

Journée d'étude  
Sécurité et Hygiène Lors du Soudage  
TECNNOFUTUR INDUSTRIE 13 MARS 2008

**EXPOSITION DES SOUDEURS  
AUX CHAMPS  
ELECTROMAGNETIQUES EN VUE  
DE LA NOUVELLE  
DIRECTIVE EUROPEENNE  
2004/40/EC**



Gilbert Decat  
VITO, Mol, Belgium  
gilbert.decat@vito.be

Journée d'étude Soudage - Goselies - 13 mars 08

**CONTENU**

- PROBLEMES DES CHAMPS ELECTRO MAGNETIQUES
- SOURCES D'EXPOSITION EN GENERALES
- NOTIONS PHYSIQUES ET DEFINITIONS
- MECHANISMES D'INTERACTIONS
- DIRECTIVES ET NORMES
- RESULTATS ET CONCLUSIONS

Journée d'étude Soudage - Goselies - 13 mars 08

**CONNAISSANCE ACTUELLE DES  
EFFETS DES CHAMPS MAGNETIQUES  
(CM)**

- EPIDEMIOLOGIE
- RECHERCHE EXPERIMENTALES

Journée d'étude Soudage - Goselies - 13 mars 08 J. Vanderstraeten, CSH-HGR, 22/03/05

**I. What do we currently know ?**

**1. FROM EPIDEMIOLOGY**

**1.1 Certain:**  
Statistical association between childhood leukemia and prolonged residential exposure to  $B \geq 0.4 \mu T$   
→ OR = 2.0 ( $1.6 \geq 0.3 \mu T$ )  
(Pooled analysis by Greenland et al. Epidemiology, 2000 and by Ahlbom et al. Br J Cancer, 2000; NIEHS, 1998; IARC, 2002)

**1.2 Possible:**  
Weak association between certain cancers and professional exposure  
→ OR = 1.2 (brain tumor) to 1.6 (lymphoid leukemia,...)  
NB: average professional exposure until 0.5 to 2.5  $\mu T$   
(NIEHS, 1998; Kheifets et al. Occup Environ Med, 1999; Savitz et al. Am J Ind Med, 2000)

Journée d'étude Soudage - Goselies - 13 mars 08 J. Vanderstraeten, CSH-HGR, 22/03/05

**I. What do we currently know?**

**2. FROM EXPERIMENT**

**2.1 Possible:**  
↓ nocturnal secretion of melatonin ( $> \text{some } \mu T$ )  
(professional exposure, rodents)  
(Pflieger et al. J Pineal Res, 1996; Wood et al. J Pineal Res, 1998; Anderson et al. EHP, 2000; Ichinose et al. J Occup Environ Med, 2004)

**2.1 Much Controversed:**  
DNA lesions: mutations, strand breaks ( $> \text{some } \mu T$ )  
(meta-analysis by Mc Cann et al. Mut Res, 1998; Mowlker et al. EMFRAPID program report, Radiat Res, 2000; Ivancic et al. Mut Res, 2002; Lai & Singh, EHP 2004; GENOTOX project, in progress)

Journée d'étude Soudage - Goselies - 13 mars 08 J. Vanderstraeten, CSH-HGR, 22/03/05

**Actions des CEM plus importantes**

CEM	Interaction	Adverse effect
Static electric or E-field	Surface electric charge	Annoyance surface effects, shock
Static magnetic or B-field	Induction of E-field in fluids & tissues	On cardiovascular & central nervous system
Time-varying E-field up to 10MHz	1. Surface electric charge 2. Induction of E-field and currents	1. Annoyance surface effects, E-shock & burn 2. Stimulation of nerve & muscle cells, effects on nervous system functions
Time-varying B-field up to 10MHz	Induction of E-field and currents	Stimulation of nerve & muscle cells, effects on nervous system functions

Journée d'étude Soudage - Goselies - 13 mars 08

# SOURCES D'EXPOSITION

- Naturelles
- Artificielles

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## Champ électrique statique naturel

