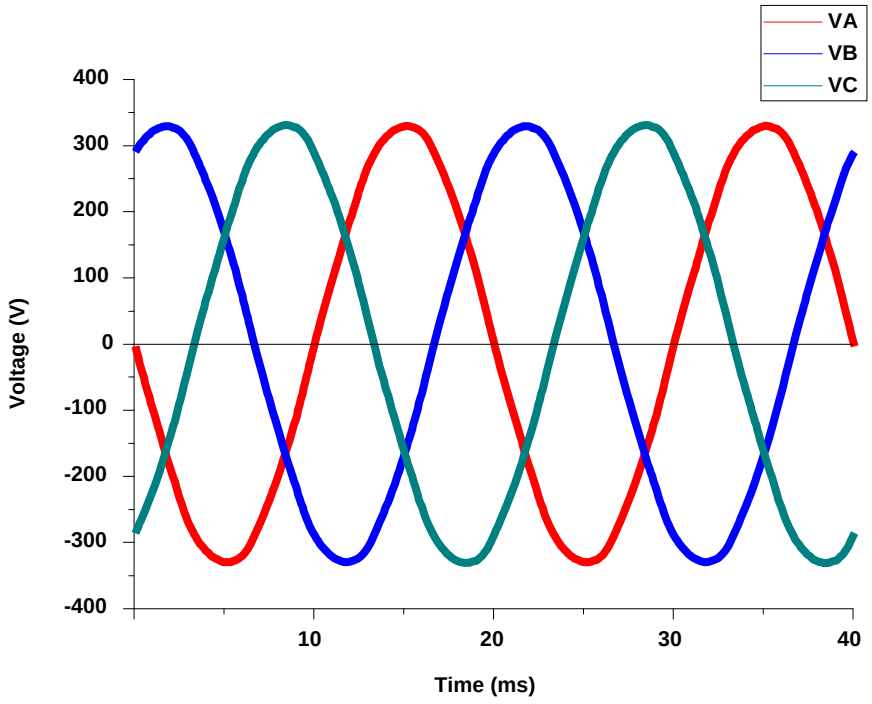


N Ikeda ISPSD, 2008

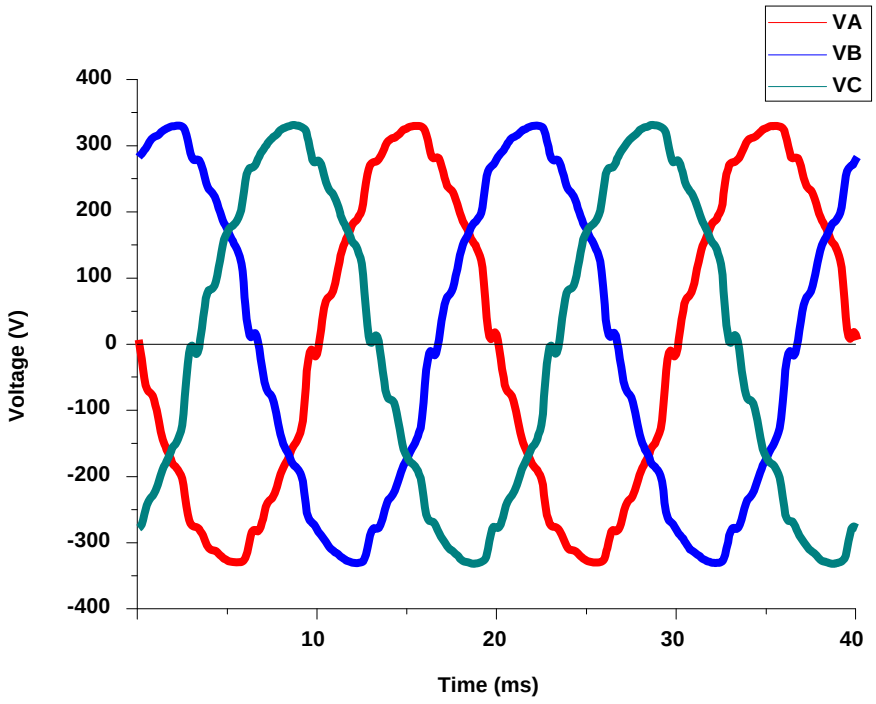
➡ **Maar ook VEEL SNELLER : meer storingen**

