

SESSION 2010

**AGREGATION
CONCOURS EXTERNE**

**Section : GÉNIE CIVIL
Option A : MATÉRIAUX, OUVRAGES ET AMÉNAGEMENTS**

ÉPREUVE PORTANT SUR L'INGÉNIERIE DE PROJET

Durée : 8 heures

Matériels autorisés :

- Matériel usuel de dessin.
- Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

Documents autorisés :

- NF EN 1990-1-1 Eurocode 0 base de calcul des structures ;
- NF EN 1992-1-1 Eurocode 2 Calcul des structures en béton Partie 1-1 Règles générales et règles pour les bâtiments ;
- NF EN 1991-1-1-4 Eurocode 1 Actions sur les structures Actions du vent ;
- Fascicule 62 Titre V du CCTG intitulé "Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil".

L'usage de tout autre ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Chaque partie devra obligatoirement être traitée sur une copie distincte.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

Documents constituant le dossier :

Sujet :

- A - Présentation générale de l'opération et extraits du CCTP : 7 pages
- B - Etudes demandées : 3 pages

Plans fournis en annexe

- P1 : Plan masse
- P2 : Silos de stockage : fondations
- P3 : Silos de stockage : élévations en coupe
- P4 : Coupes sur mur périphérique
- P5 : Définition du noyau
- P6 : coupes sur galerie

Documents annexes supplémentaires 10 pages

- D1 : coefficient de poussée active
- D2 : calcul simplifié de l'action sismique pour les ouvrages de soutènements
- D3 : Données relatives aux banches SATECO SC9015
- D4 : Données relatives aux pompes à béton PUTZMEISTER
- D5 : Données propres à la réalisation de la paroi périphérique
- D6 : Données propres à la réalisation du noyau central

Documents-réponses

- R1 : Sollicitations en pied de voile
- R2 : Croquis du coffrage et about d'une facette primaire
- R3 : Quantitatif, DS et PVHT des travaux de réalisation d'une facette de la paroi périphérique
- R4 : PVHT des travaux de réalisation d'une facette de la paroi périphérique

A – Présentation générale de l'opération

1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

1.1. Le projet

Il s'agit de la réalisation du génie civil du stockage charbon de la Centrale C-Pondereux pour le maître d'ouvrage : LE NICKEL – SLN ;

L'ouvrage est un silo cylindrique de 15.000 m de hauteur et de 95.000 m de diamètre, il comporte un tunnel technique et un fût central qui permettent l'alimentation et l'évacuation du charbon.

1.2. Extraits du CCTP

1.2.1. Consistance et déroulement des études d'exécution

Les adaptations de dimensions de coffrage consécutives au calcul d'exécution détaillé sont à la charge de l'Entrepreneur.

1.2.1.1. Organisation des études

- PAQ études,
- liste des documents d'études,
- calendrier prévisionnel de remise des documents, ...

1.2.1.2. Modalités d'exécution et ouvrages provisoires

- plans des pistes et plates-formes provisoires,
- plans et notes de calcul (stabilité interne et externe dans les différentes phases de construction) des ouvrages provisoires,
- cinématique de construction et plans de phasage de construction,
- plans et notes de calculs des batardeaux destinés à l'exécution des éléments de la structure réalisés sous le niveau de la nappe.

1.2.1.3. Documents généraux

- note d'hypothèses générales,
- plans définissant les caractéristiques générales des différents ouvrages et leur implantation,
- plans et notes de calcul (stabilité interne et externe dans les différentes phases de construction et en service) des ouvrages.

1.2.1.4. Semelles de fondation, tunnels, voile du puits central, et radiers

- note de calculs des pieux,
- notes de calculs des éléments de béton armé,
- plans de coffrage et d'armatures,
- toute autre note de calcul ou plan permettant de compléter le projet.

1.2.1.5. Voile périphérique du stockage

- cinématique de réalisation du voile et consignes d'exécution,
- notes de calculs du béton armé,
- plans de coffrage et d'armatures,
- toute autre note de calcul ou plan permettant de compléter le projet.

1.2.2. Actions

1.2.2.1. Charges permanentes

Elles sont notées CP.

On distingue celles de poids propre et celles provenant des équipements.
Les effets de ces charges sont à calculer avec la valeur différée du module de déformation du béton.

