

DATA CENTER

Rue du Maréchal Devaux, 91550 Paray Vieille Poste

Impacts électromagnétiques courants forts 50Hz

Modélisation des technologies 225KV - Câbles & Transformateurs

Modélisation des technologies HTA - Câbles & Transformateurs

Expertise réalisée : Analyses par Modélisation électromagnétique - prédictions
Mesures réalisées le : Non applicable
Donneur d'ordres : Mr Fabrice Dourlens - Responsable de Projets - HINES
Contact Technique : Mme Sandrine Chauveau - Directrice de Projet - EGIS
Rapport réalisé le : 07/07/2025
Localisation du projet : Rue Charles Devaux 91150 Paray Vieille Poste

Edition	Date	Modifications	Rédaction	Approbation
Rapport	07/07/2025	Edition Ajout de la liaison HTA ENEDIS vers Data Center	G. Grandpierre 	E. Grandpierre 
	03/11/2025	Modifications de la puissance des transformateurs (3150kVA) dans les Data Centers		

Devis DC2114

Remerciements : Nous remercions Mme Sandrine Chauveau - EGIS pour son aide à la collecte des informations et documents techniques.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 1 de 28

Sommaire

	Page
1 introduction	4
2 legislations: referentiels utiliseS.....	5
2.1 Limites de l'exposition électromagnétique dans le domaine du Public	6
2.2 Législation dans le domaine des travailleurs.....	7
2.2.1 Champ magnétique 50Hz.....	7
2.3 Tableau de synthèse de la nouvelle législation pour les travailleurs.....	8
3 VALEURS LIMITES d'EXPOSITION utilisées dans cette etude	9
4 Contenu de l'instruction du 15 Avril 2013	10
4.1 Unités utilisées	11
5 Loi de décroissance du champ d'induction magnétique & comparaison	11
6 technologies utilisées dans les DATA center	12
7 Exigences d'émissivité & d'immunité aux rayonnements 50Hz dans un Data Center, thématique de la compatibilité électromagnétique	13
7.1 Rayonnements des groupes électrogènes.....	13
7.2 La norme EN61000-6-2 est utilisée pour l'Immunité.....	13
7.1 La norme EN61000-6-4 est utilisée pour l'émissivité	13
8 LOI de cumul des différents rayonnements.....	15
8.1 Non-cumul des rayonnements électromagnétiques de natures différentes	15
9 REALISATION de L'EXPERTISE : CONDITIONS.....	16
9.1 Paramètres de la détermination de l'exposition électromagnétique	16
10 Courants forts HTB (225kV) & HTA (22kV)	17
11 Rayonnements en champ magnétique 50Hz en provenance de la Sous Station et des câbles HTA dans le Data center	18
11.1 Sous Station et Data center (câbles HTA) présentation des rayonnements en courbes iso rayonnées. 18	
11.2 Sous Station présentation des rayonnements en surfaces iso rayonnées	19
12 Rayonnements en champ magnétique 50Hz en provenance des transformateurs 22kV dans le Data Center 20	
12.1 Représentation des valeurs en périmètres isorayonnés au R+1.	20
12.1 Représentation des valeurs en Surfaces isorayonnés au R+1, avec distances	21
12.2 Représentation des valeurs en Périmètre iso-rayonnées au R+1 3D	22
13 conclusion	23
14 Signalétique obligatoire aux accès des locaux courants forts	26
15 REFERENTIELS TECHNIQUES ET NORMATIFS	27
17 comment nous joindre	28

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 2 de 28

Demandeur :

- Mr Fabrice Dourlens - Responsable de Projets - HINES
- Origine de la demande : Email de demande du 24 Janvier 2025 de la part de Mr Dourlens
- Historique : modifications de la puissance des transformateurs 22kV à 3150KVA

Responsabilité des modélisations :

- Mr Georges Grandpierre - Responsable Technique Mantenna
- Mr Emmanuel Grandpierre - Ingénieur d'études Mantenna
- Mr Adrien Falcoz - Université de Cachan

Pièces principales fournies par le client :

 9-1 Plans sous-station HTA_HTB - RDC	04/06/2025 10:42	PDF-XChange Viewer D...	2 304 Ko
 9-3 NOUSE Coupes sur sous-station HTA_HTB	04/06/2025 10:42	PDF-XChange Viewer D...	1 099 Ko
 2025 03 20 sous station	04/06/2025 10:42	Présentation Microsoft ...	1 160 Ko
 DC HINES PARAY _ Maquettage CFO -APS - 11 06 2026	11/06/2025 10:15	PDF-XChange Viewer D...	215 Ko
 DC HINES PARAY _ SYN-HT-BT simplifié 11 06 2026	11/06/2025 10:15	PDF-XChange Viewer D...	158 Ko
 M. Bernard Cazerres.msg	04/06/2025 10:44	Outlook.File.msg.15	23 Ko
 M. Sandrine Chauveaux.msg	04/06/2025 10:44	Outlook.File.msg.15	23 Ko
 NAVA Eric.msg	04/06/2025 10:44	Outlook.File.msg.15	23 Ko
 NOUSE DC PARAY - HINES - Note générale vdef	25/03/2025 08:59	PDF-XChange Viewer D...	355 Ko
 NOUSE Paray- Demandes d'agrément_ 20240109	25/03/2025 08:59	PDF-XChange Viewer D...	18 513 Ko
 PAR-PC1-EGI-RTE-TNX-TTZ-NOT-9010-A - Note description générale de la sous-station	04/06/2025 18:28	Document Microsoft W...	9 453 Ko
 PAR-PC1-EGI-RTE-TNX-TTZ-PLN-9000-A-Plan de la sous-station HTA HTB 1er Etage	04/06/2025 18:28	PDF-XChange Viewer D...	9 Ko
 PAR-PC1-EGI-RTE-TNX-TTZ-PLN-9000-A-Plan de la sous-station HTA HTB Phase 1	04/06/2025 18:28	PDF-XChange Viewer D...	17 Ko
 PAR-PC1-EGI-RTE-TNX-TTZ-PLN-9000-A-Plan de la sous-station HTA HTB RDC	04/06/2025 18:28	PDF-XChange Viewer D...	72 Ko
 PAR-PC1-EGI-RTE-TNX-TTZ-PLN-9000-A-Plan de la sous-station HTA HTB Vide sanitaire	04/06/2025 18:28	PDF-XChange Viewer D...	8 Ko
 Réhabilitation RIE-étude faisabilité-20250313	25/03/2025 08:58	PDF-XChange Viewer D...	3 584 Ko

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 3 de 28

1 INTRODUCTION

Dans le cadre d'une autorisation environnementale, une étude des impacts électromagnétiques a été menée à la demande de la société HINES sur un projet constitué d'un **Data Center** rue du Maréchal Devaux à Paray Vieille Poste 91550.

Ce Data Center utilise de l'énergie 50Hz qui est fourni par deux câbles 225KV qui vont arriver à une sous station de transformation constituée de 2 transformateurs de puissance.

L'énergie issue de la sous station est ensuite transformée en une tension abaissée à 22KV puis 0.4KV.

L'objet de cette étude est de réalisé par « modélisations électromagnétiques », en utilisant un logiciel des plus puissants sur le marché mondial, les impacts des rayonnements générés par les courants forts autour des différents câbles enterrés et transformateurs de puissance.

Les référentiels utilisés pour évaluer les risques électromagnétiques sont ceux de la législation française dans le domaine du Public, dans le domaine des travailleurs mais également celles de recommandations européennes en vigueur. On évoque ici l'exposition humaine aux ondes. Les résultats seront envoyés et analysés à une ou des entités environnementales gouvernementales pour vérifier que les études ont bien été faites et les résultats compatibles avec l'exposition humaine. Les risques sanitaires sont ainsi analysés ainsi que les valeurs d'exposition électromagnétique dites « Préventives » en cas de longues expositions aux ondes au quotidien.