V-THD in ons nieuwe, energiezuinige, gebouw op de UT

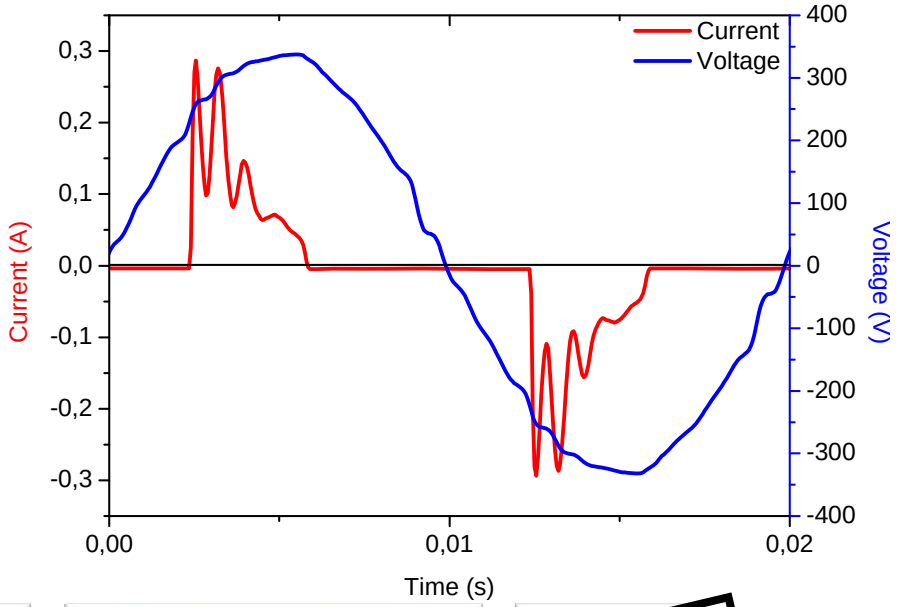
Zonder belasting



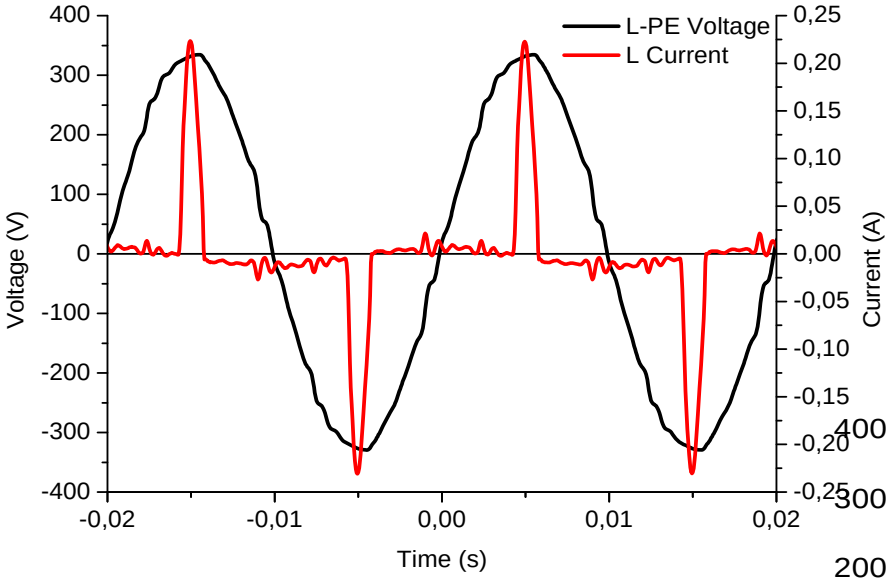
Met belasting



Interferentie vermogenselectronica

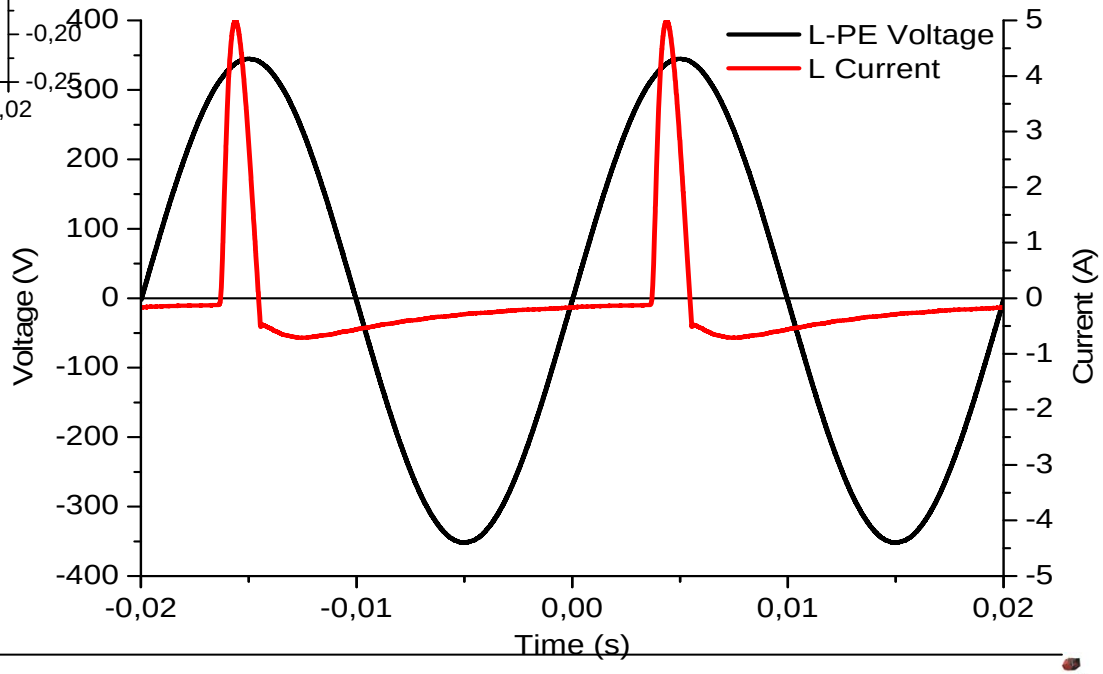


En de LED….



LED strip

Prikkabel met 48 LED lampen



Wat is nu de PF, en hoe bereken je het aansluitvermogen……

Perspectief

De maatschappelijke ontwikkelingen, en

De technologische ontwikkelingen, en

De zeer snelle verspreiding van elektronica rondom ons

Met de verwachting dat alles ‘perfect moet werken’