1.2.2.1.1. Poids propre des pieux, voiles, radiers et les éléments de structures en béton armé

Les effets du poids propre sont calculés sur la base des dessins de coffrage en attribuant au béton un poids volumique de 25 kN/m^3 et en tenant compte des divers épaissements locaux, bossages, goussets.

Les différentes parties d'ouvrage seront calculées pour résister aux systèmes de charges les plus défavorables, compte tenu du poids propre des ouvrages y compris cloisons, revêtements divers et tous matériaux de seconds œuvres.

1.2.2.1.2. Equipements sur fût central, structures du dôme de couverture, et passerelle en tête du voile

Les actions dues au poids propre des équipements fixés sur les différents ouvrages de toute nature seront prises en compte avec leur valeur maximale ou minimale, évaluée à partir des plans guides.

En outre, on prendra en compte la chape en béton sacrificiel sur le radier général d'épaisseur 5 cm et de 25 kN/m^3 de poids volumique,

1.2.2.2. Actions du charbon

Les effets du poids du charbon sont calculés sur la base d'un tas de charbon d'une hauteur de stockage comprise entre 15 m, 24 m et 0 m suivant disposition indiquée dans les plans guides. L'action de la poussée du charbon (statique et dynamique) sur le voile périphérique et de la stabilisation par poids propre sur le talon de la semelle est prise en compte sur la base des valeurs caractéristiques suivantes du charbon :

- poids volumique : $\rho = 10 \text{ kN/m}^3$,
- angle de talutage : 40° ,
- cohésion $C = 0$,
- angle de frottement : le plus défavorable de 35° et 40° .

1.2.2.3. Actions des remblais

Les actions dues aux remblais seront prises en compte avec les données suivantes :

- poids volumique : $\rho = 20 \text{ kN/m}^3$,
- cohésion $c = 0$,
- angle de frottement : 35° .

1.2.2.4. Actions climatiques

Leurs effets sont à calculer avec la valeur instantanée du module de déformation du béton.

1.2.2.4.1. Action du vent

On la note : W.

Les effets du vent doivent être étudiés, par l'application de la norme NF EN 1991-1-1-4 Eurocode 1 Actions sur les structures Actions du vent

Le vent s'applique sur toutes les surfaces offertes.

1.2.2.4.2. Actions dues aux effets thermiques

On la note T.

La valeur du coefficient de dilatation thermique du béton et des aciers de toute nature est fixée à $10^{-5} / ^\circ\text{C}$ dans les calculs.

La structure est soumise à des augmentations ou diminutions de température générales. Les valeurs caractéristiques maximales et minimales des variations de température pour les éléments en béton armé sont $+14^\circ\text{C}$ ou -10°C autour d'une valeur de la température ambiante initiale de 25°C .

1.2.2.5. Effets du retrait du béton

L'effet du retrait correspondra à un raccourcissement relatif final du béton égal à $3,0 \cdot 10^{-4}$.

1.2.2.6. Séisme

Le site est en zone sismique. Une accélération de $0,15 \text{ g}$, soit $a_N = 1,5 \text{ m/s}^2$, est prise en compte.

1.2.3. Combinaisons principales des actions

Dans ce qui suit, on désigne les actions par :

- **G_{max}** = l'ensemble des actions permanentes défavorables
- **G_{min}** = l'ensemble des actions permanentes favorables
- **T** = actions dues aux effets thermiques d'ensemble
- **W** = Actions dues aux effets du vent en service (vent cyclonique)
- **E** = Actions accidentelles dues au séisme

On décomposera les charges permanentes de la manière suivante :

- **G₁** Poids propre de la structure béton armé
- **G₂** Poids propre structure, couverture et équipements dôme
- **G₃** Poussée due au charbon, y compris poids stabilisant sur le talon de la semelle

ELS quasi-permanent

- $G_{max} + G_{min} = G_1 + G_2 + (0 \text{ ou } 1) G_3$

En effet, le stockage pouvant être alternativement rempli ou non de charbon, il y a lieu de considérer le stockage vide ou plein.

ELS rare

- $G_{max} + G_{min} + T + 0,6 W$
- $G_{max} + G_{min} + 0,6T + W$

ELU fondamental

- $1,35 G_{max} + G_{min} + 1,5T$
- $1,35 G_{max} + G_{min} + 1,5W$

ELU accidentel séisme

- $G_{max} + G_{min} + E$

1.2.4. Hypothèses de calcul

Cet article expose l'essentiel des règles de calculs et de justifications des ouvrages d'art et des soutènements. Ces rappels ou précisions ne sont cependant pas limitatifs.