L'actualisation de cette étude a été réalisée à la demande de la société HINES en passant la puissance des transformateurs 22kV, 15 par étages, à 3150kVA.

On note que tous les étages RDC, R+1 et R+2 sont implémentés à l'identique.

Une nouvelle modélisation électromagnétique a été réalisée à cet effet.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 4 de 28

2 LEGISLATIONS: REFERENTIELS UTILISES

Législations dans le domaine du Public

- **Arrêté du 17 mai 2001** fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les réseaux de distribution électrique JO n° 134 du 12 Juin 2001
- Recommandation européenne ICNIRP **1999/519/CE pour le public**
- Comparer les niveaux de rayonnements par rapport au **décret 2002-775 du 3 mai 2002** qui fixe les valeurs limite de rayonnements à ne pas dépasser
- Recommandations (exposition pour les porteurs d'implants et les femmes enceintes), document INRS daté du 3eme Trimestre **2006/204/28**.

Recommandations pour définir les Zones d'impacts électromagnétiques sur le projet et en périphérie du projet

- Les valeurs mesurées sont comparées aux recommandations du **CIRC** (Centre International de Recherche sur le Cancer) pour les basses fréquences (**0,4 μ Tesla à la fréquence du réseau**)

Législations dans le domaine des travailleurs

- **Décret 2016-1074** du 3 Août 2016 (décliné par rapport à la directive européenne 2004/40/CE) concernant les prescriptions minimales de sécurité et de sante relatives à **l'exposition des travailleurs** aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques).

Instruction du 15 Avril 2013

Cette instruction est relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transports d'électricité. Elle pointe du doigt les impacts électromagnétiques basses fréquences 50Hz avec un focus particulier sur le champ magnétique. Cette instruction est très protectrice pour les humains et tout particulièrement pour les zones où vivent les personnes les plus sensibles, école, lycées, zone de vie en très longue exposition. Le champ magnétique on le sait affecte le métabolisme humain en induisant de la fatigue, la difficulté de récupération, le fractionnement de la mélatonine (hormone du sommeil). Il faut donc une grande vigilance à connaître, gérer son exposition aux ondes.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 5 de 28

2.1 Limites de l'exposition électromagnétique dans le domaine du Public

TABLEAU VII NIVEAUX DE RÉFÉRENCE POUR L'EXPOSITION DE LA POPULATION GÉNÉRALE À DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES ALTERNATIFS (VALEURS RMS EN CONDITIONS NON PERTURBÉES) (*) <i>- REFERENCE LEVELS FOR GENERAL PUBLIC EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (UNPERTURBED RMS VALUES)</i>				
DOMAINE DE FRÉQUENCES	INTENSITÉ DE CHAMP E (V.m ⁻¹)	INTENSITÉ DE CHAMP H (A.m ⁻¹)	CHAMP B (μT)	DENSITÉ DE PUISSANCE DE L'ONDE PLANE ÉQUIVALENTE Seq (W.m ⁻²)
jusqu'à 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-
1 - 8 Hz	10 000	3,2 x 10 ⁴ / f ²	4 x 10 ⁴ / f ²	-
8 - 25 Hz	10 000	4 000 / f	5 000 / f	-
0,025 - 0,8 kHz	250 / f	4 / f	5 / f	-
0,8 - 3 kHz	250 / f	5	6,25	-
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73 / f	0,92 / f	-
1 - 10 MHz	87 / f ^{1/2}	0,73 / f	0,92 / f	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2 000 MHz	1,375 f ^{1/2}	0,0037 f ^{1/2}	0,0046 f ^{1/2}	f / 200
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Les mesures et les résultats de mesures sont comparées aux documents de références suivant :

- Recommandation **1999/519/CE** du **12 juillet 1999** du Conseil des Communautés Européennes relatives à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (**0 Hz à 300 GHz**).
Exemple à **50Hz** cela donne : (5/f soit 5/0.05= **100 micro-Tesla** ou **1000 milli Gauss** ou **1 Gauss**).
- Décret n° **2002-775** du **3 mai 2002** pris en application du 12 de l'article L.32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 6 de 28

2.2 Législation dans le domaine des travailleurs

Une législation basée sur une directive européenne (2013/35/UE) et traduite en décret français 2016-1074 du 3 Août 2016, elle est **obligatoire depuis le 1^{er} janvier 2017**.

A cette date du 1^{er} janvier 2017 les entreprises ont obligation de réaliser ou de faire réaliser les analyses de « l'environnement électromagnétique » dont les résultats seront consignés dans le Document Unique d'Entreprise.

2.2.1 Champ magnétique 50Hz

VA : Valeurs Déclenchant l'Action pour le corps humain (à la surface de la peau)

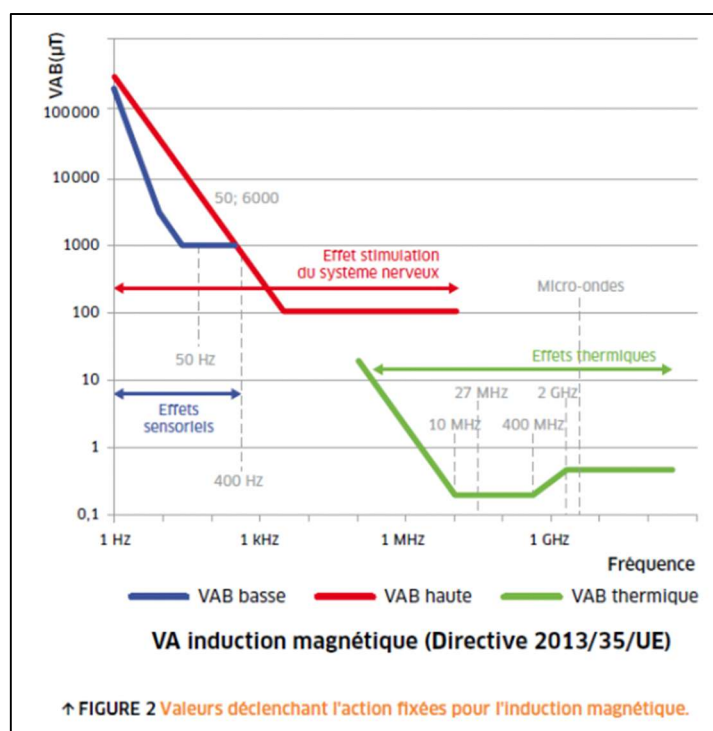
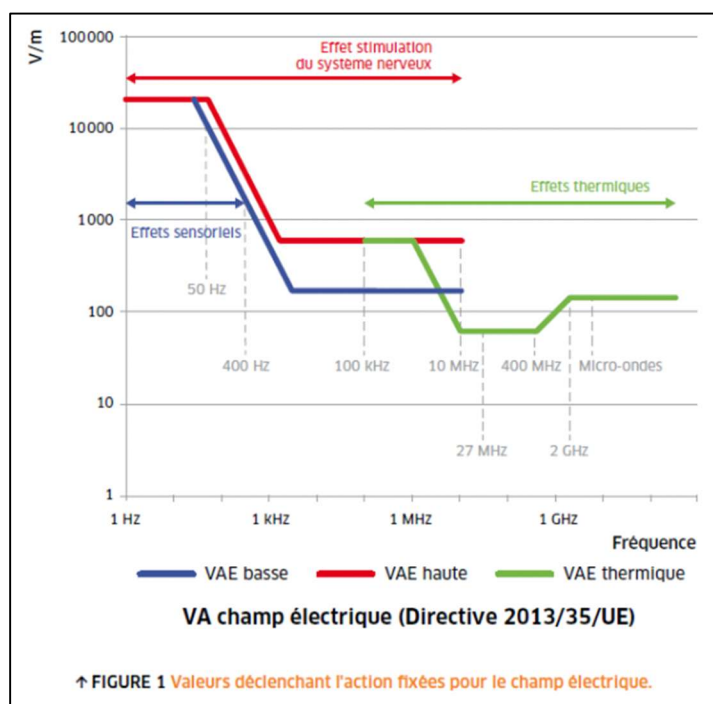
$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
------------------------------	-------------------	---------------------	---------------------