Levert de EMI engineer een

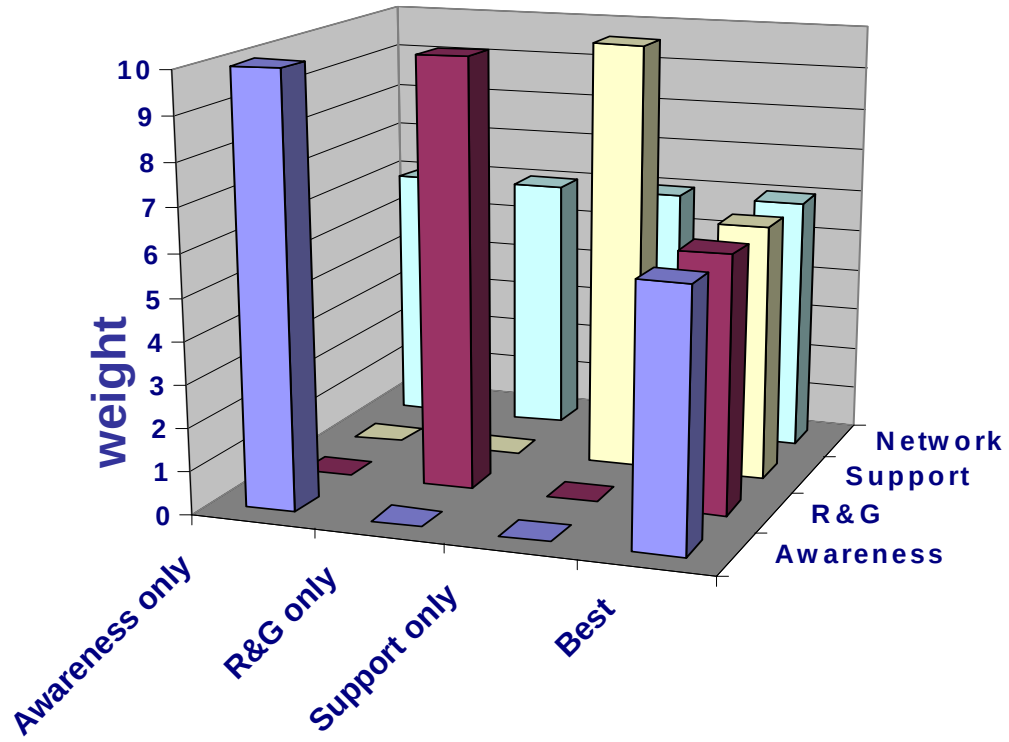
‘stralende toekomst’

Wat te doen?

- Willen we wel zo'n die stralende toekomst?
- Ik dacht het niet (ik wel, maar jullie niet)
- Doel van de installateur: maak alle EMI specialisten werkloos
- Hoe doe je dat?

EMC Klaver 4 (Framework)

1. Bewustwording
2. Netwerk
3. Ontwerp regels
4. Project begeleiding



Design engineers prefer 1 or 2 elements only;

In Framework: Concurrent approach gives optimal result

1: Bewustwording

Every employee, from top management to technician, should know what EMC is and where to find answers.

1. Wait for an EMC disaster
2. Once every few year a new disaster is necessary (to keep the awareness at a high level)
3. All technical personnel and managers should be fully aware of these EMC disasters
..
6. Educate ALL employees in the additional requirements
..
12. Create an EMC Expert Team for direct communication
13. Create and disseminate Rules and Guidelines
14. Create a support organization for any new development
15. If everything fails then goto 1

Voorbeelden van EMI

Airbag in Audi ploft spontaan

INGOLSTADT (DPA) - Audi, onderdeel van het Duitse Volkswagenconcern, roept ruim 900.000 auto's terug naar de garage voor verbeteringen aan de airbags.

Gsm-verbod in stadsbus Maastricht

Van onze correspondent

MAASTRICHT - Passagiers van de stadsbus in Maastricht mogen geen gsm meer gebruiken omdat de bus dan wel eens op hol zou kunnen slaan.

Zendpiraat doet cv-ketels op hol slaan

Telefoons storen

De BOVAG afdeling tankstations laat een nieuwe sticker ontwikkelen die klanten verzoekt om hun mobiele telefoon uit te zetten op een tankstation. Volgens Erik de Vries,

Voorbeelden van EMI

Autoalarm is kopzorg voor wegenwacht

RIJSWIJK, maandag

De wegenwacht heeft vorig jaar zijn handen vol gehad om gebreken aan elektronische autobeveiliging te verhelpen. In totaal moest de hulpdienst 10.000 keer uitrukken omdat auto's niet meer open konden of niet meer konden starten. Dit staat in het septembernummer van de Bovagkrant.

Gsm's storen metingen van sterrenwacht

Haard aan door bliksem

Trucs om gokkasten te manipuleren goud waard

Vervolg van **voorpagina**

hebben daar vaker op de kasten geweest. Ze hebben via een an- gulden en trekt er 20.000 gulden

Voorbeelden van EMI

wo 19 nov 2008, 05:30 | lees voor

Trein maakt noodstop als hsl voorbij raast

door Harry van Gelder

AMSTERDAM - Treinen op het Nederlandse spoor maken ineens een noodstop als een hogesnelheidstrein voorbij dendert op het naastgelegen spoor, zo blijkt uit testen.

Foto: ANP

Het plotseling stilvallen is geconstateerd op het traject Moerdijk - Breda dat naast het supersnelle spoor ligt. Als de motoren van de hogesnelheidstrein op volle toeren draaien (bij hoge snelheid of bij snel optrekken) wordt er een sterk elektromagnetisch veld opgewekt. Dit veld stoort de beveiliging (de atb in vaktermen) van de 'gewone' treinen op de rails ernaast, waardoor opeens de noodrem in werking treedt en de trein plotseling stopt. Het ministerie van Verkeer bevestigt de storing. Het euvel is in bedekte termen aan de Tweede Kamer gemeld in de voortgangsrapportage. Pas bij navraag bleek waar het precies om gaat. Het ministerie denkt dat het kan worden opgelost voordat de hsl in 2010 hard gaat rijden.

Apparatuur Boeing ondervindt hinder van wifi

Uitgegeven: 10 maart 2011 17:15
Laatst gewijzigd: 10 maart 2011 17:15

AMSTERDAM – De apparatuur in de cockpit van de Boeing 737-NG is niet goed bestand tegen het gebruik van wifi. Beeldschermen zouden niet meer functioneren bij het gebruik van draadloos internet.

© AFP

De vliegtuigmaatschappij heeft dit toegegeven tegenover de Australian Business Traveller die het nieuws op het spoor kwam dankzij de blog van Mary Kirby Runway Girl.

Tests wezen uit dat beeldschermen, die de piloten van informatie moeten voorzien tijdens de vlucht, uitvielen zodra ze werden blootgesteld aan straling. Boeing laat weten dat er op dit moment geen vliegtuigen in de lucht zijn die gebruik maken van de apparatuur.