+++++

Ionosphère

Champ E: 130 V/m

-----

Terre

20 kV/m

20 kV/m

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## Champ magnétique statique naturel

**40 – 50  $\mu$ T**

(Bira-IASB, 2003)

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## Champ électrique & magnétique naturel à 50 Hz

- **Champ E  $\Rightarrow 10^{-4}$  V m<sup>-1</sup>**
- **Champ B  $\Rightarrow 10^{-6}$   $\mu$ T**

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## SOURCES ARTIFICIELLES

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Souder

Induction

Micro-onde

MRI

KMR

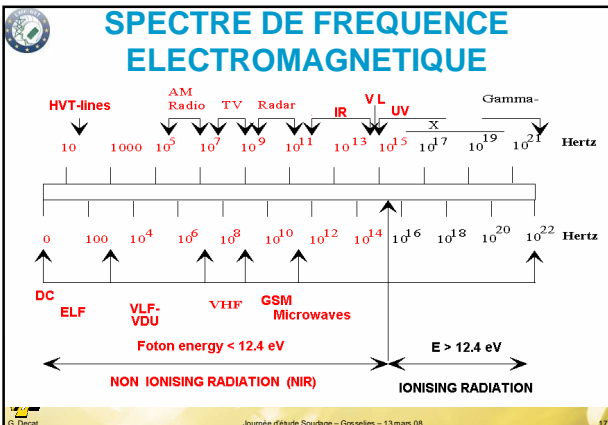
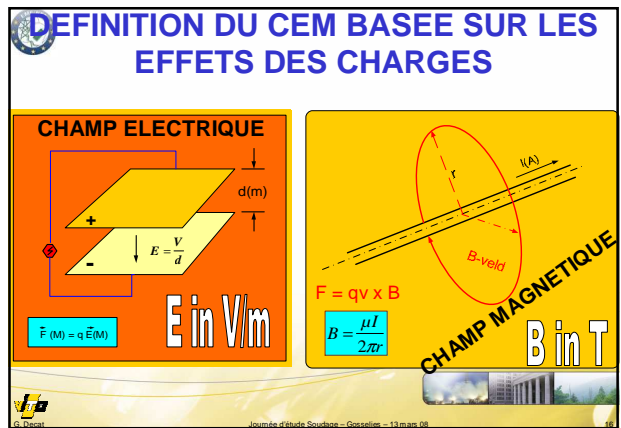
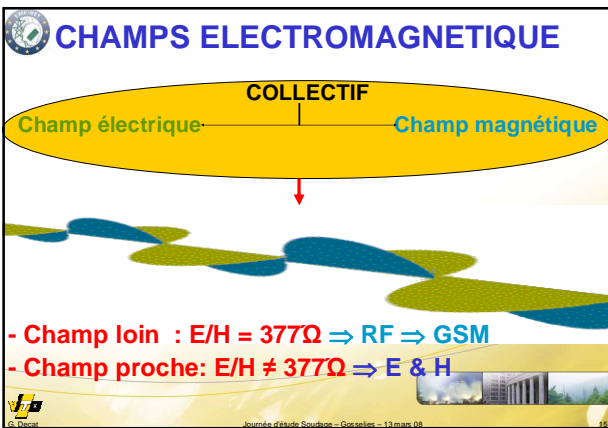
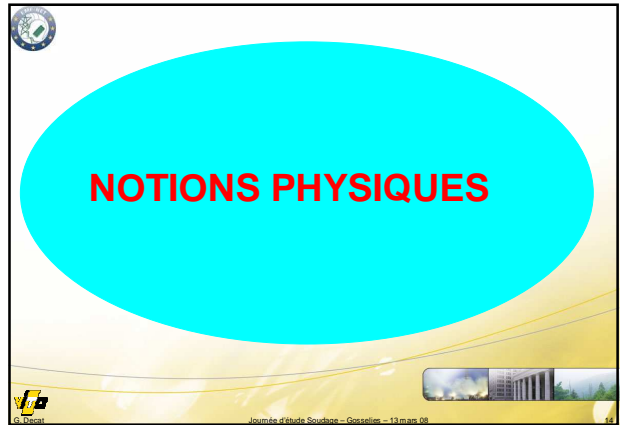
Sécuriter

