

---

## Spécialité Travaux publics Option ITS

---

*Etude des dispositions constructives pour la réalisation des CCL et l'analyse des mesures de sûreté mises en place.*



*Study of the constructive arrangements for the realization of the CCL and analysis of the safety measures put in place.*



*2022-2023*

Leka Désiré ADJEHI

Classe : TP3C

Tuteur en Entreprise :

Denis EICH

Enseignant référent :

Christophe ROUZAUD



## REMERCIEMENT

Je tiens tout d'abord à remercier M. **SCHEIDT Jean-François**, Directeur Délégué Adjoint IGC France, Mr **Denis EICH** mon tuteur de stage, de m' avoir accueilli comme stagiaire au sein de Demathieu-Bard Grand projet et de m' avoir permis de réaliser ce travail dans de bonnes conditions.

Je remercie aussi Mme. **Charlène JANOT**, Assistante Administration du Personnel, Mme. **Myriam**, pour leur accueil chaleureux et leur aide dans les démarches administratives. Je tiens encore à remercier tout particulièrement Mr. **Denis EICH**, Directeur Travaux, mon tuteur en entreprise, de m' avoir accompagné tout au long de mon stage. Durant ces 6 mois passés, son soutien, son suivi, sa passion et son expertise dans le travail m' ont permis d' acquérir de nombreuses compétences indispensables pour me perfectionner dans le métier de conducteur de Travaux. Je le remercie également par sa gentillesse, sa disponibilité et son partage dans la vie quotidienne. Je suis évidemment reconnaissant pour sa relecture consciencieuse et ses corrections de ce mémoire du stage.

J' exprime mes sincères remerciements à Mr. **Christophe ROUZAUD** Professeur de l' ESTP Paris en génie civil nucléaire, d' avoir accepté d' être mon tuteur école. Merci pour sa bienveillance, sa disponibilité au cours de ce stage ainsi que pour ses remarques constructives pour la rédaction de ce mémoire.

Beaucoup de mes remerciements vont à M. **Pierre MANIEZ**, Conducteur Travaux sur le CCL de Cattenom, que j' ai côtoyé quotidiennement durant 3 mois de mon stage. Il a répondu toutes mes questions techniques concernant la conduite de travaux et les questions en lien avec le CCL. Remerciement à **Bernard BATSCH** Directeur Travaux qui pris le chantier en cours après le départ de Pierre et qui a été d' une grande aide pour le chantier grâce à son expérience dans le domaine. Merci Mr. **Marcos RIBEIRO** et tous les autres collègues pour leur aide de covoiturage et les discussions très intéressantes autour de la vie professionnelle ainsi que de la vie quotidienne.

Je remercie également Mme. **Claire MALETERRE**, Mr. **Daniel ERZ**, Mr. **Alexis JONQUET** tous responsable QSE sur le projet CCL et à Mr. **David MAUCOURT** Chef de chantier, pour leur bonne humeur et pour m' avoir aidé à m' intégrer dans l' équipe facilement.

Mes remerciements spéciaux **Alida DEMBELE** d' avoir fait la relecture de ce mémoire et d' avoir eu des corrections grammaticales françaises, des remarques impeccables pour que ce rapport soit plus affiné. Je les remercie également pour leur bonne humeur, leur aide et les conversations aussi intéressantes durant mon stage.

En fin, je souhaite remercier à l' ensemble du service Helpdesk ainsi que toutes les personnes de l' agence Infra GC Grand-projet qui ont contribué, par leur accueil et leur bonne humeur, à rendre mon stage enrichissant et motivant.



## RESUME

Ce stage s'inscrit dans un projet crucial de Demathieu-Bard celui de faire partie des majors du BTP dans la filière nucléaire. Mes recherches réalisées avaient pour objectif de comprendre la conception du CCL et son comportement en cas de crise, en l'occurrence celles décrites dans les normes Eurocodes pour le béton armé.

Les travaux réalisés s'articulent d'une part autour des mesures de sûreté mises en place dans le CCL et, d'autre part, autour de l'étude des dispositions constructives choisies pour la conception. La vérification et validation se réalisent par une modélisation 3D par calcul aux éléments finis avec le logiciel RFEM de Dlubal, qui est un logiciel pas connu de l'entreprise. J'ai pris la main de ce logiciel à mi-parcours de mon TFE et grâce à mon statut étudiant j'ai pu avoir une version étudiante.

Parallèlement aux travaux de recherche et développement mentionnés ci-dessus, j'ai travaillé sur projet de programmation en Python pour rendre plus la modification des rotations de voiles. Ce projet était l'ensemble faisable mais compte tenue de la complexité des codes de programmation, je n'ai pas abouti à prototype sophistiqué. J'ai apporté mes connaissances théoriques et ma petite expérience aux chantiers de Cattenom.

Les travaux réalisés pendant les 6 mois de stage m'ont permis de comprendre les bases de conception dans le génie civil nucléaire. Ces règles de conception ne diffèrent pas en trop de ceux déjà connu dans le génie civil classique.

## ABSTRACT

This internship was part of Demathieu-Bard's crucial project to become one of the construction majors in the nuclear industry. The aim of my research was to understand the design of the CCL and its behavior in the event of a crisis, in this case those described in the Eurocodes standards for reinforced concrete.