Bliksem inslag rail/trein

July 23, 2011

Lightning Sparks Chinese Train Crash, 33 Dead

VOA News

Voorbeelden van EMI

Rolstoelen op hol door gsm's

Van onze Haagse redactie 23/2/98

WOERDEN, maandag

Mobiele telefoons kunnen een elektrische rolstoel op hol doen laten slaan. Door de straling die vrijkomt bij het gebruik van de zaktelefoon kan de afstandsbediening van de rolstoel in werking treden.

Dat zegt de belangenorganisatie voor mindervaliden, KBOH in Woerden. Volgens deze instelling zijn door het gebruik van gsm-toestellen de laatste twee jaar diverse klachten binnengekomen van rolstoelers die op hol zijn geslagen.

De organisatie spreekt van levensgevaarlijke toestanden. Verschillende keren zijn rolstoelers al als gevolg van de mobiele telefoon in vijvers en sloten terecht gekomen.

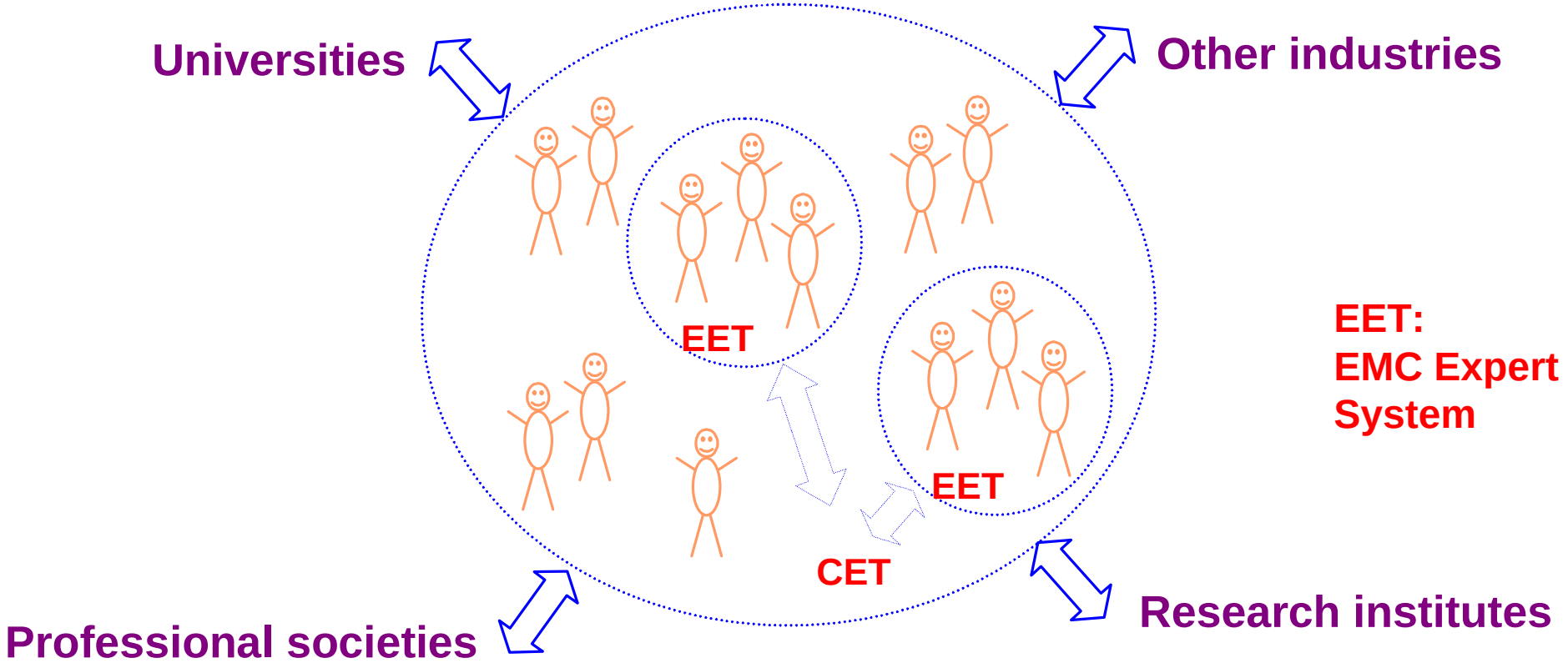
De KBOH raadt lichamelijk gehandicapten dan ook aan hun klachten te deponeren bij de overheid.

Het Staatstoezicht op de Volksgezondheid raadt op invaliden op zijn beurt aan hun rolstoel te laten onderzoeken op de gevoeligheid van elektromagnetische straling. Vaak blijkt namelijk dat de elektronica van de rolstoel niet goed is beschermd, waardoor mobiele telefoons deze ongewild in werking kunnen zetten.

Volgens de KBOH betreft het met name oudere rolstoelen, waaraan door ondeskundigen veranderingen zijn aangebracht.

Om dit soort problemen te voorkomen dient vooral kritisch te worden gekeken naar de isolatie van het elektrische circuit van de rolstoel.

