Mantenna Expertise
Environnement Electromagnétique
& Connectivité Radio
Laboratoire et Bureau d'Etudes

Projet d'implantation d'un CAMPUS « DATA CENTER » sur la commune du Plessis Robinson (92350)

Impacts Electromagnétiques courants forts & Compatibilité Electromagnétique

Prédiction d'impacts électromagnétiques réalisée par modélisation 2D/3D

Expertise réalisée : Modélisations – prédictions électromagnétiques
Donneur d'ordres : Mr Diego CELARIES – EMERIGE
Contact Technique : Mr Diego CELARIES – EMERIGE
Rapport réalisé le : 04/01/2026
Lieu : 22 Avenue Galilée, Le plessis Robinson 92350

Edition	Date	Modifications	Rédaction	Approbation
Rapport	**04/01/2026**	Edition	**E. Grandpierre**	**G.Grandpierre**

Devis DC2239

Sommaire

Page

1 Historique 4
2 contexte legislatif 5
2.1 legislations: référentiels utilisés 5
2.2 Rappel Limites de l'exposition électromagnétique dans le domaine du Public 6
2.3 Rappel Législation dans le domaine des travailleurs 7
2.3.1 Champ magnétique 50Hz 7
2.4 Tableau de synthèse de la nouvelle législation pour les travailleurs 8
2.5 Recommandations : Contenu de l'instruction du 15 Avril 2013 9
2.6 Synthèse des recommandations utilisées dans cette étude 9
3 VALEURS LIMITES d'EXPOSITION utilisées dans cette etude, risques sanitaires 10
3.1 Unités utilisées en champ magnétique 50Hz 11
4 Loi de décroissance du champ d'induction magnétique & comparaison 11
5 Présentation du campus de data center du plessis robinson 12
5.1 Zones d'arrivées des câbles HTB 225kV RTE en rouge 13
5.2 Zones de circulation des câbles HTA 20kV RTE en marron 13
6 technologies utilisées dans les DAtacenters 14
7 Exigences d'immunité aux rayonnements 50Hz, thématique de la compatibilité électromagnétique 15
7.1 La norme EN61000-6-2 est utilisée pour l'Immunité 15
8 LOi de cumul des différents rayonnements 50Hz 16
8.1 Non-cumul des rayonnements électromagnétiques de natures différentes 16
9 REALISATION de L'EXPERTISE : hauteur de l'exposition 17
9.1 Hauteur de la détermination de l'exposition électromagnétique par calcul 17
10 Modélisation-prediction d'un transformateur 18
11 Modélisation électromagnétique câbles HTB 225kV et HTA 20KV enterrés, courbes iso rayonnées au RDC 20
12 Modélisation électromagnétique câbles HTB 225kV et HTA 20KV enterrés, surfaces iso rayonnées au RDC 21
13 Modélisation électromagnétique des transformateurs HTA 20KV, courbes iso rayonnées au Sous Sol 22
14 Modélisation électromagnétique des transformateurs HTA 20KV, surfaces iso rayonnées au Sous Sol 23
15 Modélisation électromagnétique des transformateurs HTA 20KV, surfaces iso rayonnées au Sous Sol (ZOOM) 24
16 Modélisation électromagnétique câbles HTB 225kV et HTA 20KV enterrés, courbes iso rayonnées au R+1 25
17 Modélisation électromagnétique câbles HTB 225kV et HTA 20KV enterrés, surfaces iso rayonnées au R+1 26

18 Modélisation électromagnétique câbles HTB 225kV et HTA 20KV enterrés, courbes iso rayonnées au R+2 27

19 Modélisation électromagnétique câbles HTB 225kV et HTA 20KV enterrés, surfaces iso rayonnées au R+2 28

20 conclusion pour l'Exposition humaine 29

Conclusion sur la CEM (Compatibilité électromagnétique), sur les matériels du futur Data Center 31

21 REFERENTIELS TECHNIQUES ET NORMATIFS 32

23 comment nous joindre 33

Demandeur :

- Mr Diego CELARIES – EMERIGE

- **Mail d'origine** : Mail demande de commande du 17/11/2025, de la part de Mr Diego CELARIES – EMERIGE.

  Remerciements : à Mme Hayley Azar pour son aide.

Responsabilité des modélisations :

- Mr Georges Grandpierre – Responsable Technique Mantenna
- Mr Hamza Majid Grandpierre – Mantenna – Ingénieur Cybersécurité – Opérateur de Modélisations
- Mr Adrien Falcoz – Mantenna – Opérateur de modélisations – Technicien supérieur BUT
- Mr Emmanuel Grandpierre Manager Général - Gérant

Pièces fournies par le client :

- IHT0002E_BE_T24016 Schneider.pdf 03/12/2025 16:07
  IHT0003F_BE_T24016 Schneider.pdf 03/12/2025 16:07
  IHT0004C_BE_T24016 Schneider.pdf 03/12/2025 16:07
  Impacts électromagnétiques Site Plessis ... 21/12/2025 10:09
- OneDrive_2025-12-17.zip 17/12/2025 17:38
  P10530-BRE-DC-SW-DR-A-100001.zip 03/12/2025 16:07
  P10530-BRE-DC-SW-DR-A-100002.zip 03/12/2025 16:07
  P10530-BRE-DC-SW-DR-A-100004.dwg 03/12/2025 16:07
  P10530-BWE-DC-ZZ-SD-E-601001 Electri... 03/12/2025 16:07
  P10530-BWE-DC-ZZ-SD-E-611002 Overall... 03/12/2025 16:07
  P10530-BWE-DC-ZZ-SD-E-611003 IT Line... 03/12/2025 16:07
  P10530-BWE-DC-ZZ-SD-E-611007 IT Rese... 03/12/2025 16:07
  P10530-NOR-DC-0G-DR-S-201001 Struct... 03/12/2025 16:07
  P10530-NOR-DC-02-DR-S-201001 Struct... 03/12/2025 16:07
  P10530-NOR-DC-B1-DR-S-201001 Struct... 03/12/2025 16:07
  P10530-NOR-DC-RF-DR-S-201001 Struct... 03/12/2025 16:07

1 HISTORIQUE

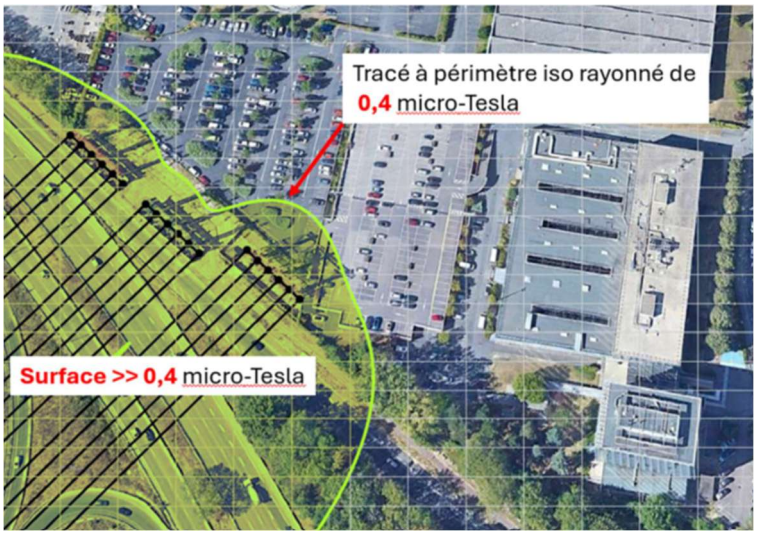
Le site du Plessis Robinson est situé en proximité d'une concentration de lignes aériennes 225kV. Une étude préalable, réalisée à base de mesurage et de modélisations-prédictions, a déjà été effectuée par notre Bureau d'Etudes Mantenna Expertise pour en connaître des impacts sur le futur site du Data Center.

Ce rapport référencé MANT_RAM_ADR25_2701 a été rendu le 04/04/2025.

Exemple d'illustration des mesures



Exemple d'illustration des modélisations-prédictions réalisées



La conclusion de l'étude électromagnétique a montré que les lignes 225kV n'impactaient pas les futurs bâtiments, dans toute leur hauteur, bâtiments qui seront rénovés pour installer le Data Center.

2 CONTEXTE LEGISLATIF

2.1 legislations: référentiels utilisés

Législation électromagnétique 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 et modélisées par simulation sont comparées aux recommandations du **CIRC** (Centre International de Recherche sur le Cancer) pour les basses fréquences (**0,4 µTesla à la fréquence du réseau). Ces valeurs recommandées sont également recommandées par l'ARS (Agence Nationale de Santé), la DRIEAT (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement..). La MRAE (Mission Régionale d'Autorité Environnementale). Par expérience ce sont des lettres envoyées aux responsables de projet, lettres qui mentionnent les limites à ne pas dépasser.**

- La valeur repère de **0,4 µTesla est une valeur dite « de prévention » pour une prévention des risques en très longues expositions au quotidien.**

Législation électromagnétique 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).