Bureau

WLAN

ESD

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08



### TRANSFERT D'ONDE DANS DIFFERENTS MILIEUX

**Medium:  $\epsilon'1$**

Invalende golf  
 $\lambda_1(m) = \frac{c \sin(\alpha)}{f(Hz)}$

Gereflecteerde golf

**Medium:  $\epsilon'2$**

$\epsilon'1 < \epsilon'2$

Doorgelaten golf  
 $\lambda_2(m) = \frac{c \sqrt{\epsilon'2} \sin(\alpha)}{f(Hz)}$

Energieverlies  
 Indringdiepte:  $1/e = 37\%$   
 $D_e = \frac{\lambda_0 \sqrt{\epsilon'}}{2\pi \epsilon''}$



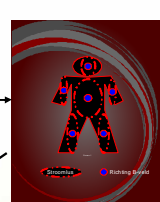
RF (2,5GHz)  $\Rightarrow \lambda_{(lucht)} = 12,25cm \Rightarrow \lambda_{(huid)} = 1,8cm$  en  $\epsilon'' = 1,7cm$   
 $\lambda_{(vet)} = 5,2cm$  en  $\epsilon'' = 11cm$

De sluit: watergehalte vet lager dan dat van huid dus minder dipoolmoleculen zodat kleinere energie-absorptie maar grotere penetratiediepte

### INTERACTION AVEC SYSTEME BIOLOGIQUE

- CHAMP STATIQUE ELECTRIQUE: 0 Hz**
  - $\Rightarrow$  ne pénètre pas dans le corps humain
  - $\Rightarrow$  induction de charge de surface sur le corps
  - $\Rightarrow$  champ  $E > 25 \text{ kVm}^{-1}$ : sensation irritante chez l'homme
- CHAMP E ET B < 100 kHz**
  - $\Rightarrow$  induction de courant dans le corps humain
  - $\Rightarrow$  courant proportionnel à la fréquence
- CHAMP RF > 100 kHz**
  - $\Rightarrow$  induction de chaleur  $\Rightarrow \text{SAR} = \frac{\sigma E^2}{\rho}$
  - [ $\sigma$  = conductivité ( $\text{Sm}^{-1}$ ) &  $\rho$  = densité de tissu  $\text{kgm}^{-3}$ ]

### CM ELF $\Rightarrow$ INDUCTION DE COURANT

**$J = Rf\sigma B > 10 \text{ mA.m}^{-2}$**

**PROTECTION**

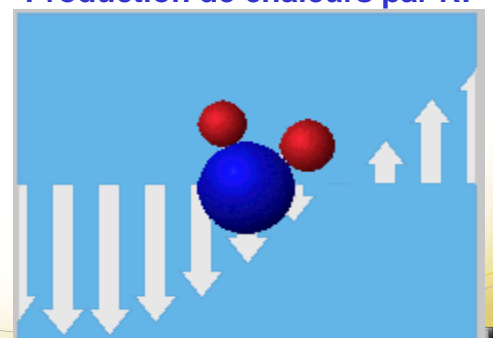
### CHAMPS RF $\Rightarrow$ INDUCTION DE CHALEUR

**Frequence de 100 kHz à 300 GHz**

$\Rightarrow \text{SAR} = \frac{\sigma E^2}{\rho}$

[ $\sigma$  = conductiviteit ( $\text{Sm}^{-1}$ ) &  $\rho$  = weefseldichtheid  $\text{kgm}^{-3}$ ]

### Production de chaleurs par RF



### Directives D'Expositions



**Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health & safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)**

⇒ 18th individual directive within the meaning of article 16(1) of directive 89/391/EEC