2: Netwerk



EET:
EMC Expert System

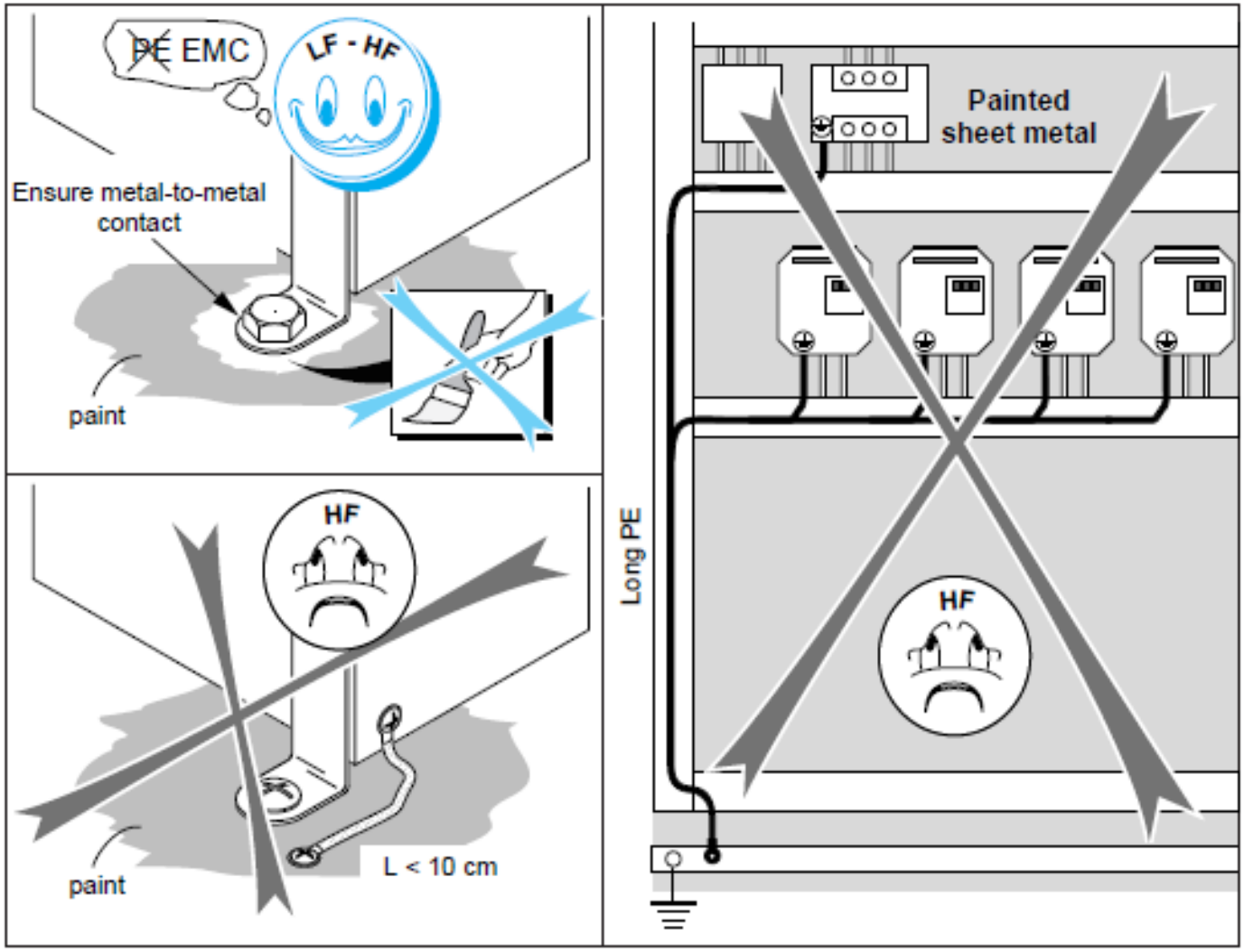
➡**Ga niet alles zelf doen, gebruik je netwerk**

EMC-ESD vereniging!!!

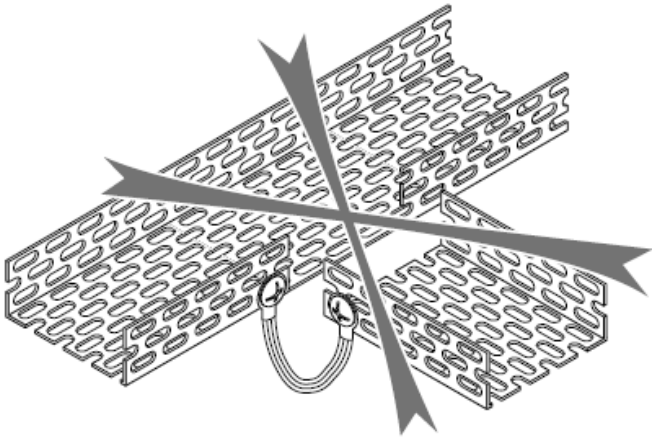
3: Ontwerp regels

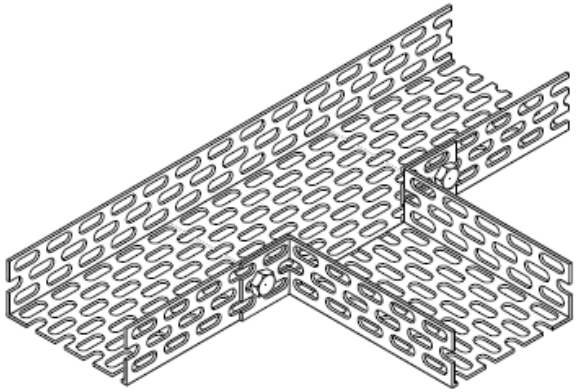
- Maak eenvoudige ontwerpregels beschikbaar, op alle niveaus (monteur, planner, ontwerper)
- Bij voorkeur in eenvoudige boekjes (bijv. Groupe Schneider boek) en op het web
- Bijvoorbeeld in EMC Expert System (De 'EMC App')
  - Kabels
  - Aarding
  - Filters
  - Overspanningsbeveiliging
  - Etc.