2.2 Rappel 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) (*)

- REFERENCE LEVELS FOR GENERAL PUBLIC EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (UNPERTURBED RMS VALUES)

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	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1 - 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
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

Référence : Cahier des notes **réglementaires**, Hygiène et sécurité du Travail – N°182 (ICNIRP – OMS)

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 3mai 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.

2.3 Rappel 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 1er janvier 2017**.

A cette date du 1er 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.

2.3.1 Champ magnétique 50Hz

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

VA pour une exposition à des champs magnétiques compris entre 1 Hz et 10 MHz

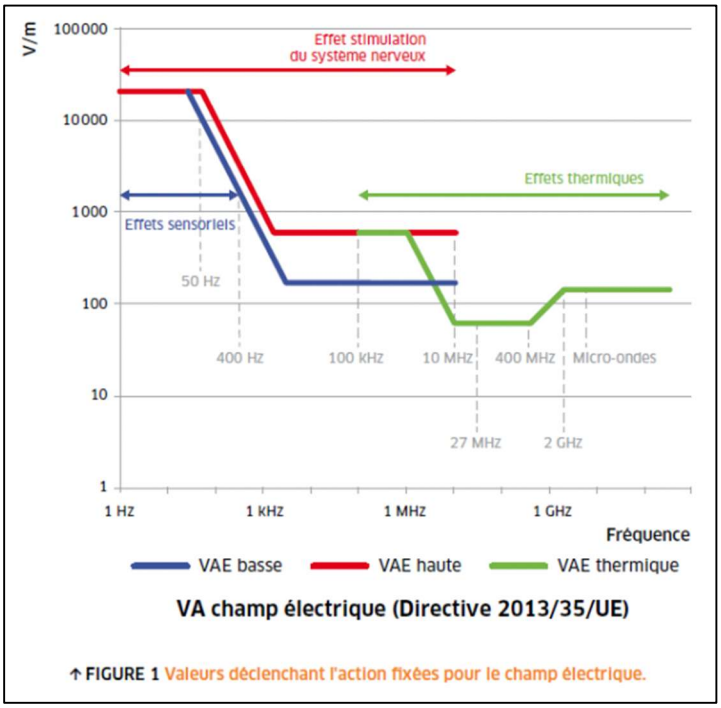
Gamme de fréquences	VA(B) basse pour induction magnétique [µT] (Rms)	VA(B) haute pour induction magnétique [µT] (Rms)	VA pour induction magnétique pour une exposition des membres à un champ magnétique localisé [µT] (Rms)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2{,}0 \times 10^5/f^2$	$3{,}0 \times 10^5/f$	$9{,}0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2{,}5 \times 10^4/f$	$3{,}0 \times 10^5/f$	$9{,}0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1{,}0 \times 10^3$	$3{,}0 \times 10^5/f$	$9{,}0 \times 10^5/f$
300 Hz $\leq f <$ 3 kHz	$3{,}0 \times 10^5/f$	$3{,}0 \times 10^5/f$	$9{,}0 \times 10^5/f$
3 kHz $\leq f \leq$ 10 MHz	$1{,}0 \times 10^2$	$1{,}0 \times 10^2$	$3{,}0 \times 10^2$

Source tableau : Décret 2016-1074 du 3 Août 2016

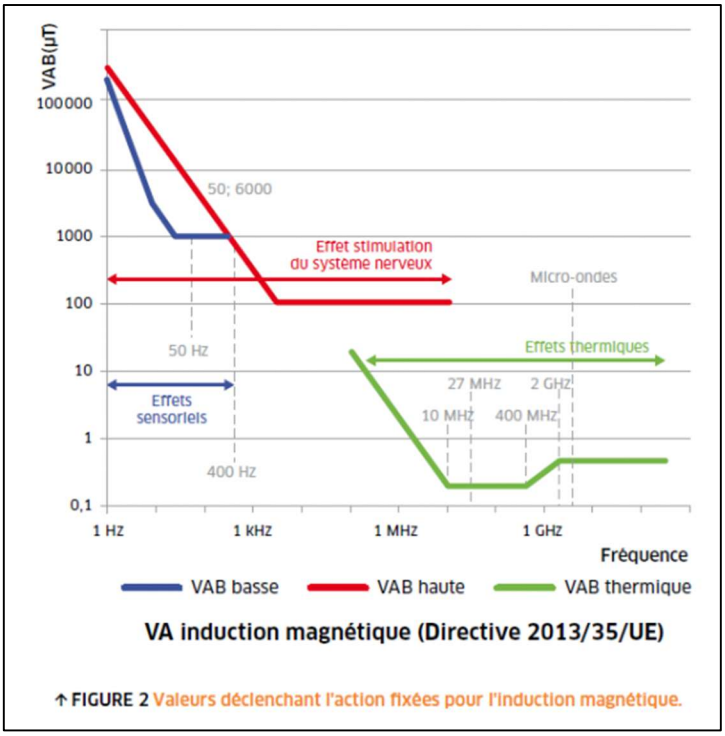
A 50Hz cela donne un champ d'induction magnétique de :

- **1* 10^3 soit 1000=1000µT (1 milli Tesla) pour les VA(B) basses, lié aux effets sensoriels.**
- **3* 10^5/f (avec f = 50Hz) soit 300000=6000µT (6 milli Tesla) pour les VA(B) hautes, lié aux effets nocifs pour la santé.**

2.4 Tableau de synthèse de la nouvelle législation pour les travailleurs



↑ **FIGURE 1** Valeurs déclenchant l'action fixées pour le champ électrique.



↑ **FIGURE 2** Valeurs déclenchant l'action fixées pour l'induction magnétique.

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.

2.5 Recommandations : Contenu de l'instruction du 15 Avril 2013

Instruction du 15 avril 2013 relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité NOR : DEVP1309892J

Câbles souterrains et postes de transformation ou jeux de barres, sont exposées à un champ magnétique de plus de 1 µT, cette valeur, appliquée en bordure de zone de prudence*, apparaissant globalement compatible avec la **valeur d'exposition permanente des occupants de bâtiments sensibles de 0,4µT** proposée par l'avis de l'ANSES.

*Zones de prudence : lieux d'habitations, crèche, écoles..

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 μT, 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 μT proposée par l'avis de l'ANSES.

2.6 Synthèse des recommandations utilisées dans cette étude

En prévention d'une exposition électromagnétique en long termes, la valeur repère de 0.4µTesla 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, la MRAE recommandent une vigilance et une compréhension des champs électromagnétiques générés par les courants forts.

C'est cette valeur préventive repère de 0.4µTesla, qui sert de référence dans cette étude d'impacts électromagnétiques.

3 VALEURS LIMITES D'EXPOSITION UTILISEES DANS CETTE ETUDE, RISQUES SANITAIRES

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 **100 µT** 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 µT 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 (fréquence du réseau) en décroissance avec la distance, à partir de la verticale du câble enterré.

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.

****

3.1 Unités utilisées en champ magnétique 50Hz

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. Pour un câble enterré on n'a pas de champ électrique rayonné car il est bloqué par les enrobages du câble 3 phases 225kV et 20kV.

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 dépassant, 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.

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

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

La source peut être une ligne haute tension aérienne, un câble enterré, 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 magnétique ….etc.

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

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

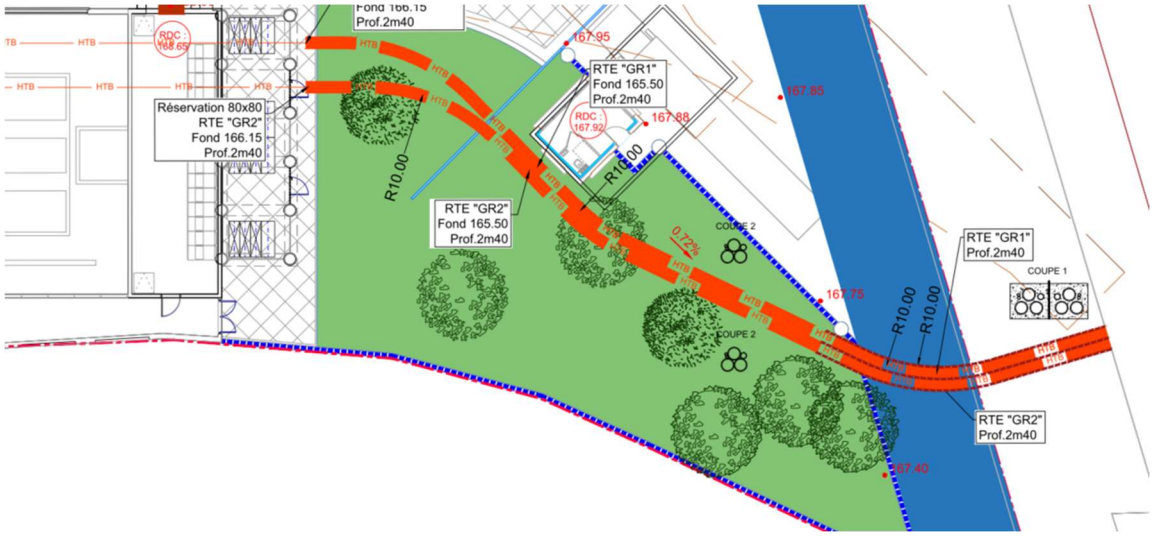
5 PRESENTATION DU CAMPUS DE DATA CENTER DU PLESSIS ROBINSON



Le campus du Plessis Robinson est composé de :