Publié le 29 avril 2004 - 29 mai 2004

Journée d'étude Soudage - Gosselies - 13 mars 08

**Member States Responsibilities**

- Member States *should* adopt *basic restrictions* and *reference levels* used in the technical annex but are free to adopt more restrictive regulations
- if so, they should consider a risk/benefit analysis
- Member States are invited to report to the Commission on implementation progress after a period of three years following the adoption of the Recommendation
- Member States should promote:
  - the dissemination of information and rules of practice in this field to obtain recommended levels of exposure
  - relevant research in the context of their national research programs

Journée d'étude Soudage - Gosselies - 13 mars 08

**Directives Européennes**

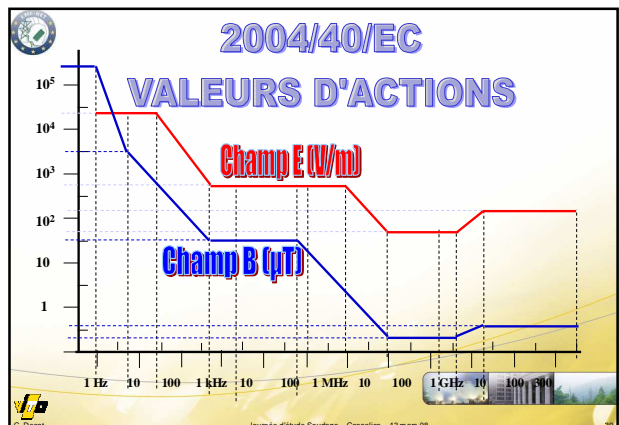
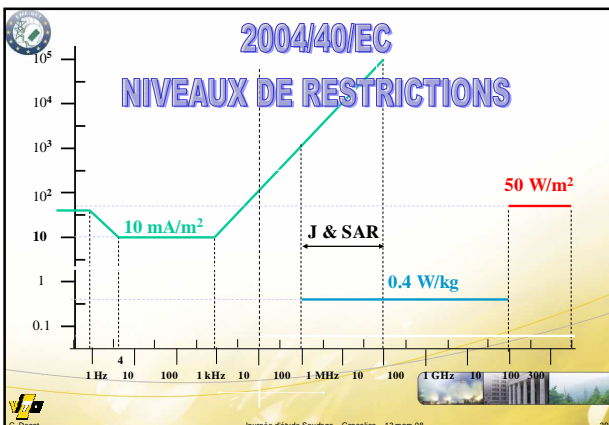
- Council recommendation of 12 July 1999 (1999/519/EC) on the limitation of exposure of the general public electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz) ⇒ copy from ICNIRP general public
- prEN50392: norme générique pour démontrer la conformité des équipements électriques et électroniques avec les restriction de base concernant l'exposition de personnes au champs électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)

Journée d'étude Soudage - Gosselies - 13 mars 08

**NORMES BELGES POUR LES FREQUENCES ELF**

- PAS DE NORMES POUR LE CHAMP MAGNETIQUE A 50 Hz
- NORMES POUR LE CHAMP ELECTRIQUE IDENTIQUE A LA DIRECTIVE ICNIRP
- Advisory board FP6: ⇒ évaluation des normes ICNIRP, Européenne et nationale

Journée d'étude Soudage - Gosselies - 13 mars 08



# CEM DES MACHINES A SOUDURE

Soudage par point

Soudage à l'arc voltaïque

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

# CENELEC PROTOCOL

6

## DRAFT prEN 50444

Basic standard for the evaluation of human exposure to EMF from equipment for arc welding and allied processes

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## CEM ET TECHNIQUES DE SOUDAGE

TECHNIQUES	AC	DC	DC pulsed
Coated electrode	+	++	-
TIG	+	+	+
MIG/MAG	-	++	+
Powder welding	+	++	-
Resistance welding	++	+	-
Other processes <sup>1)</sup>	/	/	/

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## MEASURAGE DE CEM

- CONTROL PANEL
- CABLES
- TORCH

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## PROTOCOLE DE MESURE DU CM DES CABLES