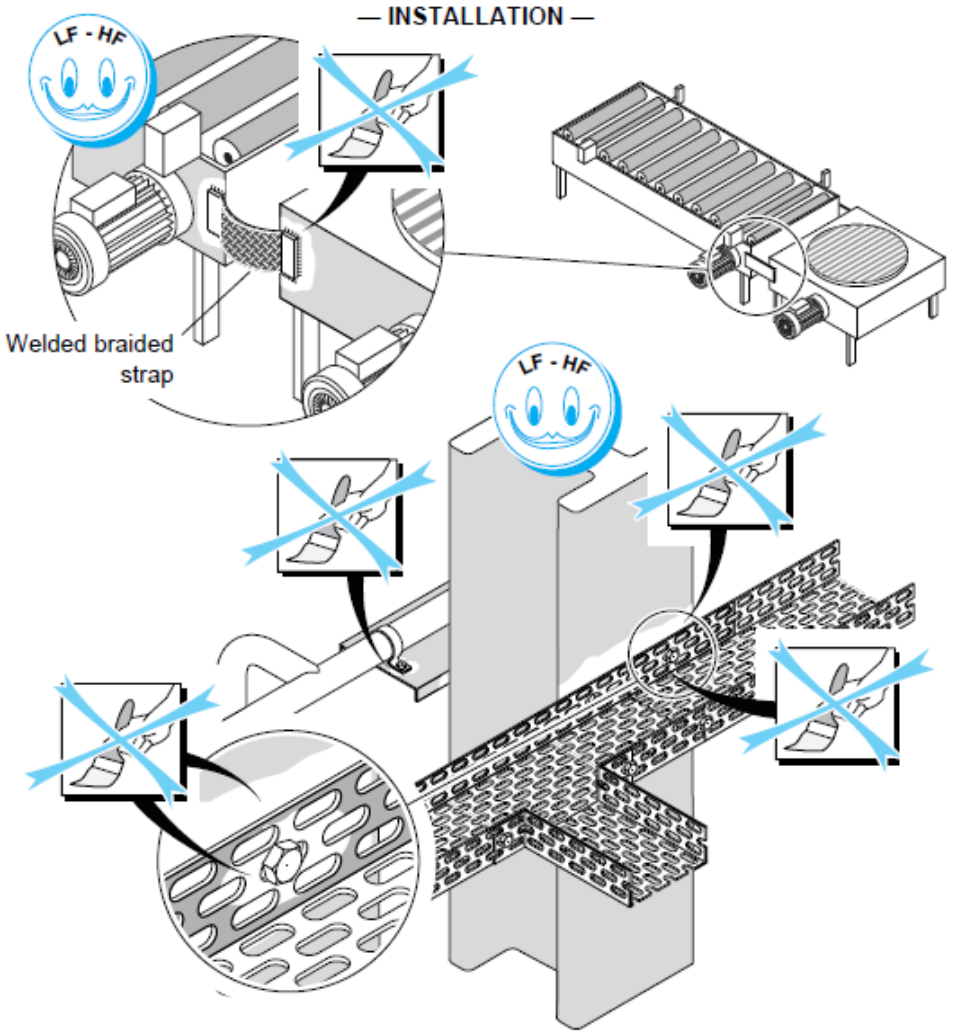
Voorbeeld: Groupe Schneider, 1



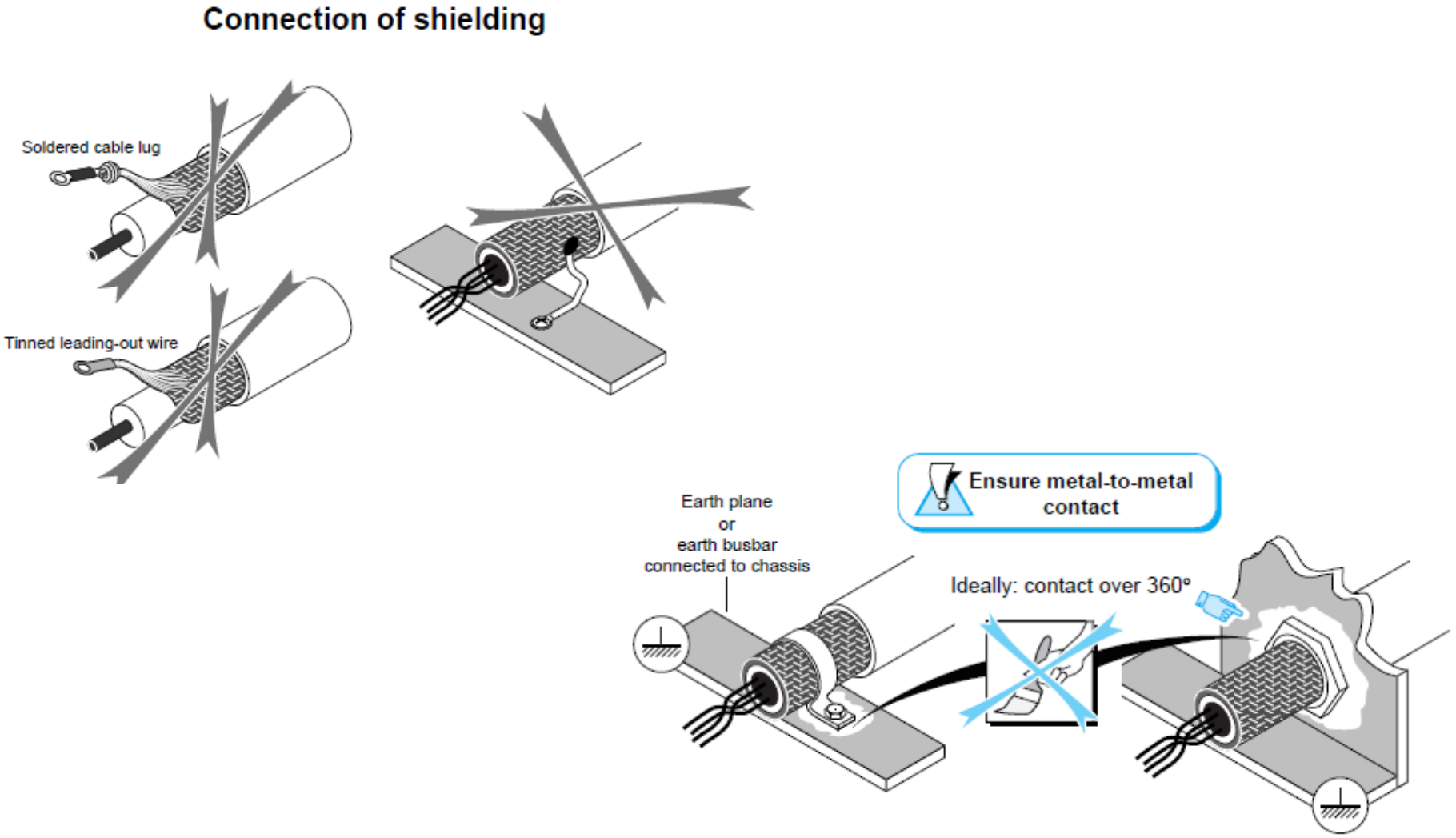
Voorbeeld: Groupe Schneider, 2



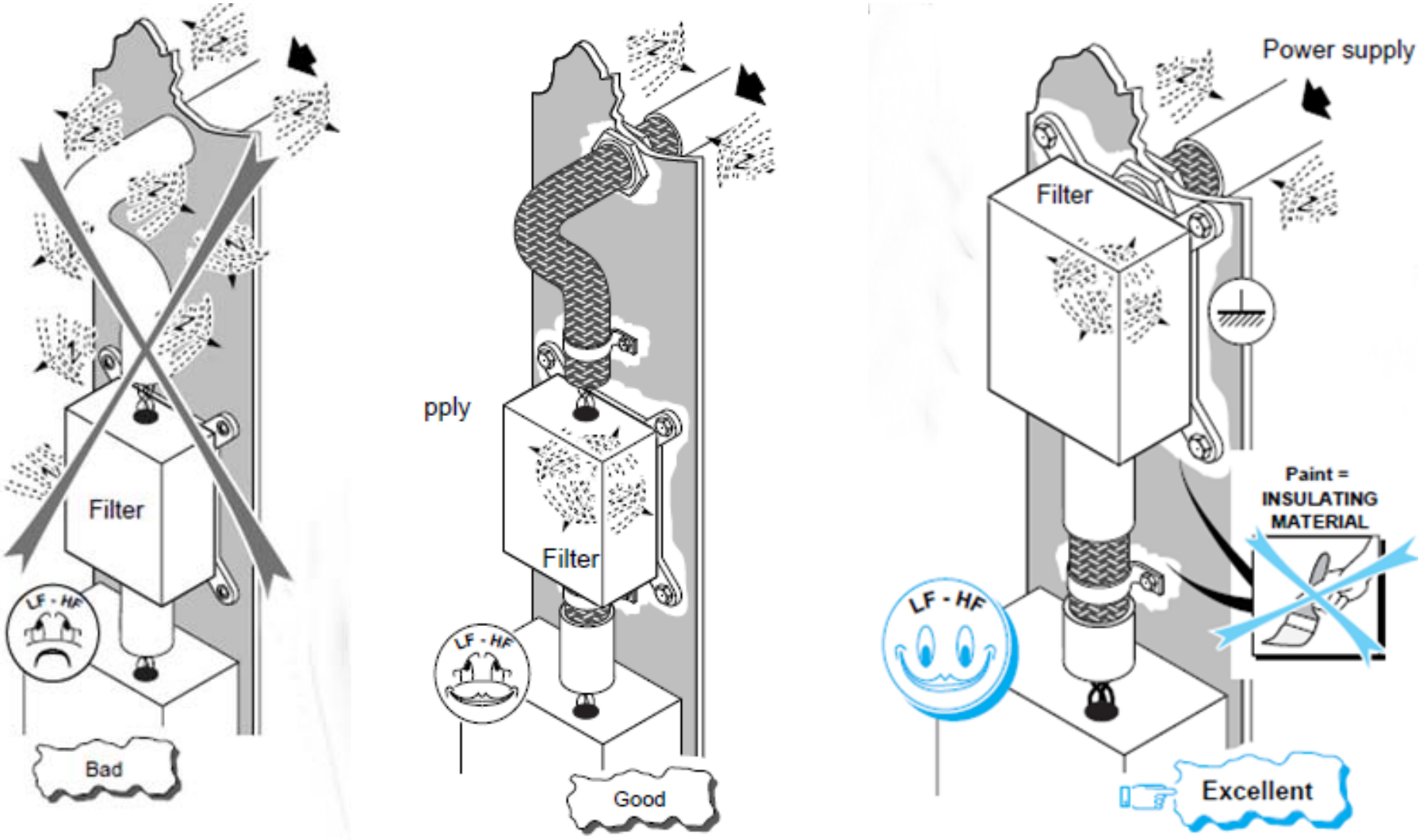




Voorbeeld: Groupe Schneider, 3



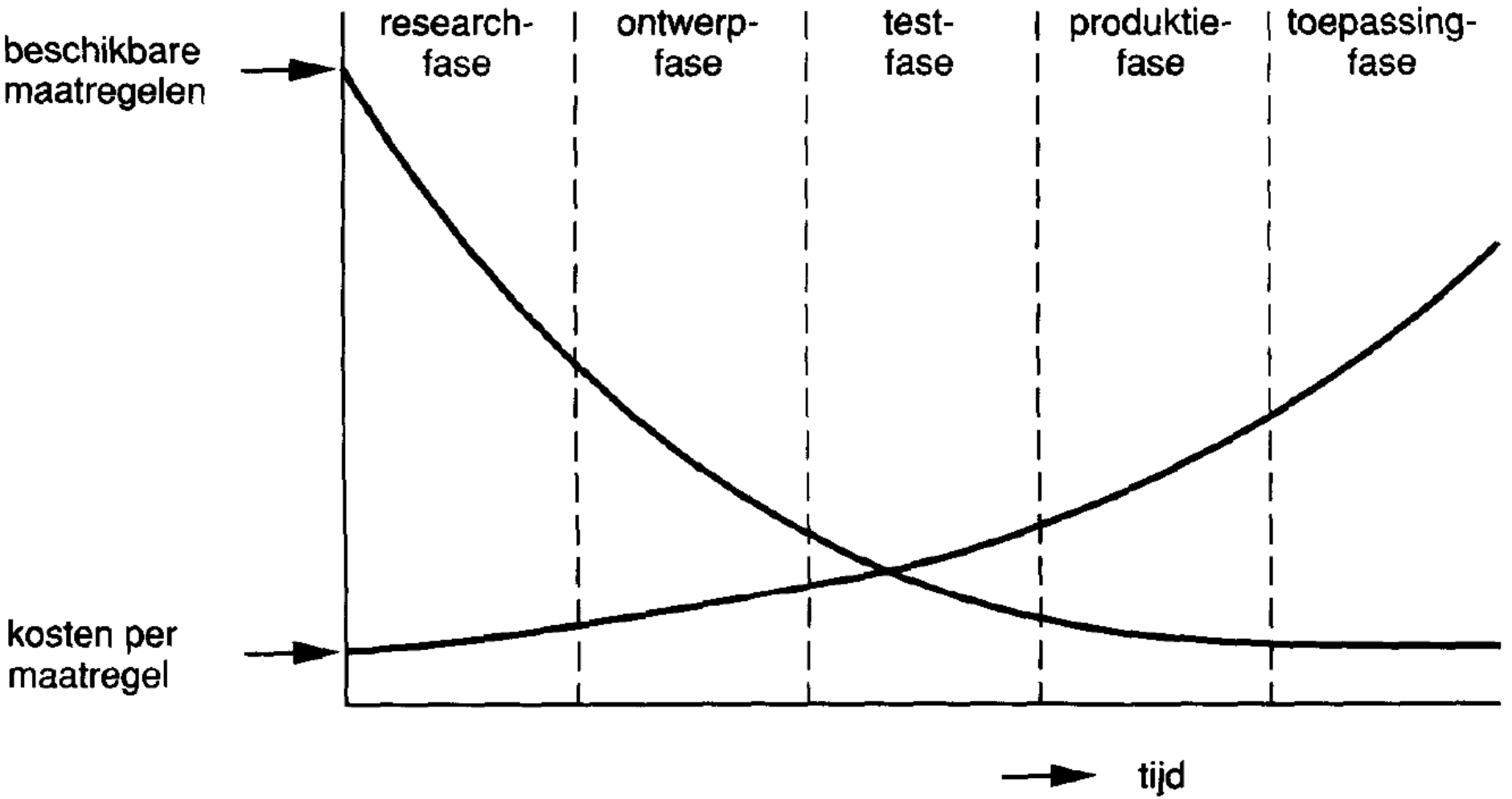
Voorbeeld: Groupe Schneider, 4



4: Projectbegeleiding

	Concept	System specification	System design	Development	Production and deployment	Operational support
Activity		Explicit, implicit and induced EMC requirements Critical function analysis EMC margins EM radiation hazards	Analysis of the system architec-ture EMC topology Risk analysis Compatibility with other constraints Establish the EMC protection concept Derive the requirements	Tailor the EMC protections (shielding, filters, interfaces) Technological choices EMC design approval Partial tests on risk ele-ments EMC qualification, sub-systems, equipment Follow up engineering changes EMC inspection during equipment integration	EMC performance assurance	Preventive and corrective actions