- 2 Bâtiments Data Center de grandes dimensions
- Des locaux de grandes dimensions pour recevoir les câbles enterrés 225kV RTE de 70MW
- Des locaux « Basses Tensions » après transformations
- De nombreuses salles « Switch Gear Room » qui accueillent des transformateurs 20kV/0.4KV de 3.15MVA
- Des grandes zones tertiaires composées de bureaux

5.1 Zones d'arrivées des câbles HTB 225kV RTE en rouge



La parcelle du Campus est traversée par des conducteurs enterrés Très Hautes Tensions 225KV & Hautes tensions 20kV .
Dans la sous-station on trouve deux transformateurs de 225kV de puissance 70MVA.
Pour une prise en compte des rayonnements en champ magnétique 50Hz générés par les conducteurs THT, une modélisation pire cas a été réalisée. Cette modélisation électromagnétique va permettre de définir les impacts des rayonnements sur une partie de la surface du Campus.

5.2 Zones de circulation des câbles HTA 20kV RTE en marron



6 TECHNOLOGIES UTILISEES DANS LES DATACENTERS

Rayonnements électromagnétiques dans les datacenters : 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.

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**.

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.

7 EXIGENCES D'IMMUNITE AUX RAYONNEMENTS 50HZ, THEMATIQUE DE LA COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE

La **compatibilité électromagnétique** (CEM) est l'aptitude des matériels utilisés dans les Datacenters à fonctionner dans un environnement électromagnétique sans perturbations.

Dans la thématique de la Compatibilité électromagnétique, vis-à-vis des matériels des cartes utilisées (processeurs, mémoires, routeurs, cartes optoélectroniques, traitement numérique du signal…) on doir contrôler et gérer l'environnement des rayonnements.

7.1 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 µT (microtesla)

8 LOI DE CUMUL DES DIFFERENTS RAYONNEMENTS 50HZ

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.

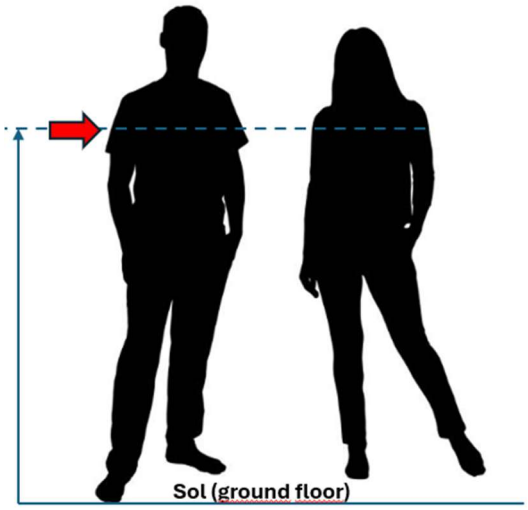
Pour la fréquence 50Hz en provenance de différentes technologies courants forts (**Transformateurs, câbles 20kV et 225kV enterrés**..) **la loi de cumul a été appliquée pour ce projet**.

9 REALISATION DE L'EXPERTISE : HAUTEUR DE L'EXPOSITION

9.1 Hauteur de la détermination de l'exposition électromagnétique par calcul

- **1.30m** correspondant au thorax d'un humain se tenant debout

Hauteur des mesures du champ d'induction magnétique

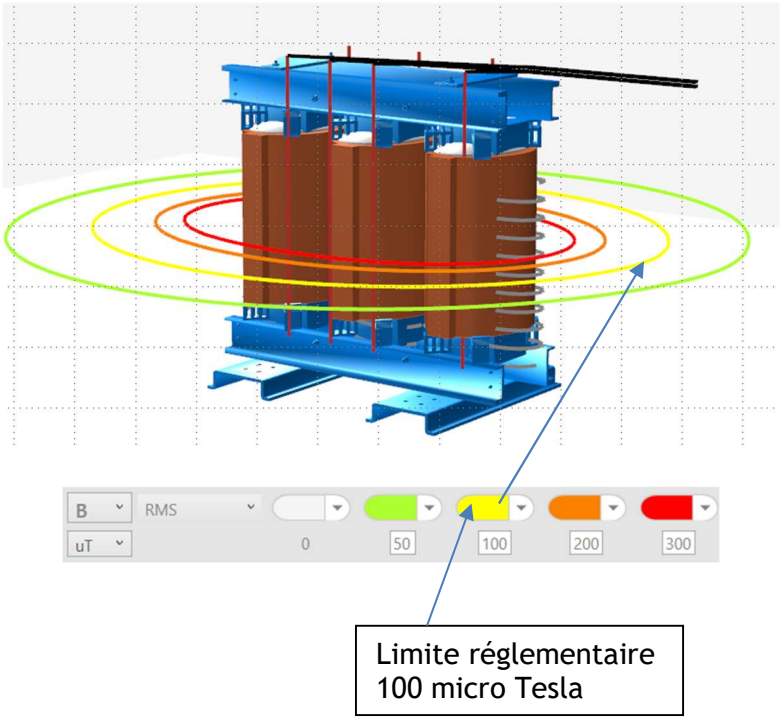


10 MODÉLISATION-PREDICTION D'UN TRANSFORMATEUR

La modélisation théorique (**utilisation d'outils de calculs propriétaires au Bureau d'Etudes**) est réalisée en renseignant des modèles de technologies rayonnantes comme les câbles enterrés, les armoires TGBT, les Transformateurs secs ou à bain d'huile.

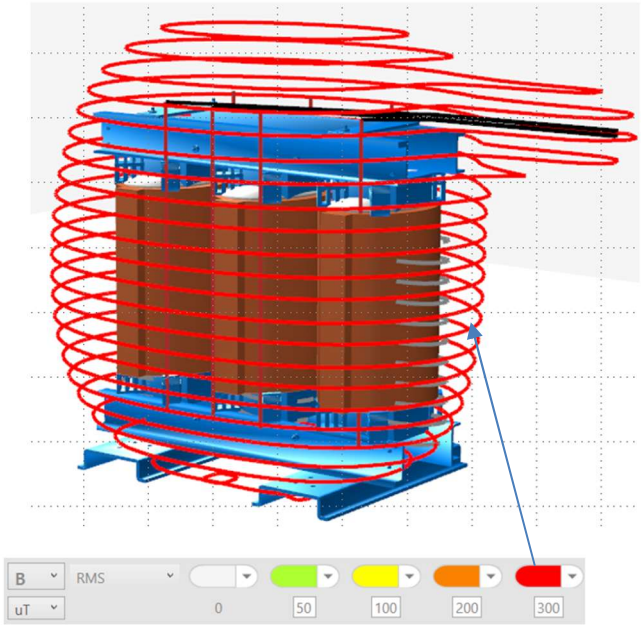
Exemple de modèles utilisés pour les transformateurs secs : Rayonnements en champ magnétique à de très courtes distances.

Exemple de Modélisation à 1m du sol

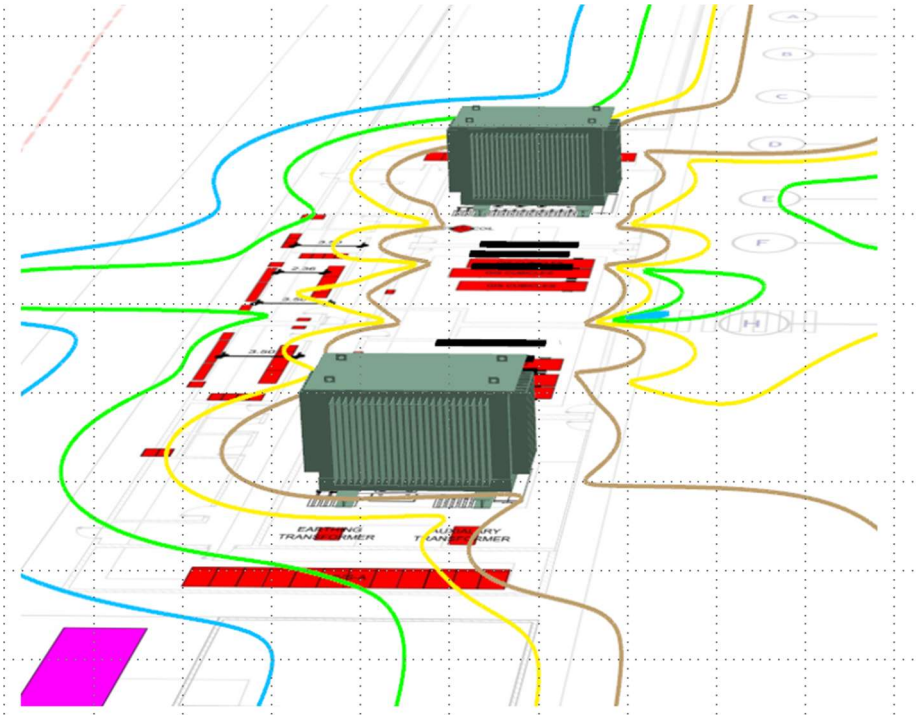


Exemple, Volume de rayonnements en champ magnétique à de très courtes distances, réalisé par calcul.