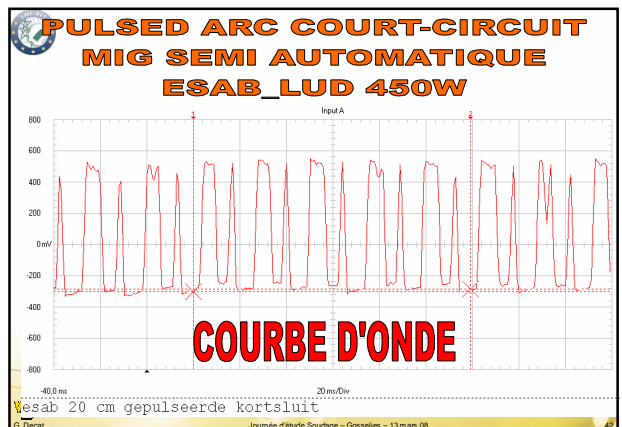
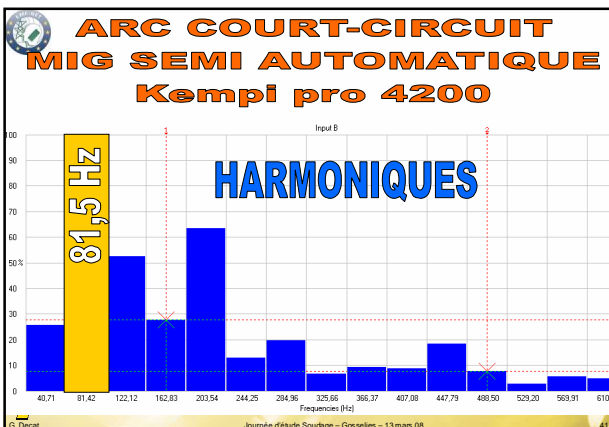
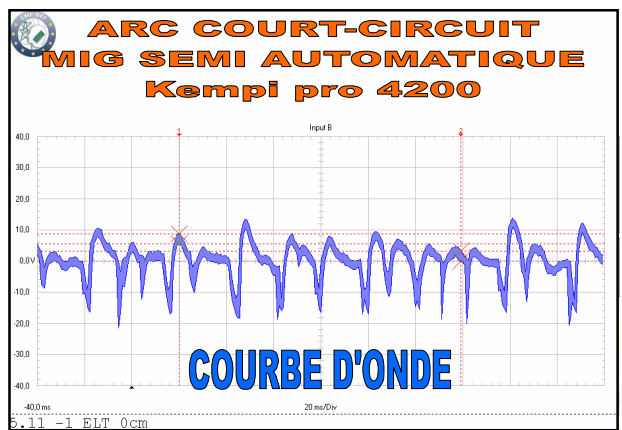
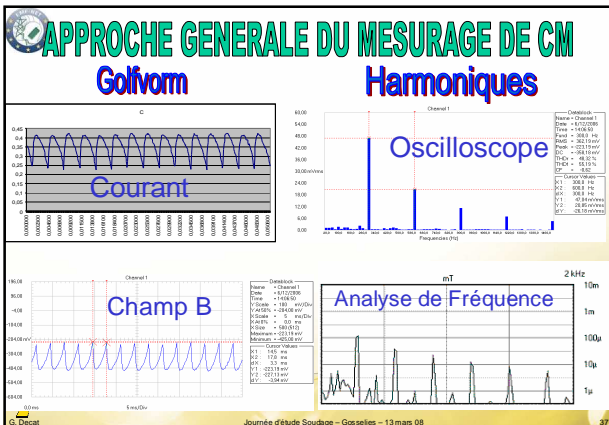
❖ Investigation point for maximum torso exposure evaluation have to be made at the Inner side of a quarter-circle with a radius (r) of 20 cm at a distance of 10 cm from the cable