A 50Hz cela donne un champ d'induction magnétique de :

- 1×10^3 soit 1000 = **1000 μ T (1 milli Tesla)** pour les VA(B) basses, lié aux **effets sensoriels**.
- $3 \times 10^5/f$ (avec $f = 50\text{Hz}$) soit 300000 = **6000 μ T (6 milli Tesla)** pour les VA(B) hautes, lié aux **effets nocifs pour la santé**.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 7 de 28

2.3 Tableau de synthèse de la nouvelle législation pour les travailleurs



On note des zones du graphe dont les valeurs ont un impact sur le système nerveux de l'humain avec des effets sensoriels et des effets thermiques associés.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 8 de 28

3 VALEURS LIMITES D'EXPOSITION UTILISEES DANS CETTE ETUDE

Domaines des Basses Fréquences (1Hz à 100KHz) :

La législation qui fixe les valeurs à ne pas dépasser a été établie en regard des risques sanitaires. Les valeurs mesurées doivent être inférieures à la limite la plus basse (**100 μ T** ou **1000 milli Gauss**). Si les valeurs mesurées ou calculées sont inférieures à ce seuil, les risques sont considérés comme « **sans danger pour l'humain** » dans le domaine public (anciennement AFFSET, nouvellement ANSES, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire).

Pour les personnes définies comme étant « **personnes à risques particuliers** » par cette nouvelle législation, les valeurs de champ d'induction magnétique à ne pas dépasser sont de **500 μ T** ou **5000 milli Gauss**. Ces personnes à « **risques particuliers** » sont les porteurs d'implants médicaux (défibrillateur, pacemaker...), les femmes enceintes, les jeunes de 18ans et moins.

Les calculs réalisés avec un logiciel spécifique seront traduits par des zones iso-rayonnées de couleurs, on obtient ainsi une représentation du champ magnétique 50Hz en décroissance avec la distance, à partir de la source (transformateurs, armoires TGBTs, câbles de puissance...etc).

Pour information, les valeurs à risques sanitaires se trouvent à des distances très proches des objets rayonnants, parfois à quelques dizaines de centimètres, très rarement à plusieurs mètres.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 9 de 28

4 CONTENU DE L'INSTRUCTION DU 15 AVRIL 2013

Extrait du texte de l'instruction

Au vu des éléments disponibles sur l'évaluation des risques, sur lesquels pèsent de fortes incertitudes, et sur les enjeux économiques, vous recommanderez aux collectivités territoriales et aux autorités en charge de la délivrance des permis de construire, d'éviter, dans la mesure du possible, de décider ou d'autoriser l'implantation de nouveaux établissements sensibles (hôpitaux, maternités, établissements accueillant des enfants tels que crèches, maternelles, écoles primaires, etc.) dans les zones qui, situées à proximité d'ouvrages THT, HT, lignes aériennes, câbles souterrains et postes de transformation ou jeux de barres, sont exposées à un champ magnétique de plus de $1 \mu\text{T}$, cette valeur, appliquée en bordure de zone de prudence, apparaissant globalement compatible avec la valeur d'exposition permanente des occupants de bâtiments sensibles de $0,4 \mu\text{T}$ proposée par l'avis de l'ANSES.

En prévention d'une exposition électromagnétique en long termes, la valeur repère de $0.4\mu\text{Tesla}$ est prise en référence durant la vie d'un humain qui serait exposé aux rayonnements 50Hz.

C'est cette valeur de rayonnement qui est pris en considération par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer basé à Lyon), l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) et également les Certifications environnementale HQE dont les valeurs sont fixées par CERTIVEA.

Les organismes environnementaux tels la DRIEAT, L'ARS. Sur ce projet de DATA CENTER c'est La MRAE qui recommandent une vigilance et une compréhension des champs électromagnétiques générés par les courants forts.

C'est cette valeur préventive repère de $0.4\mu\text{Tesla}$, qui sert de référence dans cette étude d'impacts électromagnétiques.

Pour des raisons de compréhension l'exploration des champs magnétiques a été parfois poussée jusqu'à la valeur de $0.2\mu\text{Tesla}$

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 10 de 28

4.1 Unités utilisées

La force des rayonnements électromagnétiques est définie par le champ électrique et le champ d'induction magnétique.

Le champ électrique 50Hz est exprimé en Volts par mètre (**V/m**), il est facilement bloqué par des obstacles tels les matériaux, le bois, le béton, le plastique et également les vêtements.

Le champ d'induction magnétique 50Hz est exprimé en **Gauss ou Tesla**, il est très intrusif dans la matière, peu de matériau le bloque sauf certains alliages spécifiques.

Le champ d'induction magnétique est totalement intrusif dans le corps humain à 50Hz, ce qui est le cas pour tout le monde dans des situations du quotidien (domicile, travail en ville..etc) .

Pour des valeurs approchant la limite de la législation, voire de la dépasser, il induit des courants pouvant dérégler le métabolisme du corps humain, il induit des risques sanitaires et ou sensoriels selon les valeurs. Pour ces raisons l'environnement électromagnétique doit être contrôlé et géré.

5 LOI DE DECROISSANCE DU CHAMP D'INDUCTION MAGNETIQUE & COMPARAISON

Le champ magnétique ou plus exactement le champ d'induction magnétique décroît en s'éloignant de la source.

La source peut être une ligne haute tension aérienne, un câble haute tension dans un bâtiment, un câble basse tension dans un local, un tableau divisionnaire, une armoire TGBT, un transformateur HT/BT...etc

La loi de décroissance c'est-à-dire les pertes dans l'air, va dépendre de la forme de la source d'émission 50Hz. Un câble, des câbles, un transformateur réalisé à base de spires enroulés sur un circuit magnétiqueetc.

Le champ d'induction magnétique varie avec **le carré (D^2) de la distance** : câbles HT ou BT, Tableau divisionnaire...

Le champ magnétique d'induction varie avec **le cube (D^3) de la distance** : Transformateurs, spires, boucles...

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 11 de 28

6 TECHNOLOGIES UTILISEES DANS LES DATA CENTER

Rayonnements électromagnétiques dans les data centers : conformité CEM et innocuité pour l'humain

Les data centers regroupent de nombreux équipements électroniques (processeurs, cartes mémoire, alimentations, dispositifs réseau, etc.) fonctionnant en proximité immédiate. Chacun de ces dispositifs émet un certain niveau de rayonnement électromagnétique, inhérent à leur fonctionnement. Pour éviter toute perturbation entre équipements voisins, ces matériels sont conçus et qualifiés selon des normes de **compatibilité électromagnétique (CEM)**.

Parmi les normes les plus couramment appliquées figurent :

- **EN 55032** (correspondant à CISPR 32), qui fixe les limites d'émission électromagnétique pour les équipements multimédia,
- **EN 55024** (CISPR 24), qui définit les critères d'immunité pour les équipements informatiques,
- **EN 61000-4-3**, qui décrit les méthodes d'essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés.