Cet exemple montre les possibilité de calculs possibles.

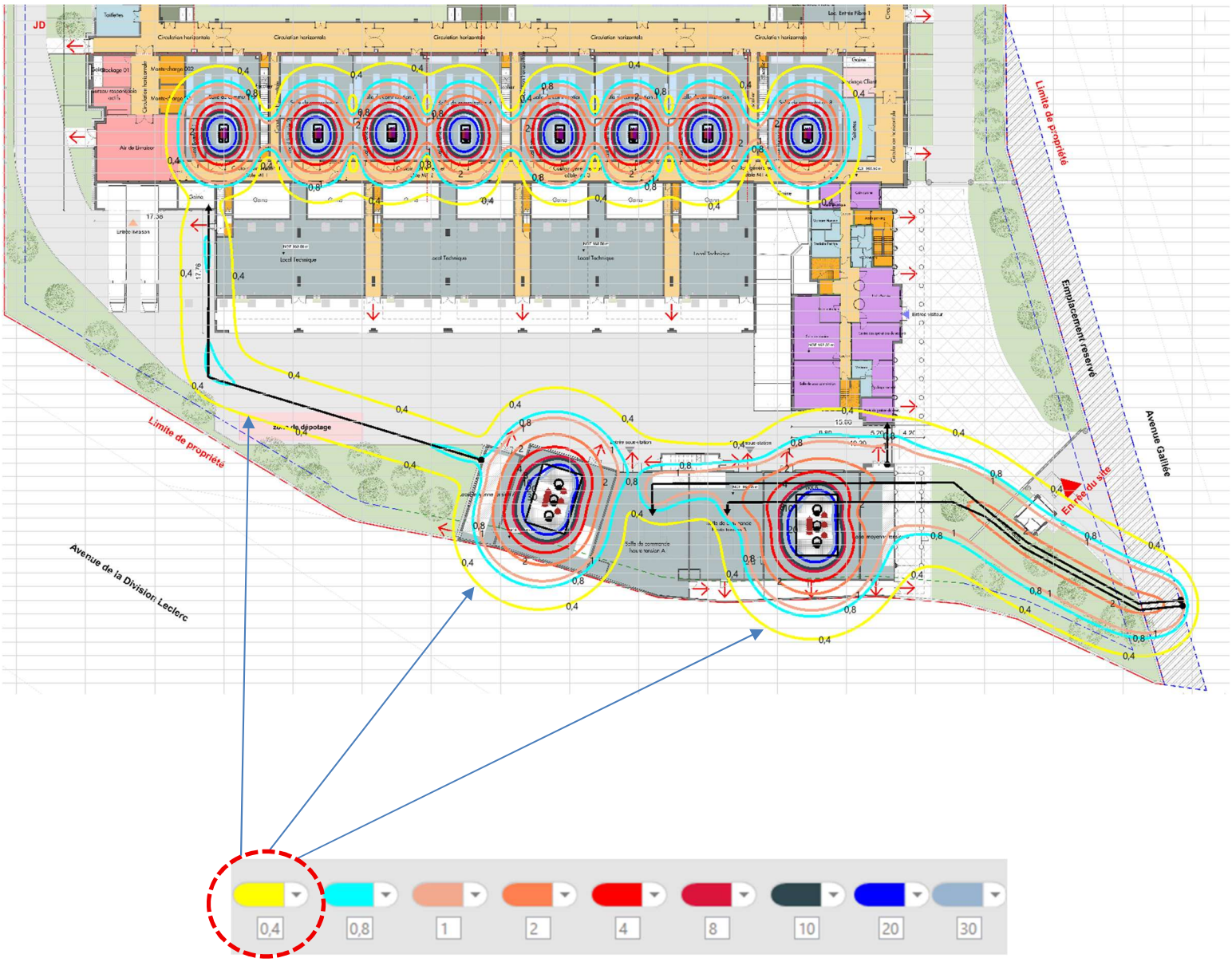


A titre indicatif d'autres exemples de transformateur à bain d'huile



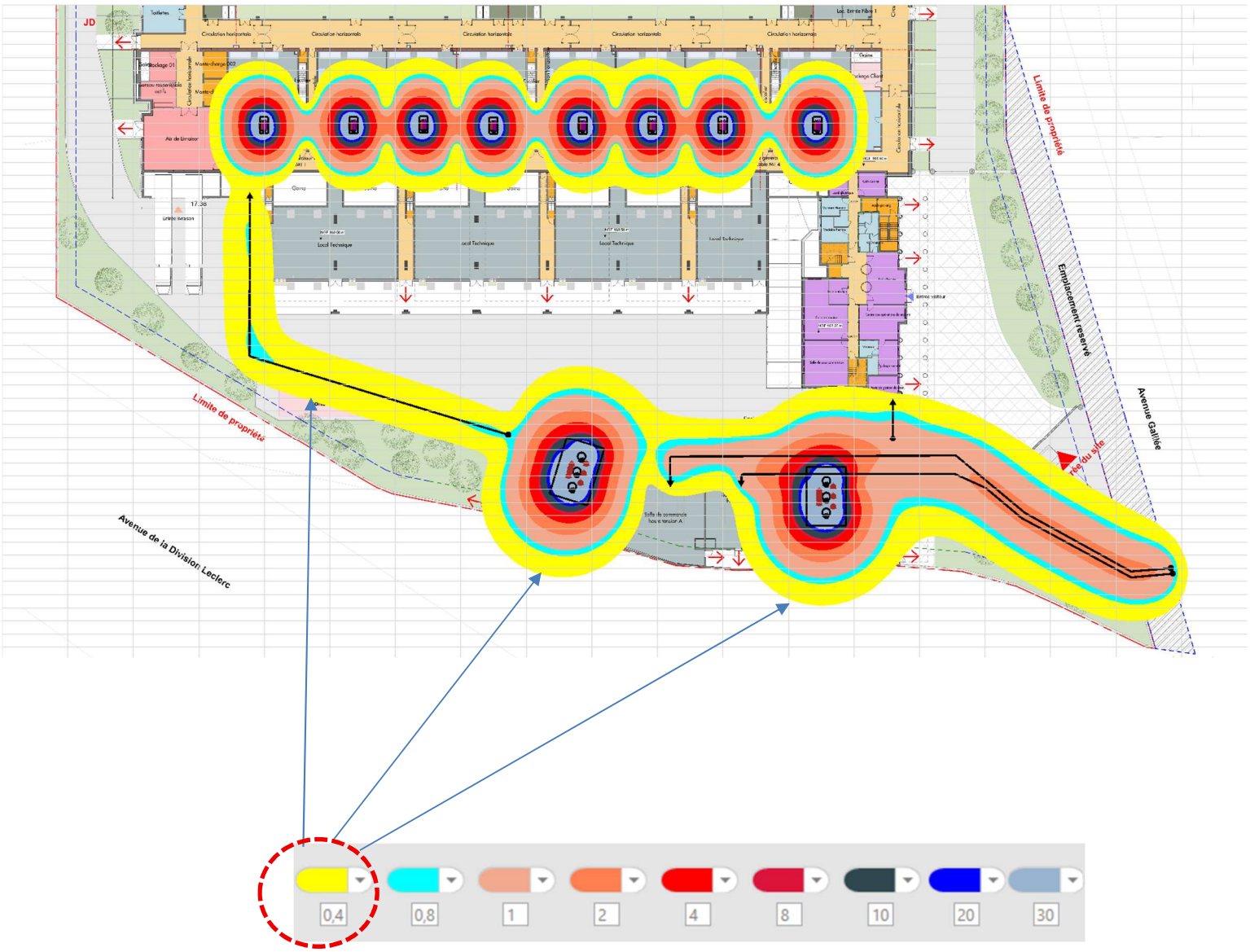
11 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE CABLES HTB 225KV ET HTA 20KV ENTERRES, COURBES ISO RAYONNEES AU RDC

Implantation des câbles enterrés sur le site, Implantation des Câbles 225kV, Implantation des câbles 20kV
Implantation des transformateurs 3.15MVA de 20kV/0.4kV dans les « Switch Gear Room »