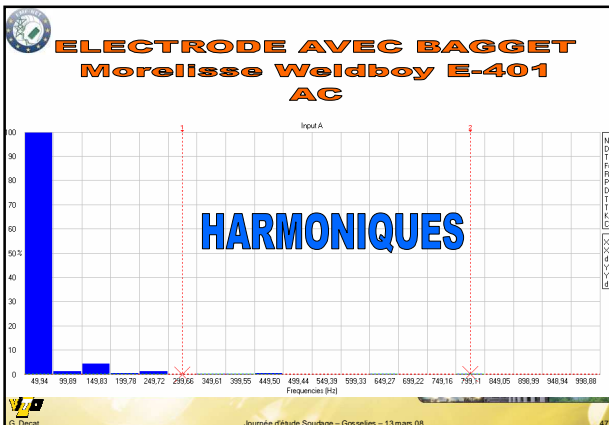
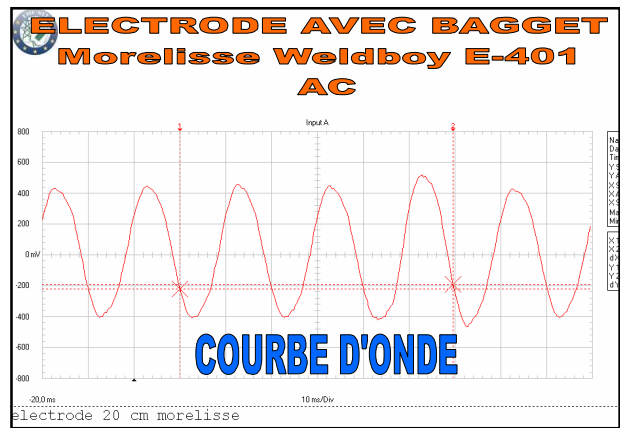
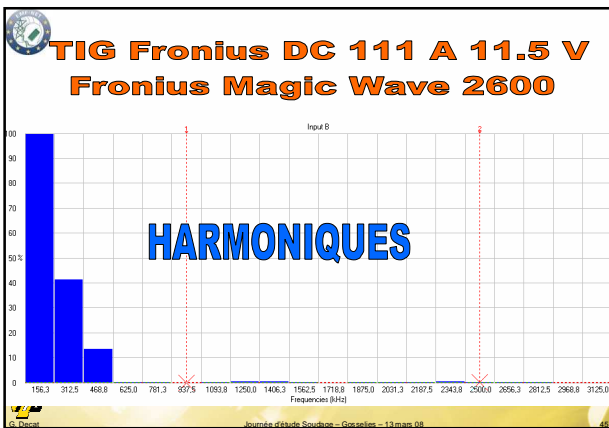
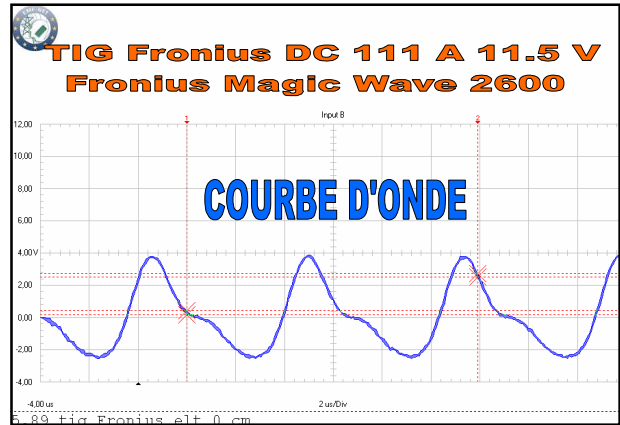
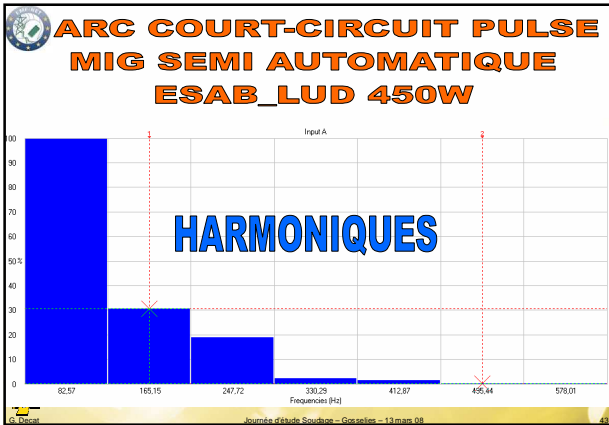
Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