1.2.4.1. Règlements de calcul et textes réglementaires

1.2.4.1.1. Textes réglementaires généraux

Pour les besoins du sujet, les textes retenus sont ceux cités en introduction du document.

1.2.4.1.2. Règles relatives aux structures en béton armé

De manière générale, les justifications relatives aux semelles, radiers, piédroits, traverses et murs, sont menées conformément à la norme NF EN 1992-1-1 Eurocode 2 Calcul des structures en béton Partie 1-1 Règles générales et règles pour les bâtiments

1.2.4.1.3. Règles spécifiques aux fondations

Les justifications des fondations, exceptées celles des murs de soutènements, seront menées selon les règles définies dans le fascicule 62 titre V du CCTG.

1.2.4.2. Dispositions générales

1.2.4.2.1. Limite élastique des aciers passifs

Quelle que soit la nuance des aciers de béton armé utilisés, les caractéristiques et adhérences de calcul ne seront pas supérieures à celles des aciers FeE500.

1.2.4.2.2. Dispositions constructives

L'enrobage des armatures est de 5 cm pour tous les éléments de structure hors pieux, pour lesquels un enrobage de 7 cm est retenu.

Tous les recouvrements devront être alternés.

1.2.5. Terrassements

1.2.5.1. Nature et consistance des travaux

Les terrassements regroupent toutes les opérations de terrassements nécessaires pour l'exécution des fondations des ouvrages et le remblaiement des fouilles.

Les travaux de terrassement concernant les ouvrages comprennent les tâches suivantes au droit des ouvrages :

- le piquetage des emprises,
- le décapage de la plateforme,
- les purges et remblais de substitution éventuels,
- l'exécution des déblais de fouilles, le drainage et protection des fouilles, les blindages et soutènements éventuels,
- la fourniture des matériaux,
- l'exécution des remblais,
- les contrôles.

L'entrepreneur aura à produire des documents préalablement à l'exécution des travaux, pendant et après les travaux.

Ces documents devront recevoir le visa du maître d'œuvre avant le lancement des travaux concernés.

1.2.6. Fondations profondes

1.2.6.1. Prescriptions générales

Les fondations profondes seront exécutées conformément aux dispositions du DTU 13.2 et du fascicule 68 du C.C.T.G.

Les pieux des ouvrages ont un diamètre 1000 mm, ils seront armés sur toute la hauteur. Ils seront fichés dans le substratum rocheux ou dans une profondeur suffisante d'altérations.

La longueur de pieux sera déterminée par l'entreprise dans le cadre de ses calculs d'exécution.

Il est précisé que les rapports géotechniques figurent dans le dossier à titre indicatif ; les longueurs des pieux indiquées sur les plans n'ont qu'un caractère estimatif : les longueurs définitives seront arrêtées en cours de travaux d'après les résultats des études d'exécution.

1.2.6.2. Implantation

La tolérance d'implantation des têtes de pieux finis est fixée à plus ou moins dix (10) centimètres.

Le défaut de verticalité d'un pieu, après forage, ne devra pas excéder cinq (5) millimètres par mètre en moyenne sur toute sa longueur.

Les procédés de forage et d'exécution seront décrits dans le PAQ. Le PAQ définira notamment :

- les installations de travail (aires de travail et de stockage en particulier),
- le matériel de forage,
- le contenu et la présentation du carnet de forage,
- le mode d'excavation, d'essorage et d'évacuation des déblais,
- les dispositions relatives à la tenue des parois,
- le mode d'arrimage et de mise en place des armatures,
- le mode de nettoyage du fond de forage, après forage et mise en place de la cage d'armatures,
- le mode de récupération des chemises (en cas de forage sous gaine),
- le mode de préparation et de recyclage de la boue (en cas de forage à la boue)
- le mode de bétonnage,
- le carottage de fond de pieu,
- les auscultations soniques,
- le mode d'injection des tubes d'auscultation et de carottage,
- le recépage (le recépage des pieux au brise-béton porté par une pelle hydraulique est interdit).