Ces normes permettent de garantir que les équipements n'émettent pas de perturbations nuisibles, et qu'ils sont capables de fonctionner sans défaillance dans un environnement électromagnétique raisonnable.

Sur le plan sanitaire, **les niveaux de rayonnement émis par ces matériels sont extrêmement faibles, de l'ordre de quelques microvolts par mètre à courte distance**, et restent **très largement inférieurs aux seuils réglementaires de sécurité pour l'exposition humaine, tels que définis par l'ICNIRP (Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants) ou par l'ANSES** en France. Il n'existe donc aucun risque pour le personnel travaillant dans ou à proximité des infrastructures informatiques, les puissances rayonnées étant très éloignées des valeurs considérées comme potentiellement dangereuses pour la santé.

On retient l'essentiel

Les rayonnements des matériels des Data Center sont de l'ordre de quelques **micro volts (millionième de volt)** par mètre qui sont à comparer avec des rayonnements non ionisants des **téléphones portables** qui sont par exemple de **plusieurs volts par mètre en usage**.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 12 de 28

7 EXIGENCES D'EMISSIVITE & D'IMMUNITE AUX RAYONNEMENTS 50HZ DANS UN DATA CENTER, THEMATIQUE DE LA COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE

7.1 Rayonnements des groupes électrogènes

Dans la thématique de la Compatibilité électromagnétique, vis-à-vis des matériels des cartes utilisées (processeurs, mémoires, routeurs, cartes optoélectroniques, traitement numérique du signal...).

7.2 La norme EN61000-6-2 est utilisée pour l'Immunité

Dans la norme d'immunité CEM EN 61000-6-2, qui s'applique aux environnements industriels, la valeur de champ magnétique à 50 Hz spécifiée pour les essais d'immunité est :

- 30 A/m (ampères par mètre) à 50 Hz
- Ce test est réalisé selon la norme EN 61000-4-8, qui est la norme de base pour l'immunité aux champs magnétiques à basse fréquence.
- La valeur de 30 A/m est appliquée de façon continue, simulant l'environnement électromagnétique typique d'une installation industrielle.

Cela correspond à un champ magnétique de 37,7 μ T (microteslas)

7.1 La norme EN61000-6-4 est utilisée pour l'émissivité

Les groupes électrogènes, les onduleurs sont qualifiés en émissivité (propriétés d'émettre des rayonnements électromagnétique) par la norme EN 61000-6-4.

En Susceptibilité électromagnétique c'est la norme EN 61000-6-2 qui définit ce paramètre (le fait que cette technologie ne doit pas recevoir de champs électromagnétiques forts).

La norme d'émissivité EN 61000-6-4 définit une plage de fréquence de 30MHz à 1GHz en champs rayonnés aériens:

Nota : on remarque que la fréquence 50Hz n'est pas mentionnée. !

ainsi on a en émissivité aérienne:

30 à 230 MHz : 40 dB(μ V/m) à 10 mètres

230 à 1000 MHz : 47 dB(μ V/m) à 10 mètres

Nota : on remarque que **le rayonnement aérien 50Hz n'est pas défini**, c'est que l'on constate chaque fois que l'on mesure un groupe électrogène à les mesures réalisées à 1.50 montrent l'absence de rayonnements supérieur à 0.4 micro Tesla).

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 13 de 28

Ainsi on a en émissivité conduite (par les câbles),

150 kHz à 500 kHz : 79 dB(μV) décroissant à 73 dB(μV)

500 kHz à 30 MHz : 73 dB(μV) constant

Sauf incident, pour les groupes électrogènes on note que leur activation se fait un temps très court dans l'année, pour vérification ou maintenance. En moyenne on est à environ 20 à 40H pour une année de 8760 Heures, soit une activation de l'ordre de moins de 0.4%.

Pour ces raisons majeures de très faibles disponibilités les rayonnements 50Hz ne sont pas considérés dans cette étude (machines et câbles compris).

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 14 de 28

8 LOI DE CUMUL DES DIFFERENTS RAYONNEMENTS

8.1 Non-cumul des rayonnements électromagnétiques de natures différentes

Dans le cadre de l'analyse des expositions électromagnétiques, il est fréquent d'identifier plusieurs sources issues de technologies variées : alimentation électrique (50 Hz), téléphonie mobile (900 MHz à plusieurs GHz), équipements informatiques, Wi-Fi, etc. Il est tentant, à tort, de vouloir additionner directement les niveaux de champ émis par ces différentes sources pour en déduire une exposition cumulée.

Cependant, **les rayonnements électromagnétiques ne se cumulent pas de manière arithmétique lorsqu'ils appartiennent à des gammes de fréquences distinctes**. Chaque fréquence interagit différemment avec l'environnement et le corps humain, et les seuils réglementaires d'exposition sont définis **par bande de fréquence**, avec des critères spécifiques adaptés aux mécanismes biologiques potentiels associés à chaque plage.

Par exemple, un champ magnétique à 50 Hz (basse fréquence) ne peut être cumulé directement avec une onde électromagnétique de 2,6 GHz (bande 4G), car :

- ils ne pénètrent pas de la même manière dans les tissus ;
- ils ne provoquent pas les mêmes effets physiques ou biologiques ;
- ils sont mesurés avec des instruments et des protocoles distincts.

Il faut savoir que les rayonnements électromagnétiques principaux des cartes électroniques utilisées dans les DATA CENTER sont ceux des processeurs très hautes fréquences (plusieurs giga Hertz), des horloges numériques, des traitements numériques du signal (environ 1V à très hautes fréquences jusqu'à 10Gbit/s par exemple).

Les normes internationales (comme celles de l'ICNIRP) imposent donc une analyse par bande de fréquence, avec une évaluation relative à chaque seuil correspondant, souvent exprimée en pourcentage de la limite admissible pour chaque bande.

En conclusion, **la superposition de plusieurs sources ne peut être considérée comme un simple cumul** ; elle nécessite une **analyse spectrale différenciée**, respectant les spécificités physiques et réglementaires de chaque fréquence. Pour la fréquence 50Hz en provenance de différentes technologies courants forts (transformateurs 225kV, transformateurs 22kV, câbles 225kV enterrés, câbles 22kV enterrés, Système GIS (switchs)..) la loi de cumul a été appliquée pour ce projet.

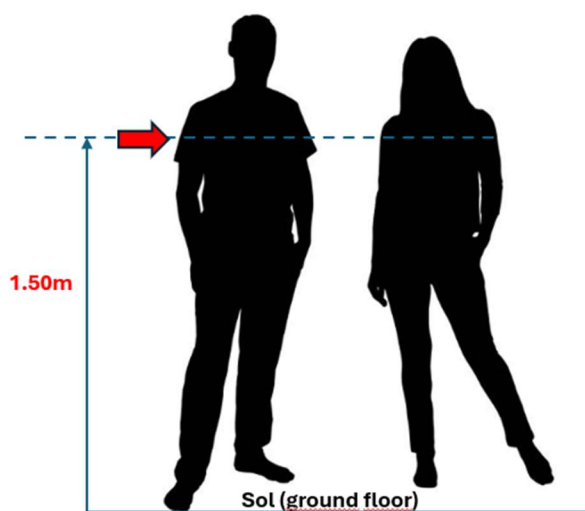
MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 15 de 28

9 REALISATION DE L'EXPERTISE : CONDITIONS

9.1 Paramètres de la détermination de l'exposition électromagnétique

- **1.50m** correspondant au thorax d'un humain se tenant debout

Hauteur des calculs du champ d'induction magnétique



MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 16 de 28

10 COURANTS FORTS HTB (225KV) & HTA (22KV)

Puissances utilisées pour la modélisation :