Deliverable	EMC-MP	EMC requirements into system specification EMC requirements into system segment design document EMC-CP	EMC-AR EMC requirements into product definition Update EMC-CP	EMC Engineering Test Reports EMC-TP EMC Qualification Test Report Update EMC-CP	Update EMC-CP	Maintenance Documents

4: Projectbegeleiding, 2



4: Projectbegeleiding, 3

- Duidelijke afspraken in contract
- Duidelijke afspraken met leveranciers
- PDR, CDR
  (preliminary design review, critical design review)
- Nodig daar af en toe een expert uit (Peer Review)
- Begeleid de ontwerpers, inkopers, monteurs

- Vertrouw niet op:
  - Management (die kijken alleen maar naar termijn en kosten)
  - Inkopers (kiezen de (slechtste) onderdelen: laagste prijs)
  - Leveranciers (CE markering zegt nog niets over echte EMC gedrag)

En dan

- **Als alles goed gaat:**
  - **EMC is best eenvoudig: gewoon doen!**

En dan

- **Als alles goed gaat:**
  - **EMC is best eenvoudig: gewoon doen!**
- **Als het fout gaat:**

  Begin bij ‘start’:
  - **EMC Klaver 4,**
    1. **Bewustwording,**
       1. **Wait for an EMC disaster**

En dan

- Als alles goed gaat:
  - ⇨ EMC is best eenvoudig: gewoon doen!
- Als het fout gaat:

  Begin bij ‘start’:
  - ⇨ EMC Klaver 4,
    1. Bewustwording,
       1. Wait for an EMC disaster
- Maar
  Concurrent doet het voor minder (en slechter)…..
  Vooral in de installatie sector is dit de drijvende kracht.

  Bewustwording bij klant, en als ze dan nog niet willen, jammer dan. Rommel levert rommel…..

Wat kost dat?

- **Als het fout gaat:**
  >10% van de hardware ontwikkelkosten
  tot out-of-business (Toll project: 7.5 miljard euro)
- **Als het goed gaat: 4%**
  (2.5% begeleiding, 1.5% kwalificatie)

- **BOM (Bill of material): Afhankelijk van product**
  - **Flatscreen TV: 25% van BOM is voor EMC en thermische maatregelen (Rick Harwig, Philips)**
  - **Netvoeding: 20~30% van BOM voor EMC**
  - **Automotive voorbeeld: 73% BOM vanwege EMC**
  - **PDS: 50% volume is voor EMC filters (militair: 75%)**

Vragen?