Les travaux de curage de fond de forage, de mise en place des cages d'armatures, de bétonnage de pieu et de retrait des tubages provisoires devront être faits obligatoirement en présence d'une personne d'un laboratoire extérieur indépendant du Groupement qui assurera le contrôle externe de l'exécution des pieux. L'absence de cette personne durant ces opérations entraînera nécessairement l'arrêt des tâches précitées. Un compte-rendu de ces travaux devra être fourni au Maître d'Oeuvre par cette personne, précisant notamment l'heure de début et de fin de chaque opération et les incidents éventuels relevés au cours de chacune d'elles.

1.2.7. Bétons

Désignation du type de béton	Domaine d'emploi	Classe de résistance à la compression	Classe d'exposition et de chlorure	Classe de chlorure	Classe de consistance	E/C	Diamètre max D des granulats (mm)
B1	Béton de propreté	BaG1	XS1	Cl 1,0	S2	0,50	40
B2	Béton de blocage	BaG1	XS1	Cl 1,0	S2	0,45	40
B3.1	Fondations profondes	C35/45	XS2	Cl 0,20	S2	0,40	25
B3.2 (hors nappe)	Semelles de fondations superficielles, piédroits des tunnels, radiers et voiles enterrés (hors nappe)	C30/40	XS1	Cl 0,20	S2	0,40	25
B3.3 (sous niveau nappe)	Semelles de fondations superficielles, piédroits des tunnels, radiers et voiles enterrés (sous niveau nappe)	C35/45	XS2	Cl 0,20	S2	0,40	25
B4	Béton en élévation de voile	C30/40	XS1	Cl 0,20	S2	0,40	20

1.2.7.1. Mise en oeuvre

1.2.7.1.1. Généralités

La mise en oeuvre des bétons sera réalisée conformément au fascicule 65A - 71 à 77.

Au moins quatre heures avant tout coulage de béton, l'Entrepreneur devra prévenir le Maître d'oeuvre pour lui remettre les résultats du contrôle intérieur et lui permettre de vérifier la mise en oeuvre des armatures.

L'Entrepreneur devra fournir, **au plus tard quinze (15) jours avant le début de bétonnage** d'un nouveau type de structure, le programme de bétonnage qui s'y rapporte, dans les conditions fixées par le fascicule 65A - 75.2.

La qualité d'aspect des parements en béton devra être particulièrement soignée et on cherchera systématiquement à limiter les différences de teinte du béton.

1.2.7.1.2. Vibration

L'article 74.2 du fascicule 65A du C.C.T.G. est complété ainsi : Il ne sera agréé que les vibrateurs à fréquence élevée, supérieure à douze mille (12 000) cycles par minute.

L'Entreprise devra constamment posséder un nombre de vibreurs suffisants en fonctionnement pour assurer un serrage régulier et total de la cadence de bétonnage. Elle devra avoir sur chantier un assortiment de diamètres de 25 à 100 mm permettant la vibration dans toutes les conditions.

La vibration sera assurée par un personnel compétent. Le Maître d'oeuvre pourra récuser, s'il l'estime nécessaire, tout ouvrier qui effectuerait cette opération dans de mauvaises conditions.

...

1.2.7.1.3. Durcissement

Durant les premiers âges du béton, il est indispensable de maintenir une hygrométrie suffisante pour permettre l'hydratation du ciment.

Le béton frais sera protégé contre les intempéries dès la fin du bétonnage (effets desséchants du soleil et du vent, délavant de la pluie, ...).

1.2.7.1.4. Décoffrage

Les opérations seront effectuées sur proposition de l'Entrepreneur et après accord du Maître d'œuvre en liaison avec le programme correspondant et celui de bétonnage.

Les parties d'ouvrages soumises à des sollicitations de flexion après leur décoffrage, ne pourront être décoffrées que lorsque le béton aura atteint une résistance moyenne à la compression de 20 MPa et au minimum 48 h après la fin du bétonnage.

Les réservations pour fixation de coffrage devront être rebouchées en surface comme en sous-face au plus tard avant la mise en œuvre des revêtements de surface.

1.2.7.1.5. Cure

La cure du béton sera menée conformément au fascicule 65A - 74.6 et le type de procédé retenu sera soumis à l'acceptation du Maître d'œuvre.

1.2.7.1.6. Reprises de bétonnage

Toutes les reprises de bétonnage seront rectilignes.

Les reprises de bétonnage non prévues sur les plans d'exécution sont interdites.