## INSUFFICANCE IN CENELEC STANDARD

THOUGH CONTACT BETWEEN CABLE AND WELDER IS NOT TAKEN INTO ACCOUNT IN THE CENELEC STANDARDS OUR MEASUREMENT PROTOCOL COVERED THIS GAP

Journées d'Étude Soudage – Gosselies – 13 mars 08

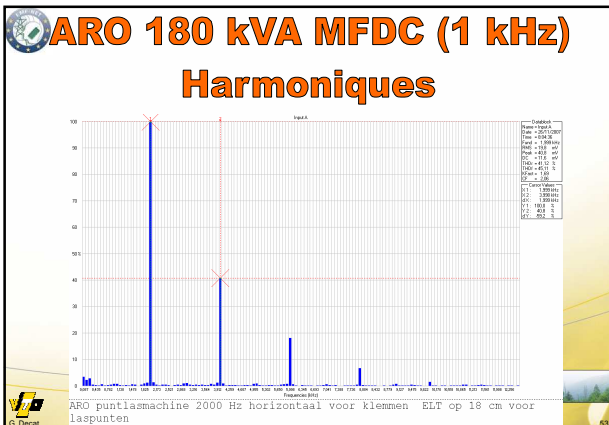
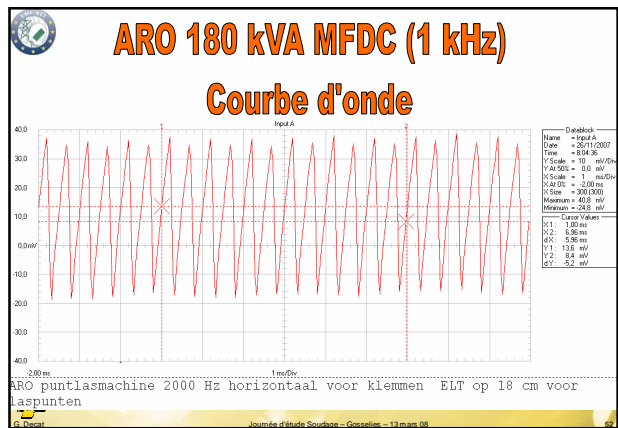
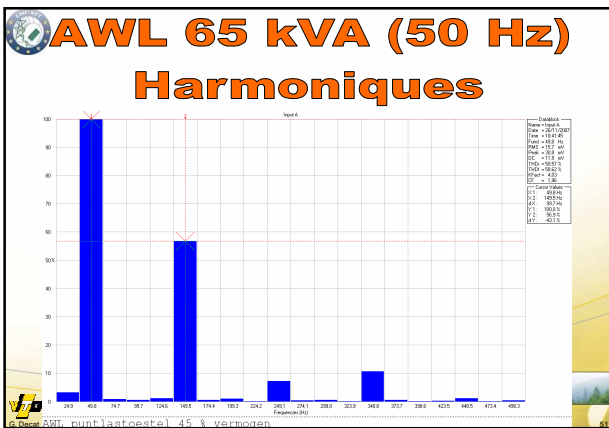
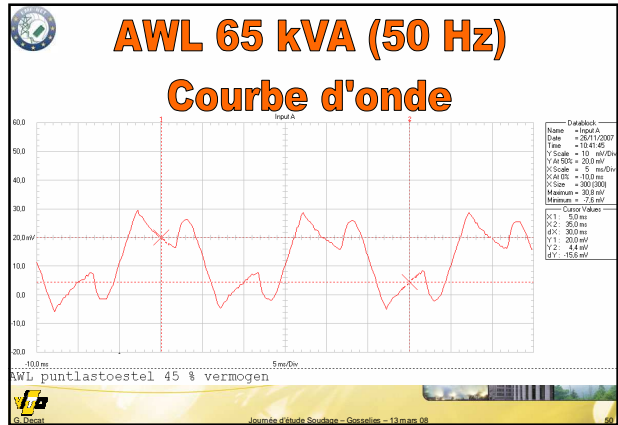