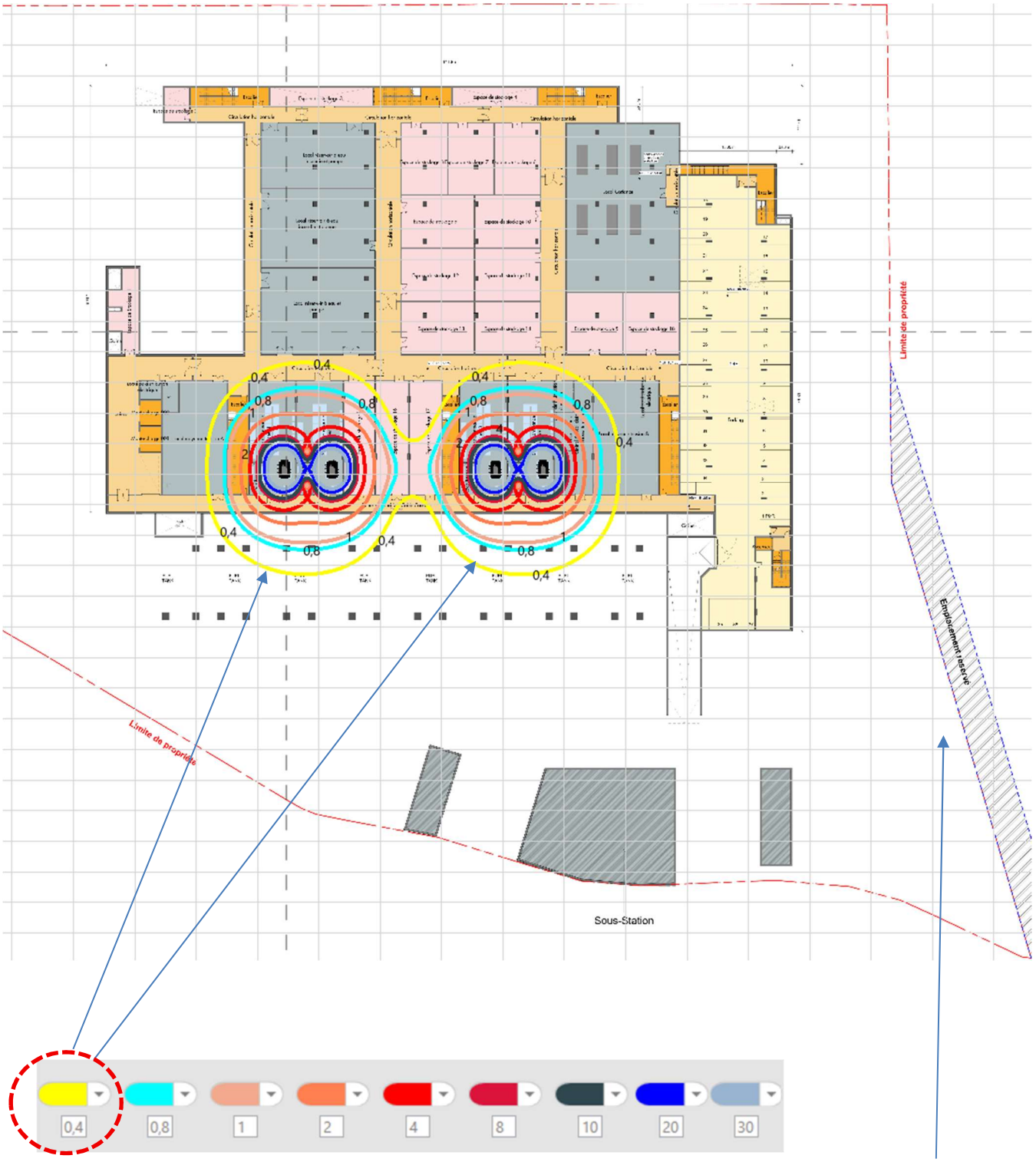


12 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE CABLES HTB 225KV ET HTA 20KV ENTERRES, SURFACES ISO RAYONNEES AU RDC

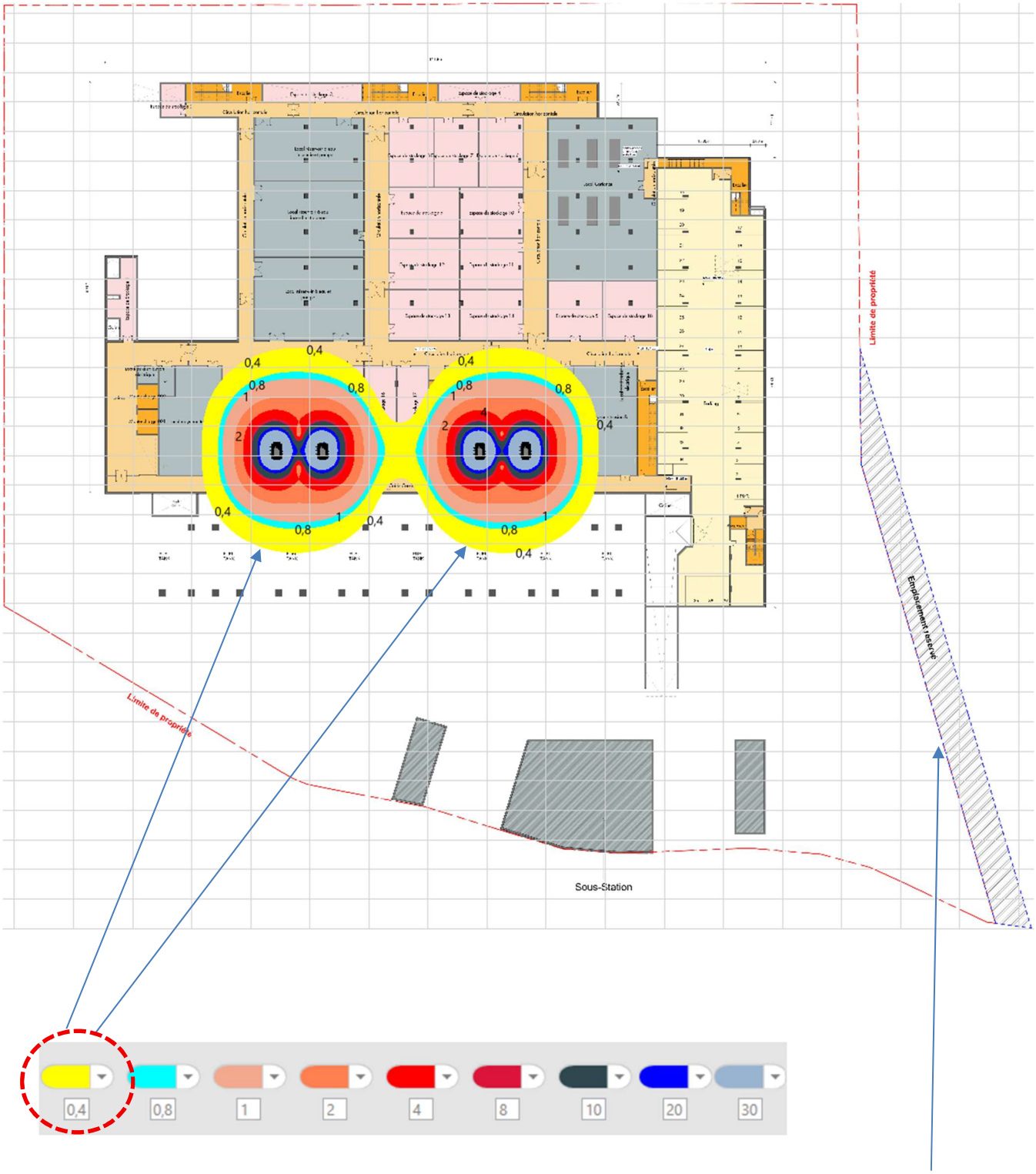
Implantation des câbles enterrés sur le site, Implantation des Câbles 225kV, Implantation des câbles 20kV
Implantation des transformateurs 3.15MVA de 20kV/0.4kV dans les « Switch Gear Room »