- Charge Maximale transformateur 225kV/22KV : **80 MVA**
- Charge Maximale transformateur 22kV/0.415KV : **3.15 MVA**

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 17 de 28

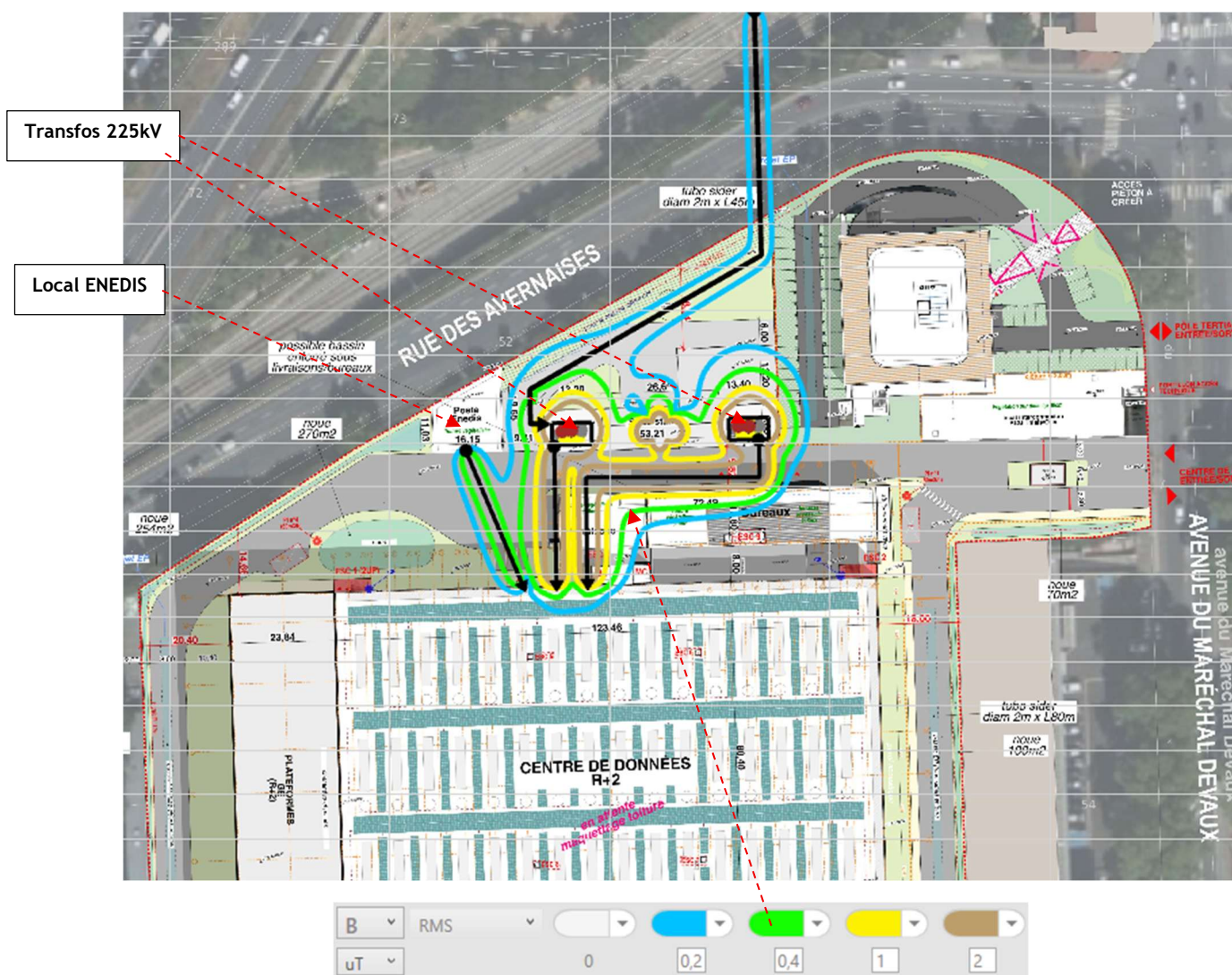
11 RAYONNEMENTS EN CHAMP MAGNETIQUE 50HZ EN PROVENANCE DE LA SOUS STATION ET DES CABLES HTA DANS LE DATA CENTER

11.1 Sous Station et Data center (câbles HTA) présentation des rayonnements en courbes iso rayonnées

La représentation montre les courbes iso rayonnées. Par exemple **les courbes vertes** montrent un périmètre dont la valeur limite est à 0.4 micro Tesla, à l'intérieur de cette limite, les champs ont des valeurs supérieures.

Dans cette présentation on a le cumul des rayonnements 50Hz :

- Les 2 transformateurs 225kV à pleine puissance
- Les systèmes GIS
- Les câbles enterrés d'arrivées 225kV
- Les câbles enterrés HTA en provenance de la sous station et du local Enedis