### CM DE SOUDER A L'ARC VOLTAIQUE

MACHINE A SOUDAGE	Afst. kabel (cm)	RESULTATS			J(mA/m²) en % van 10 mA/m²				
		WIDE BAND CM		Σ v.a.v. 1	COU	TETE	TORSE: diamètre du boucle de courant		
		µT	% v. AW				40cm	60cm	80cm
Fronius Magic wave 2600	0	533	107	8,66	0,336	0,218	0,672	1,008	1,345
	10	296	59	4,55	0,185	0,120	0,371	0,556	0,741
	20	209	42	3,23	0,132	0,086	0,264	0,396	0,528
Morelisse Weldboy E-401	0	455	91	1,42	0,909	1,398	2,796	4,194	5,592
	10	236	47	0,83					
	20	172	34	0,61					






### CM DE SOUDER A POINTS


Distance au électrode	CM (μT)	Surface boucle de courant ⇒	J (mA/m <sup>2</sup> )		
			Tête	Cou	Torse
			60 cm	40 cm	100 cm
5 cm	145	mA/m <sup>2</sup> ⇒	17,4	11,6	29,0
10 cm	92	mA/m <sup>2</sup> ⇒	11,0	7,4	18,4
20 cm	27	mA/m <sup>2</sup> ⇒	3,2	2,2	5,4
40 cm	8	mA/m <sup>2</sup> ⇒	1,0	0,6	1,6

MATUSCHEK 32 kVA HFDC 20 kHz: Puls: 200 ms; Puissance: 45%; I: 7.9 kA  
Restriction de base: 10 mA/m<sup>2</sup>




## CONCLUSIONS GENERALES

- VALEURS D'ACTION SOUVENT DEPASSEES PAR SOUDAGE A L'ARC VOLTAIQUE ET DE POINTS
- **RESTRICTION DE BASE UNIQUEMENT DEPASSEE PAR LE SOUDAGE DE POINTS AVEC MACHINE A 20 kHz ⇒ MESURES DE PROTECTION A PRENDRE**
- J (mA/m<sup>2</sup>) CALCULE AVEC MODELE SIMPLE
- BONNE CONCORDANCE ENTRE MODELE SIMPLE ET COMPLIQUE
- GRANDE INCERTITUDE ASSOCIEE AVEC MODELISATION DU COURANT INDUIT
- DIRECTIVE 2004/40/EC REMIS A 2012




G. Decat Journé d'étude Soudage – Gosseles – 13 mars 08 66



## CONCLUSION PAR PROCESSUS DE SOUDAGE

- MIG ⇒ Valeur d'ACTION < CM < Restriction de BASE
- Electrode couverte DC ⇒ CM < V. d'action
- Electrode couverte AC ⇒ V. ACTION < CM < R. BASE
- TIG - DC ⇒ CM < V. d'action
  - AC & 1000 Hz ⇒ V. ACTION < CM < R.BASE
- Soudage de points:
  - 50 Hz ⇒ Valeur d'ACTION < CM < Restriction de BASE
  - 1 kHz ⇒ Valeur d'ACTION < CM < Restriction de BASE
  - 20 kHz CM > 10 mA/m<sup>2</sup>



G. Decat Journé d'étude Soudage – Gosseles – 13 mars 08 67



## RESULTATS DETAILLES DANS LE RAPPORT: Prenormatif en collectief onderzoeksproject

**Meten en evalueren van de blootstelling van lassers aan elektromagnetische velden in het kader van de nieuwe Europese EMF-richtlijn 2004/40/EC**

- Kurt Broeckx: Belgisch Instituut voor Lastechniek, Gent, België
- Gilbert Decat, Leo Deckx, Guy Meynen: VITO, Mol, België
- Marijn Casteels, Patrick Van Rymenant: De Nayer Instituut, Mechelen, België
- Kjell Hanson Mild: Umeå university, Umeå, Sweden



G. Decat Journé d'étude Soudage – Gosseles – 13 mars 08 67