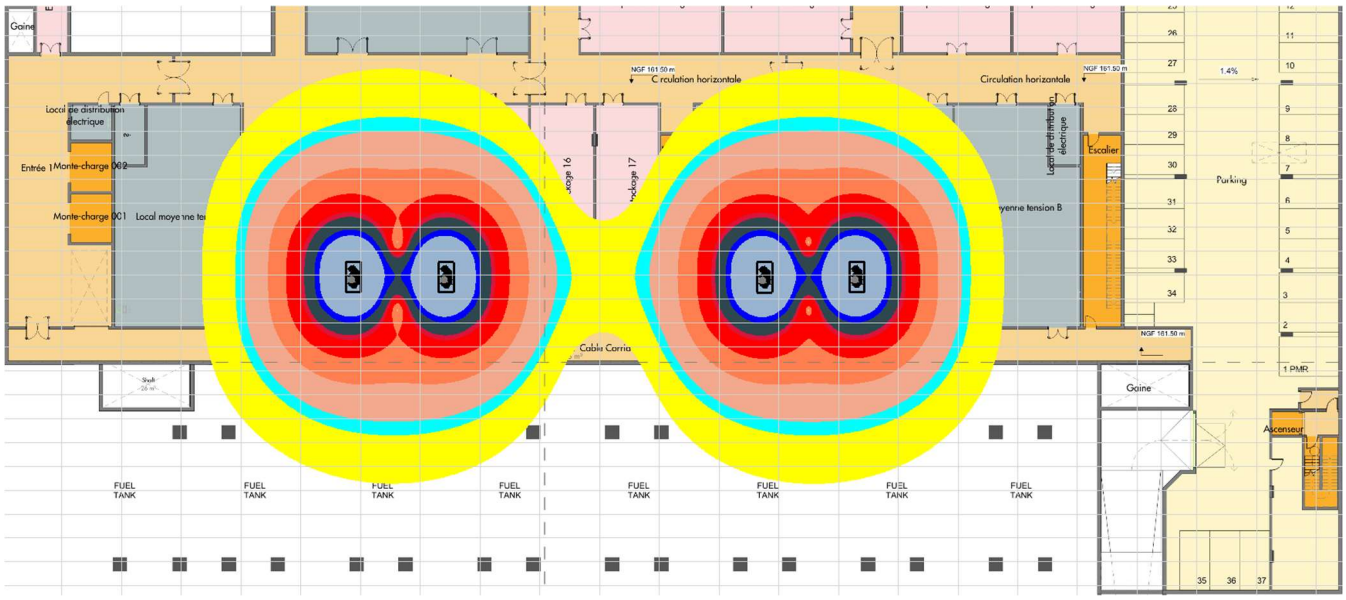
13 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE DES TRANSFORMATEURS HTA 20KV, COURBES ISO RAYONNEES AU SOUS SOL

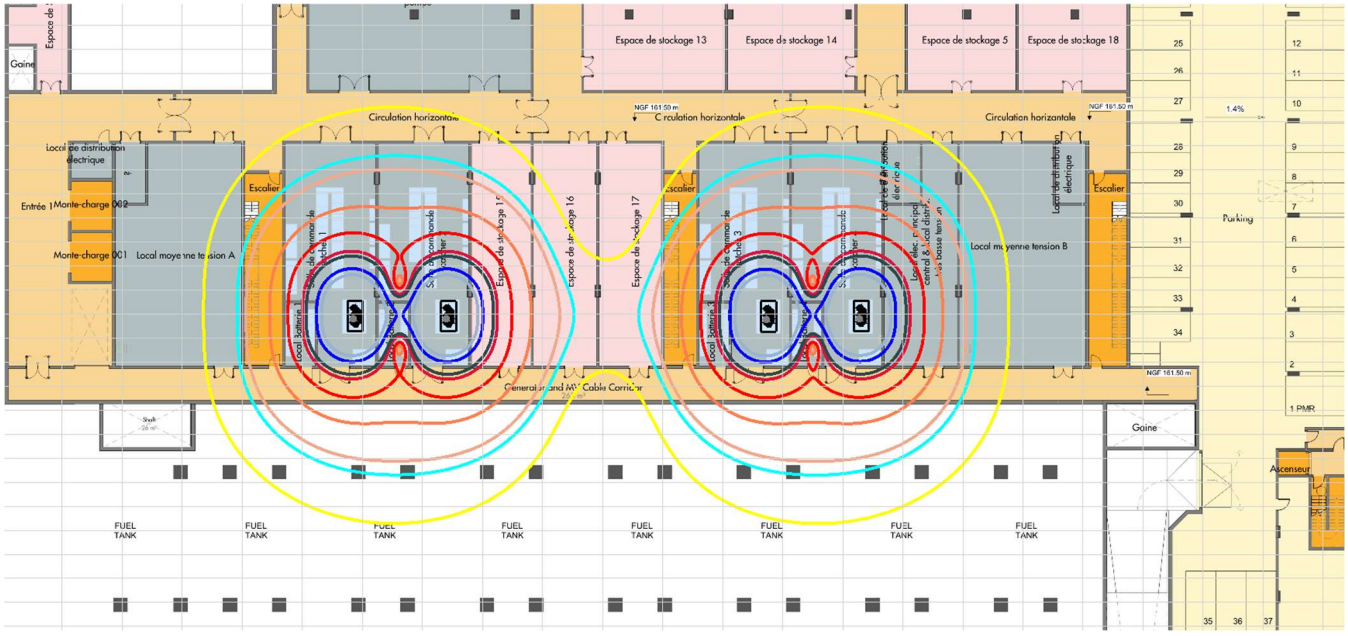


14 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE DES TRANSFORMATEURS HTA 20KV, SURFACES ISO RAYONNEES AU SOUS SOL



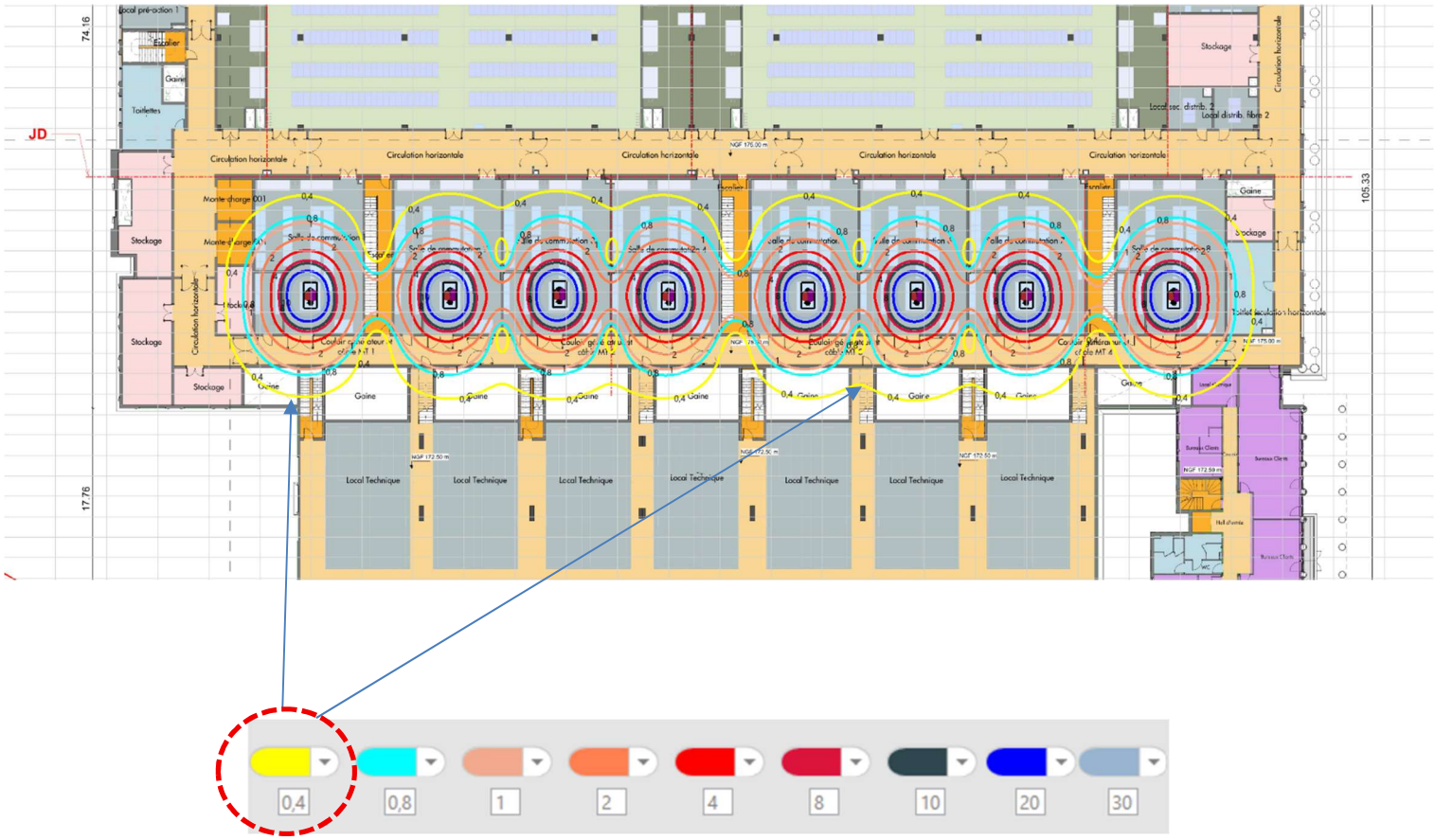
15 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE DES TRANSFORMATEURS HTA 20KV, SURFACES ISO RAYONNEES AU SOUS SOL (ZOOM)