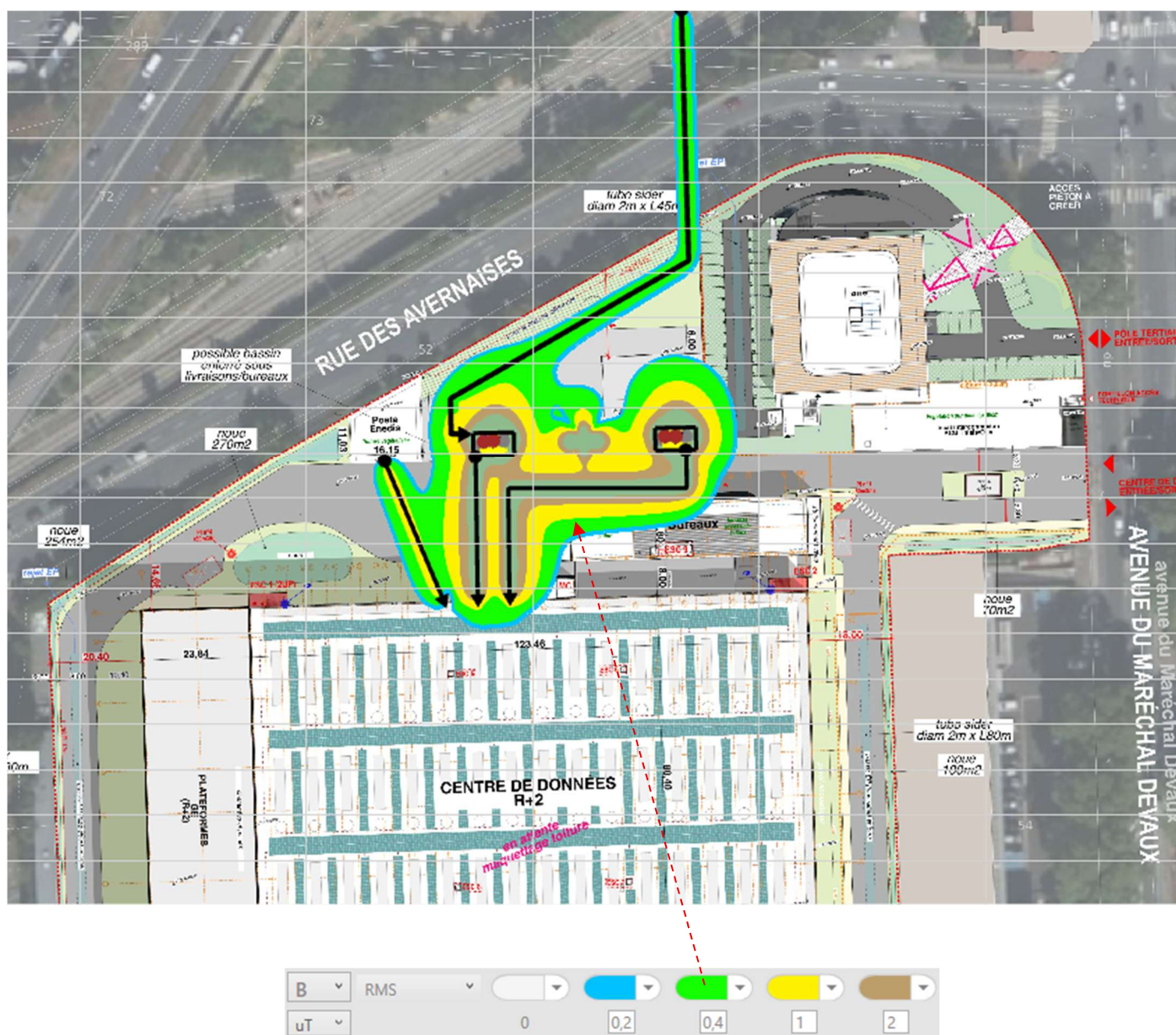


MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 18 de 28

11.2 Sous Station présentation des rayonnements en surfaces iso rayonnées

Dans cette présentation on a le cumul des rayonnements 50Hz :

- Les 2 transformateurs 225kV à pleine puissance
- Les systèmes GIS
- Les câbles enterrés d'arrivées 225kV
- Les câbles enterrés HTA en provenance de la sous station et du local Enedis

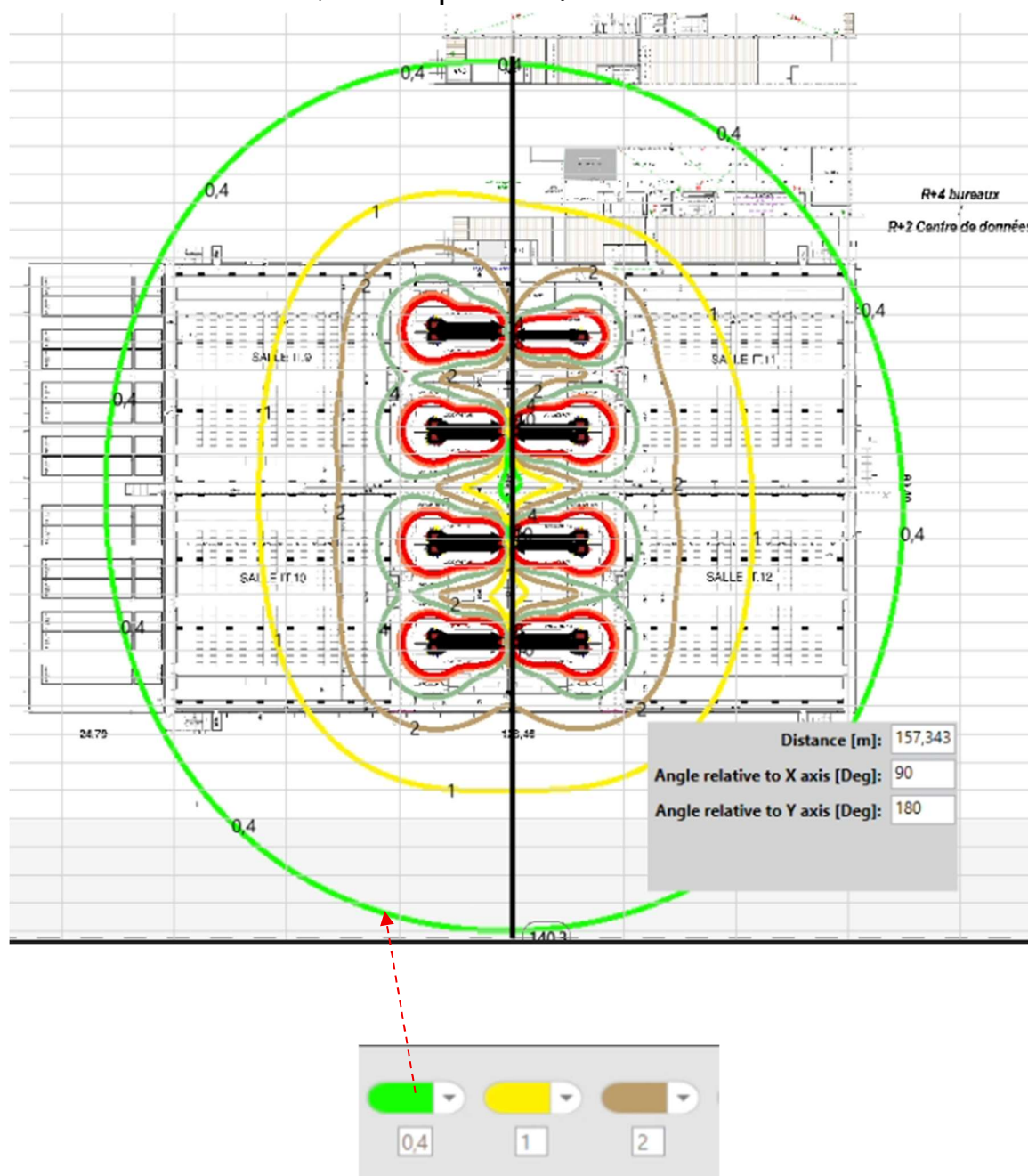


MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 19 de 28

12 RAYONNEMENTS EN CHAMP MAGNETIQUE 50HZ EN PROVENANCE DES TRANSFORMATEURS 22KV DANS LE DATA CENTER

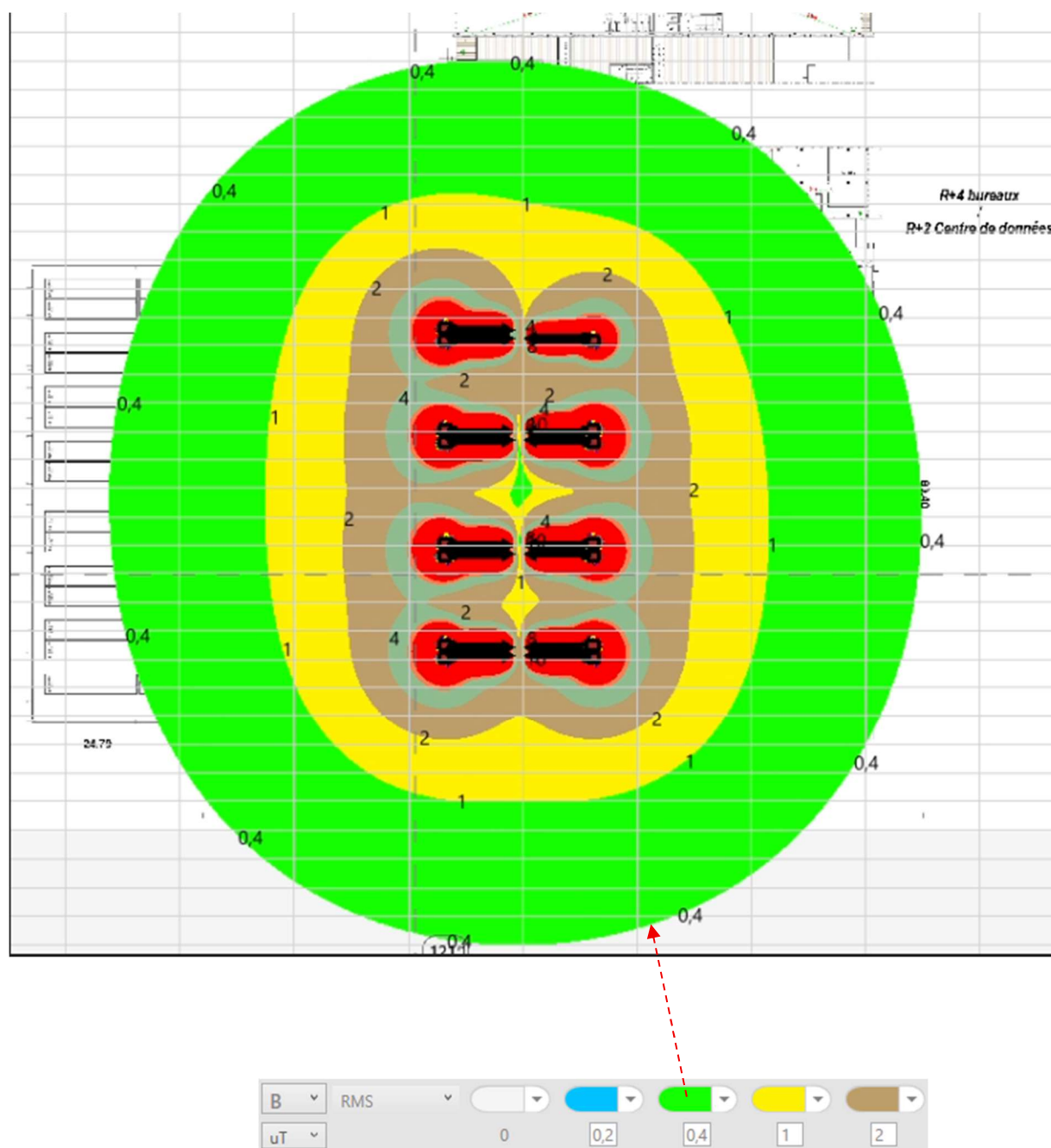
12.1 Représentation des valeurs en périmètres isorayonnés au R+1.