The work carried out focuses on the safety measures implemented in the CCL, on the one hand, and on the study of the constructive provisions chosen for the design, on the other. Verification and validation are carried out using 3D finite element modeling with Dlubal's RFEM software, which was not known to the company. I got to grips with this software halfway through my TFE, and thanks to my student status I was able to get a student version.

In parallel with the research and development work mentioned above, I worked on a Python programming project to make it easier to modify sail rotations. This project was feasible overall, but given the complexity of the programming codes, I didn't end up with a sophisticated prototype.

The work carried out during my 6-month internship enabled me to understand the basics of design in nuclear civil engineering. These design rules are not too different from those already known in conventional civil engineering.

TABLE DES MATIERES

ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	9
SYMBOLES.....	9
TABLE DES FIGURES.....	10
TABLE DES TABLEAUX.....	12
INTRODUCTION.....	13
<b>I. PRESENTATION GENERALE DU CONTEXTE DU PROJET.....</b>	<b>14</b>
1) Histoire et création de l'entreprise.....	14
2) Implantation de secteurs d'activités.....	16
3) Valeurs de l'entreprise chiffres clés.....	18
4) L'agence Infrastructure Génie-civil Grand projet.....	22
<b>II. PRESENTATION DU PROJET CCL (CENTRE DE CRISE LOCAL).....</b>	<b>24</b>
<b>III. L' ENJEU DE LA SURETE NUCLEAIRE DANS LE CCL.....</b>	<b>27</b>
1) Contexte.....	27
2) La radioprotection.....	27
Gestion du débit d'équivalent de la dose externe.....	28
Gestion de la contamination atmosphérique externe.....	29
Gestion de la contamination du personnel revenant de l'extérieur.....	29
<b>IV. ANALYSE DES MESURES DE SURETE.....</b>	<b>31</b>
1) Risques potentiels.....	31
2) Mesures de sûreté existantes.....	31
<b>V. ETUDE DES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES.....</b>	<b>34</b>
1) Contexte.....	34
2) Dispositions générales.....	36
Méthodologie générale de l'étude.....	36
<b>a) Matériaux.....</b>	<b>37</b>
i. Bétons.....	37
Classe structurale.....	37
ii. Aciers.....	39

Caractéristique mécanique des aciers.....	39
<b>b) Disposition constructives relatives aux aciers.....</b>	<b>40</b>
i) Espacements des armatures.....	40
ii) Enrobages.....	41
iii) Contrainte d'adhérence ultime.....	43
iv) Longueur d'ancrage des armatures.....	43
v) Longueur d'armatures et recouvrements.....	47
<b>c) Dispositions constructives de l'ouvrage.....</b>	<b>49</b>
Bâtiment sans joints de dilatation.....	49
i. Conductivité thermique :.....	50
ii. Dilation thermique et coefficient de dilation thermique : ...	51
iii. Analyse de la résistance au feu de la dalle en béton armé du CCL CA :	52
Bâtiment sans voiles préfabriqués.....	55
<b>d) Les sollicitations sur le CCL.....</b>	<b>56</b>
<b>LES DIFFÉRENTES ACTIONS SUR LES ÉLÉMENTS DE L'OUVRAGE.....</b>	<b>56</b>
- Actions permanentes (G).....	56
- Actions variables.....	56
- Actions accidentelles.....	56
<b>COMBINAISONS DES ACTIONS.....</b>	<b>57</b>
-Charges d'exploitation en phase de construction ( $Q_k, C$ ).....	57
<b>e) Dimensionnement du linteau SAS entrée (Poutre).....</b>	<b>58</b>
Vérification des sections béton armé vis-à-vis de l'effort tranchant	61
<b>3) Modélisation par méthode aux éléments finis.....</b>	<b>64</b>
-Modélisation.....	66
-Matériaux.....	69
-Cas et combinaison de charge.....	69
-Type d'analyse (Analyse statique).....	70
-Déplacement suivant $ux$ , $uy$ , $uz$ .....	71
-Efforts $Vx$ , $Vy$ .....	74
-Contraintes de contact $\sigma_x +$ .....	75

<b>VI. CCL SOUTERRAIN EST-IL POSSIBLE (OPTION ITS) ?</b> .....	76
1) Introduction et contexte.....	76
2) Étude simplifiée de la faisabilité du projet.....	77
i. Caractéristiques du terrain.....	77
ii. Nature du sol.....	77
iii. Paroi moulée et fondation.....	78
iv. Contrainte.....	80
3) Interprétation et perspectives.....	81
<b>VII. L' ENJEU DE LA SECURITE SUR LE CHANTIER</b> .....	81
<i>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</i> .....	88
<i>BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE</i> .....	91
<i>ANNEXE</i> .....	92
ANNEXE 1 : CCL ELEVATIONS.....	92
ANNEXE 2 : Vue en plan.....	93
ANNEXE 3 : Température dans le CCL.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
ANNEXE 4 : Analyse contrainte déformation.....	97
ANNEXE 5 : Vérification du béton.....	98
ANNEXE 6 : Résultat en traction à Gauche et compression droite des pieux	99