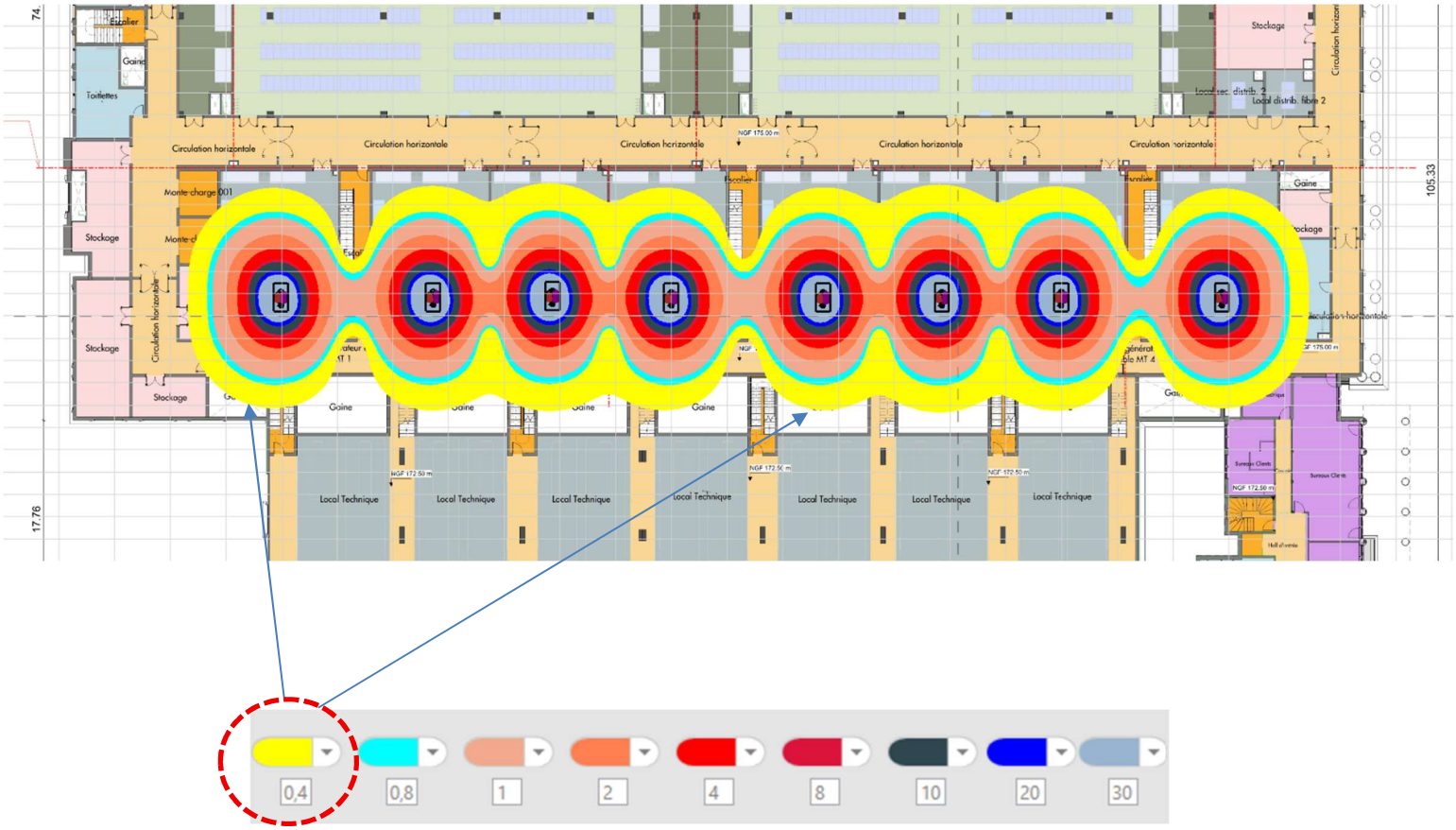
16 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE CABLES HTB 225KV ET HTA 20KV ENTERRES, COURBES ISO RAYONNEES AU R+1

Implantation des transformateurs 3.15MVA de 20kV/0.4kV dans les « Switch Gear Room »



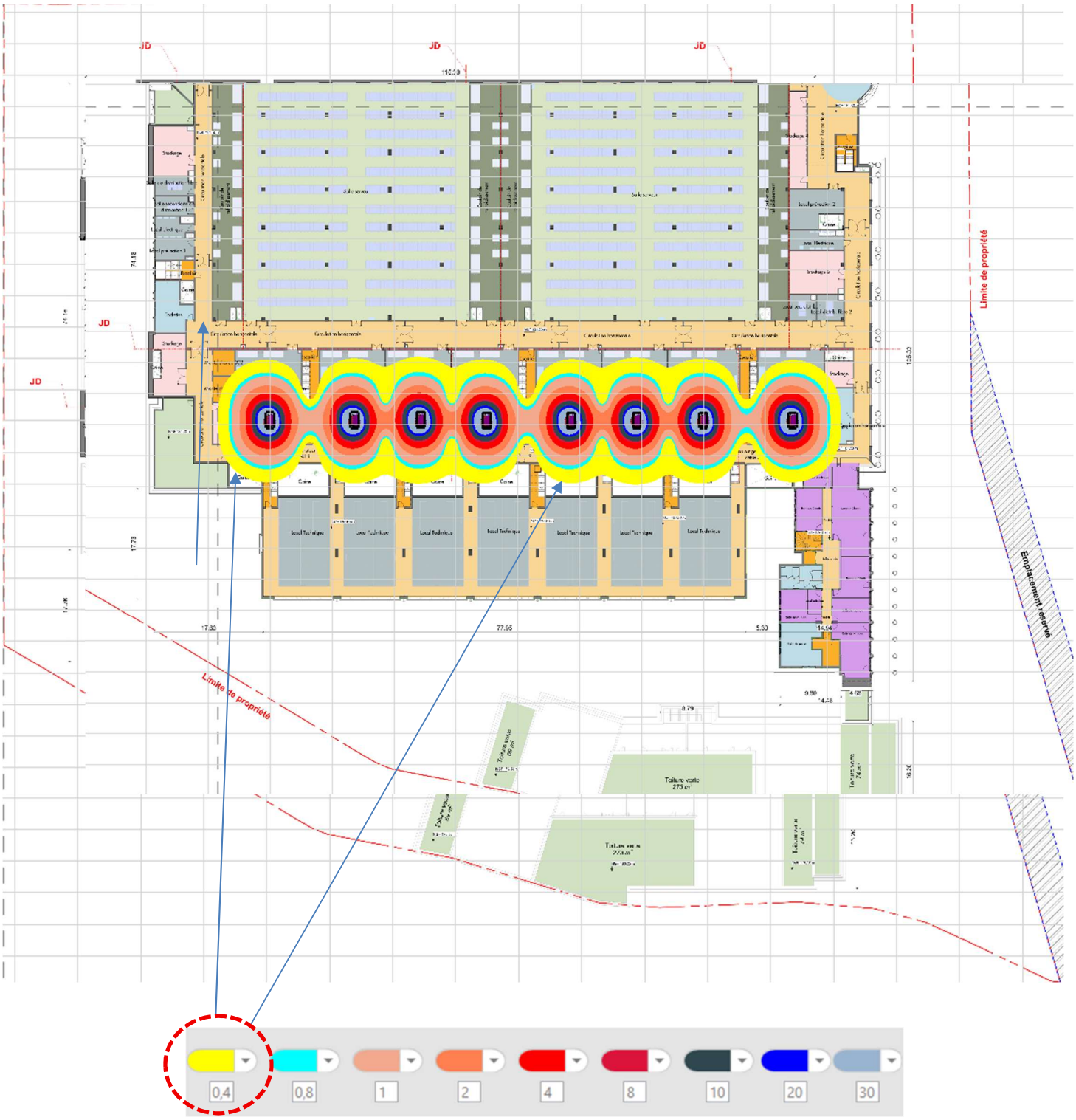
17 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE CABLES HTB 225KV ET HTA 20KV ENTERRES, SURFACES ISO RAYONNEES AU R+1

Implantation des transformateurs 3.15MVA de 20kV/0.4kV dans les « Switch Gear Room »