Les transformateurs de 3150KVA sont représentés.



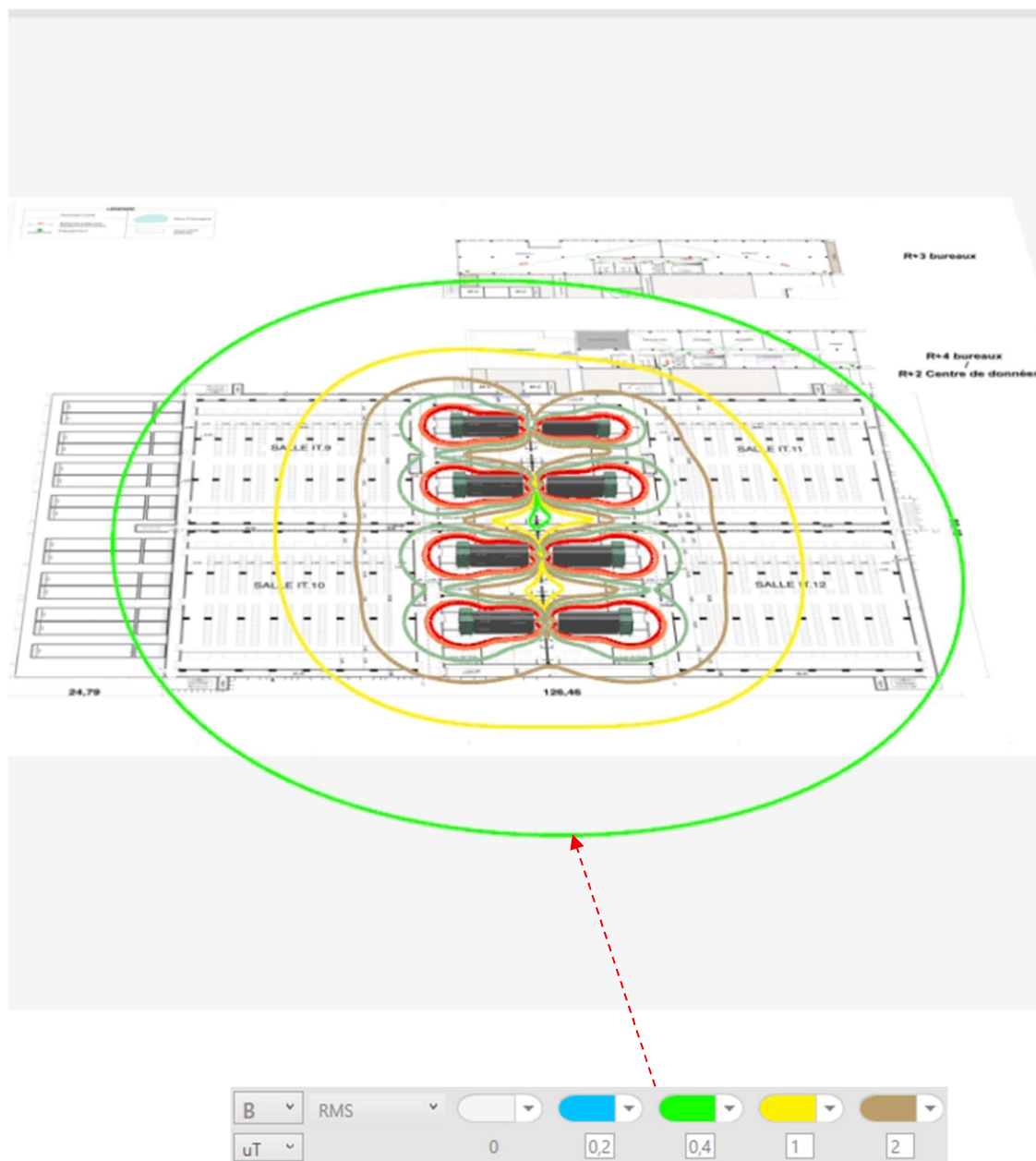
MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 20 de 28

12.1 Représentation des valeurs en Surfaces isorayonnées au R+1, avec distances



MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 21 de 28

12.2 Représentation des valeurs en Périmètre iso-rayonnées au R+1 3D



MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 22 de 28

13 CONCLUSION

Dans le cadre d'une autorisation environnementale, une étude des impacts électromagnétiques a été menée à la demande de la société HINES sur un projet constitué d'un **Data Center** rue du Maréchal Devaux à Paray Vieille Poste 91550.

Ce Data Center utilise de l'énergie 50Hz qui est fourni par deux câbles 225KV qui vont arriver à une sous station de transformation constituée de 2 transformateurs de puissance.

L'énergie issue de la sous station est ensuite transformée en une tension abaissée à 22KV puis 0.4KV. le Local Enedis fourni également une tension HTA vers le Data Center.

Les transformateurs sont implémentés en quantité et en positionnements à chaque étage, RDC, R+1 et R+2. **Cette nouvelle modélisation intègre des transformateurs de puissance 3150kVA.** Les diagrammes de rayonnements électromagnétiques ont donc été recalculés avec 0.4 micro Tesla.

L'objet de cette étude est de réaliser par « modélisations électromagnétiques », en utilisant un logiciel des plus puissants sur le marché mondial, les impacts des rayonnements générés par les courants forts autour des différents câbles enterrés et transformateurs de puissance.

Cette étude est basée sur l'utilisation de modèles technologiques de câbles de puissance, de transformateurs. Le logiciel utilisé est réputé pour modèles technologiques performants, les simulations réalisées sont vérifiées par des campagnes de mesures afin d'établir une cohérence, ce qui a été fait sur de très nombreux projets dans le monde, ce qui valide les modèles utilisés.

Les référentiels utilisés pour évaluer les risques électromagnétiques sont ceux de la législation française dans le domaine du Public, dans le domaine des travailleurs mais également celles de recommandations européennes en vigueur. On évoque ici l'exposition humaine aux ondes.