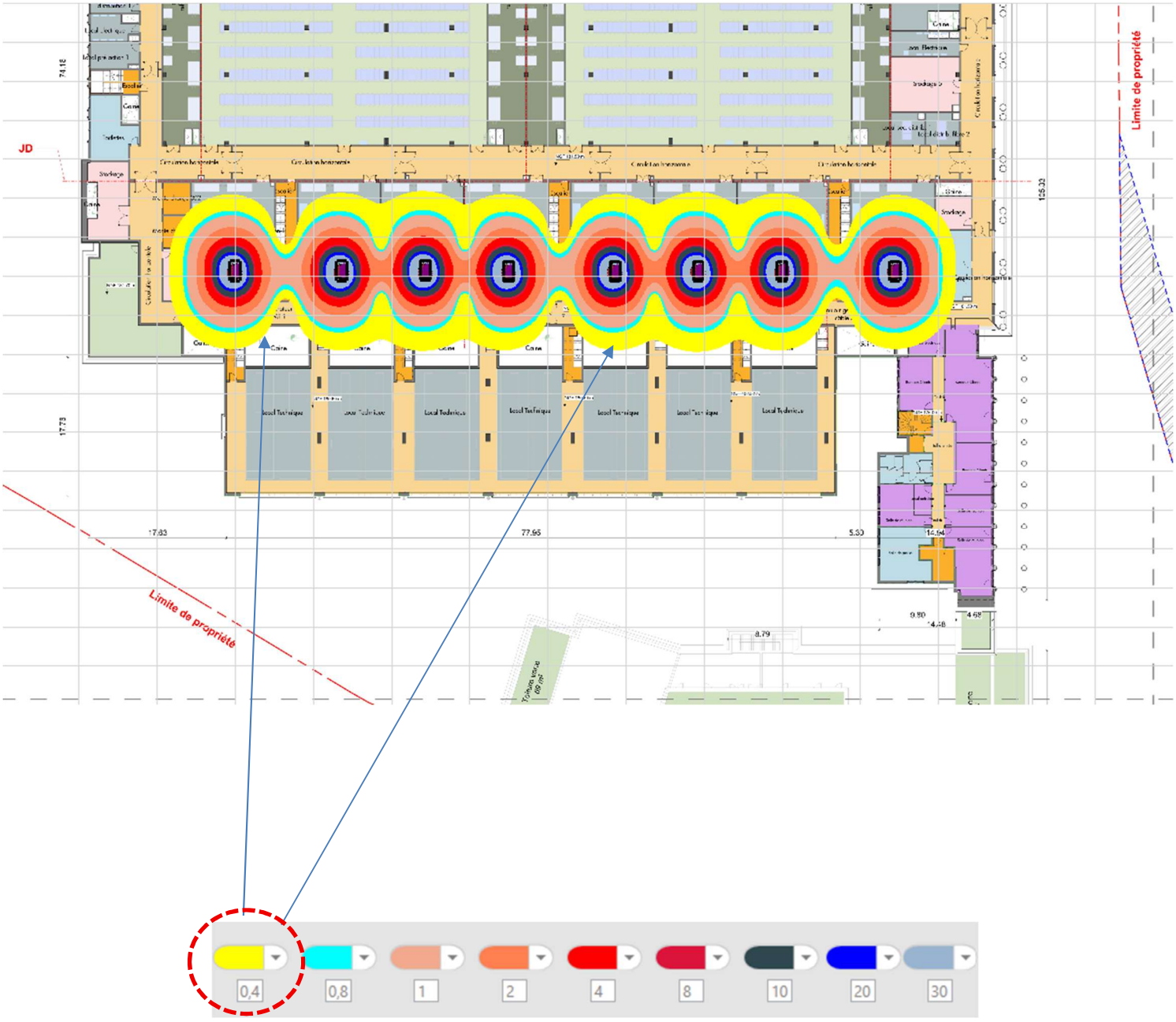
18 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE CABLES HTB 225KV ET HTA 20KV ENTERRES, COURBES ISO RAYONNEES AU R+2

Implantation des transformateurs 3.15MVA de 20kV/0.4kV dans les « Switch Gear Room »



19 MODELISATION ELECTROMAGNETIQUE CABLES HTB 225KV ET HTA 20KV ENTERRES, SURFACES ISO RAYONNEES AU R+2

Implantation des transformateurs 3.15MVA de 20kV/0.4kV dans les « Switch Gear Room »



20 CONCLUSION POUR L'EXPOSITION HUMAINE

Une étude a été réalisée sur le futur Campus de Data Centers du Plessis Robinson (92350). Cette étude a été demandée par la Société EMERIGE.

L'étude électromagnétique du futur Campus de Data Centers a été menée en utilisant différentes technologies rayonnantes utilisant les courants forts 50Hz. On peut citer les câbles d'énergie enterrés, les transformateurs de différentes puissances et Tensions.

Les modélisations-prédictions doivent répondre à la quantification des rayonnements sur la surface du Campus, mais également doivent répondre à la question suivante « **ceux-ci sortent ils en dehors du Campus de vers les habitations périphériques ?**

Des valeurs sont recommandées (**0.4 µTesla**)par l'**ARS** (Agence Nationale de Santé), la **DRIEAT** (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement..), la MRAE (Missions régionales d'autorité environnementales), sont des valeurs dites « **PREVENTIVES** ». Elles protège les humains en très longues exposition au quotidien.

Ainsi la valeur repère de **0,4 µTesla** **est une valeur dite de « PREVENTION des risques électromagnétiques » en très longues expositions au quotidien.**

Dans ce rapport, où le seuil de référence utilisé est de **0,4 micro Tesla** pour une exposition prolongée au quotidien, le mot « danger » n'est pas approprié. On parle ici de « **Valeurs préventives des risques électromagnétiques** ».

Conclusion sur tous les câbles enterrés

Les câbles enterrés 20kV, 225kV ont été modélisés, les rayonnements en champ magnétique ont été calculés à 1.30m au-dessus du sol.

Les valeurs prédites à la verticale des câbles enterrés montrent un absence de risque sanitaire selon la législation.

Conclusion sur tous les bâtiments rayonnants qui constituent site

Les rayonnements électromagnétiques des transformateurs Data Centers (3.15MVA), des câbles 225kV et 20kV enterrés, calculés pour chacun et cumulés, ne débordent jamais de la parcelle du site pour la valeur repère de 0.4 micro Tesla de Champ magnétique 50Hz. Les rayonnements des transformateurs 225kV réalisés par modélisation électromagnétique, au sud du projet, débordent légèrement de la parcelle sur quelques mètres d'une zone boisée non habitée.

Les modélisations - simulations et prédictions montrent que le futur site du Plessis Robinson respectera les valeurs repères exigés par les organismes environnementaux, sur des habitations.

Conclusion pour les valeurs supérieures à 0.4 micro Tesla à l'intérieur des bâtiments

La protection des travailleurs contre les risques électromagnétiques est réglementé par le décret N°2016-1074 du 3 Aout 2016.

Ce décret mentionne la valeur déclenchant l'action dite VDA. la VDA correspond dans notre cas au champ magnétique mesurable qui arrive à la surface de la peau d'un humain.

La valeur limite réglementaire à ne pas dépasser à 50Hz est un champ magnétique de **1000 micro Tesla (100 micro Tesla dans le domaine du Public).**

Avec des valeurs d'impacts électromagnétiques à **0.4 micro-Tesla** on est **2500 fois plus faible** que la législation (décret 2016-1074). En rappel la valeur de **0.4 micro Tesla** est une valeur recommandée à titre préventif pour une exposition ultra longue sur des années par exemple.

Cependant des zones peuvent dépasser les valeurs à 0.4 micro Tesla voire même être impactées par de fortes valeurs de rayonnements.

Pour les valeurs supérieures à 0.4 micro Tesla il est important de gérer les rayonnements électromagnétiques d'où l'importance, lorsque les Data Centers seront en service, d'**organiser des audits** de mesures pour vérifier le respect de cette législation.
Les audits électromagnétiques 2016-1074 sont organisé par les responsables HSE et la direction du site.
Les résultats des audits électromagnétiques sont vérifiés par l'inspection du Travail et doivent être consignés dans le document unique d'entreprise DUEO.
Les audits électromagnétiques, lorsque les Data centers seront opérationnels, prennent en compte tous les objets rayonnants de toutes les technologies (Wifi, courants forts, technologies rayonnantes).

En effet les rayonnements électromagnétiques générés par les courants forts ne seront pas les seuls à être considérés.

Pour les courants forts à la fréquence 50Hz du réseau, toutes zones de rayonnements de valeurs supérieures ou égal à 100 micro Tesla seront des zones d'accès sur seule habilitation électrique (locaux TGBT, locaux transformations..etc, on ne trouvera pas de valeurs supérieures à 100 micro Tesla en dehors de ces locaux).

Conclusion sur la CEM (Compatibilité électromagnétique), sur les matériels du futur Data Center

La CEM en Europe et à l'internationale sur le paramètre du champ magnétique 50Hz est décrite à travers deux documents :

1) **Norme européenne EN 61000-4-8**
2) **Norme internationale CEI 61000-4-8**

Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux champs magnétiques à la fréquence du réseau électrique

- **Domaine : Compatibilité électromagnétique (CEM)**
- **Objet : Immunité des équipements aux champs magnétiques de 50 Hz ou 60 Hz**
- **Valeur de référence : 30 A/m en champ magnétique**
- **Durée d'exposition : généralement continue ou courte**
- **Application : Équipements sensibles à proximité de transformateurs, conducteurs puissants, etc.**

Conditions essentielles : tous les produits manufacturés qui seront installés dans le Data Center devraient répondre à ces deux normes citées.

Pour quoi 30A/m de champ magnétique ?

Cette valeur correspond à une exposition réaliste dans des environnements industriels ou techniques, et constitue un niveau de sévérité standard (niveau 3) pour les essais d'immunité.. Elle sert à valider la robustesse des équipements.

La valeur de 30A/m convertie en une autre unité correspond à 37.78 micro Tesla.

Les modélisations-prédictions montrent que cette valeur de 37.78 micro Tesla **ne sera jamais dépassée en dehors des locaux courants forts (Sous station, locaux de transformation..).**

***

21 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**

Norme Européenne EN 61000-4-8

Norme Internationale CEI 61000-4-8

****

23 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

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