Impacts électromagnétiques des rayonnements des câbles enterrés 225kV et 22kV

A 1.50m du sol (hauteur du thorax moyenne d'un humain) à la verticale des câbles enterrés, **aucun risque sanitaire, les valeurs ne dépassent jamais la valeur** repère de 100 micro Tesla (décret 2002/775 du 3 mai 2002).

Impacts des rayonnements électromagnétiques des transformateurs de puissance 225KV et 22KV (3150kVA)

Pas de risques sanitaire à l'extérieur de la sous-station qui accueille 2 transformateurs de puissance 225kV.

Des risques sanitaires à l'intérieur de la sous-station, pour cette raison majeure comme les courants peuvent largement dépasser 100A/phase ces locaux doivent être **accessibles sous habilitation** et **interdite aux porteurs d'implants actifs médicaux (DMIA).**

Pas de risques sanitaire à l'extérieur des locaux de transformation 22KV

Des risques sanitaires à l'intérieur des locaux qui accueillent les transformateurs 22KV, pour cette raison majeure comme les courants peuvent largement dépasser 100A/phase ces locaux

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 23 de 28

doivent être accessibles sous habilitation et interdite aux porteurs d'implants actifs médicaux (DMIA).

Pas de risque sanitaire dans les locaux d'activités en proximité des transformateurs 22kV.

Cependant même si les valeurs de champ magnétique 50Hz respectent la législation, certains locaux (voir les tracés des courbes iso rayonnées) en proximité des transformateurs 22kV sont sous impacts électromagnétiques. Ce constat incite à des réflexions sur l'agencement des postes de travail ou de réunions pour une moindre exposition.

Cette étude électromagnétique montre qu'avec des transformateurs **22KV de 3150kVA**, les impacts électromagnétiques de valeur 0.4 micro Tesla et plus ne sortiront pas de la parcelle du DATA CENTER.

Evaluation des risques de Compatibilité électromagnétiques (CEM) à l'intérieur d'un DATA CENTER

Voir détails des explications dans les paragraphes 6, 7 et 7.1

Les matériels répondent à des normes CEM (Compatibilité électromagnétique) d'émissivité (émission de rayonnements hautes fréquences). Elles garantissent la capacité à fonctionner sans interférence.

Les rayonnements définis par toutes les normes françaises et européennes sont extrêmement faibles.

Les puissances rayonnées en hautes fréquences (voir paragraphe 5) sont de quelques centaines de **micro Volt par mètre** en **champ électrique**, ces seuils d'émissivité ne présentent aucun risque pour les humains.

Instruction du 15 Avril 2013

Cette instruction est relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transports d'électricité. Cette instruction **est très protectrice pour les humains et tout particulièrement pour les zones où vivent les personnes les plus sensibles, école, lycées, zone de vie en très longue exposition**.

Le champ magnétique, on le sait (instances sanitaires - ANSES), affecte le métabolisme humain en induisant de la fatigue, la difficulté de récupération, le fractionnement de la mélatonine (hormone du sommeil). Il faut donc une grande vigilance à connaître, gérer son exposition aux ondes en présence de réseaux courants forts (lignes aériennes, câbles, TGBT, transformateurs de puissance...etc)..

Ces rayonnements en champ magnétique 50Hz traversent facilement la matière (béton, béton armé...comme si c'était de l'air, les propriétés de ces matériaux de construction ont des propriétés magnétiques (perméabilité magnétique) quasi équivalente à l'air.

Loi de cumul des rayonnements non ionisants

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 24 de 28

Comme expliqué en détail dans les paragraphes 6 et 6.1. les rayonnements 50Hz et les rayonnements de type hautes fréquences comme ceux des processeurs dans les cartes électroniques, ne s'ajoutent pas (loi physique oblige). La superposition des rayonnements 50Hz en provenance de toutes les technologies « courants forts du Data Center ont été réalisées, exemple paragraphes 11, 11.1 et 11.2 ou on a un cumul des rayonnements 50Hz en provenance des transformateurs 225kV, des câbles d'arrivées 225kV, des systèmes GIS, des câbles de liaisons 22KV vers le Data Center.

On note :

Les rayonnements électromagnétiques 50Hz générés par la sous station de puissance approchent le bâtiment Tertiaire mais ne le l'impactent pas.

Les rayonnements de la sous station ne débordent pas du périmètre de la parcelle .

Les rayonnements électromagnétiques des câbles enterrés, en provenance de la sous station et du local ENEDIS, ne débordent pas en dehors de la parcelle du Data Center.

Les transformateurs HTA du Data Center génèrent des rayonnements électromagnétiques mais ne débordent pas en dehors de la parcelle

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 25 de 28

14 SIGNALÉTIQUE OBLIGATOIRE AUX ACCES DES LOCAUX COURANTS FORTS

Ces locaux sont à accès limité aux seules personnes habilitées. Cependant la nouvelle législation (décret 20156-1074 du 3Août 2016) impose de prendre des précautions pour les personnes dites à « risques particuliers » tels les porteurs d'implants actifs et passifs, les femmes enceintes et les jeunes au voisinage de 18ans.

Personnes à risques : femmes enceintes, porteurs d'implants médicaux de différentes natures, personnes dites sensibles aux ondes **doivent être informées par une signalétique appropriée** et reconnaissable en proximité des zones générant des champs forts (dépassant 100 ampères par phase).

Pictogrammes : signalement de la présence de champs électromagnétiques.



Nota : Les objets rayonnants puissants qui n'auraient pas été vus ou signalés lors de cette analyse doivent faire l'objet d'une vigilance particulière en absence d'information en attendant l'application d'un protocole de prévention (nouvelle législation Juillet 2016).

La signalétique est obligatoire si, dans le local ou la zone considérée, les courants dépassent 100 Ampère par phase.

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 26 de 28

15 REFERENTIELS TECHNIQUES ET NORMATIFS

UTE C99-132 du 01/11/2010 PROTOCOLE POUR LA MESURE IN SITU DES CHAMPS MAGNÉTIQUES 50 HZ GÉNÉRÉS PAR LES OUVRAGES DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ.

NF EN 62226-3-1 Avril 2008 Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence

NF EN 50499 Février 2009 Procédure pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques

DI 2004/40/CE 29/04/2004 Directive concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) - (dix-huitième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE)

NF EN 50527-2-1 Août 2011 Procédure pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs porteurs de dispositifs médicaux implantables actifs aux champs électromagnétiques - Partie 2-1 : spécification d'évaluation pour les travailleurs avec un simulateur cardiaque

UTE C52-101 Mars 2000 Guide pour l'évaluation des champs électromagnétiques autour des transformateurs de puissance

CEI 62110 :2009 Août 2009 Champs électriques et magnétiques générés par les systèmes d'alimentation à courant alternatif - Procédures de mesure des niveaux d'exposition du public

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 27 de 28

17 COMMENT NOUS JOINDRE

Mantenna Expertise
Laboratoire et Bureau d'Etudes

Exposition Humaine aux rayonnements non ionisants
Compatibilité électromagnétique
Environnement pour microscopie électronique et ionique
Blindages passifs et actifs
Connectivité radio
Décharges électrostatiques
Vibrations dans le domaine des instruments scientifiques

2, rue de la Piquetterie
Campus Teratec
91680 Bruyères Le Chatel

Tel :
01 60 14 89 58

Portable :
06 80 52 86 12

Email: contact@mantenna.fr

Site web: www.diagnostic-electromagnetique.com

Fin de document

MANTENNA EXPERTISE	Code	Edition	Status du document	Page
	MANT_RAM_ADR_25_0707	01	Rapport d'Etudes	Page 28 de 28