Sauf proposition contraire et justifiée de l'Entrepreneur, les reprises de bétonnage sur les parements ne seront admises qu'à condition qu'elles soient arrêtées par une baguette fixée au coffrage et retirée avant le bétonnage suivant. La position et le profil de cette baguette seront arrêtés en accord avec le Maître d'œuvre.

1.2.7.2. Parements et coffrages

1.2.7.2.1. Généralités

Le PAQ précisera les moyens que l'Entrepreneur propose pour obtenir les résultats imposés par le Marché et la nature des peaux de coffrage pour parements simple, fins.

Ces moyens feront l'objet d'épreuves de convenance.

L'utilisation de bois brut pour la confection des parements fins est interdite.

Les coffrages ne devront comporter aucun dispositif de fixation non prévu sur les dessins d'exécution. Ceux-ci peuvent prévoir des trous régulièrement espacés sur les parements. Les liaisons d'étanchéité entre les écarteurs et les panneaux de coffrage des parements fins seront assurées par des pièces en plastique tronconiques. Ces pièces seront enlevées au décoffrage. Les trous d'écarteur seront bouchés en parement.

Les traces laissées par les soudures dans les coffrages métalliques devront être limitées.

Les coffrages, quelle que soit leur nature, seront maintenus dans un état de propreté satisfaisant. Il faudra ainsi éviter de laisser en fond de coffrage des traces de rouille (transfert dû à la pluie ou à la manutention, ...) ou des fils de ligature qui auraient pu s'y déposer.

Les coffrages seront étanches et indéformables. Pour un même type de pièces, ils seront du même type afin d'obtenir un aspect final identique.

Les joints entre panneaux de coffrage élémentaires seront mastiqués pour éviter toute perte de laitance au moment du bétonnage.

1.2.7.2.2. Parois de coffrage pour parements fins

En cas d'utilisation de coffrages métalliques, les panneaux auront une épaisseur minimale de 5 mm et seront décapés par sablage puis nettoyés avant chaque utilisation.

En cas d'utilisation des coffrages en bois, des éléments témoins coffrés avec peaux en bois peint et peaux en bois naturel seront réalisés (voir article 3.4 du présent sous-livret). Le choix du type de peau à utiliser pour l'ensemble du chantier sera défini, au vu de ces essais, par le Maître d'œuvre.

Les panneaux en bois devront tous présenter un nombre de réutilisation voisin. Le nombre de réemplois des coffrages bois avant régénération et le nombre de réemplois avant remplacement sera

proposé par l'Entrepreneur dans le cadre de son PAQ, accompagnés des critères d'appréciation de l'état des coffrages.

Les modes d'utilisation des différents coffrages :

- nature et application des produits de démoulage (huiles végétales),
- protection juste après décoffrage,
- mode de stockage d'attente des panneaux et protection de ceux-ci,
- mode de manutention, de réglage, de traitement des joints,
- seront arrêtés au cours des épreuves de convenances et strictement appliqués pendant toute la durée du chantier.

Toutes les arêtes autres que les cannelures seront chanfreinées 1 cm x 1 cm à 2 cm x 2 cm, à convenir avec le maître d'œuvre.

L'entreprise fournira alors au maître d'œuvre les plans/méthodes du coffrage des faces intérieures des tunnels et du voile périphériques du stockage en plus des plans de coffrage d'exécution.

Les cales nécessaires au maintien du ferrailage seront impérativement en béton et la face en appui sur le coffrage sera plane.

1.2.7.2.3. Assurance de la qualité

1.2.7.2.3.1. Contrôle intérieur

Le PAQ précisera les dispositions qui seront prises d'une part pour mettre en œuvre et contrôler les coffrages et d'autre part pour assurer la protection des parements après décoffrage.

Les résultats du contrôle intérieur seront remis au Maître d'œuvre dans le but d'obtenir l'autorisation de bétonnage.

1.2.7.2.3.2. Contrôle extérieur

Le Maître d'œuvre peut procéder à un contrôle des coffrages. Ce contrôle portera en particulier, sur l'état des peaux, la mise en œuvre du produit de démoulage et la propreté du fond de moule.

Le Maître d'œuvre procédera à la réception des parements.

B – Etudes demandées

B1- Etude technique du voile périphérique et de ses fondations

Le voile périphérique circulaire de 15 mètres de hauteur et de 95 mètres de diamètre intérieur fait office de mur de soutènement pour le charbon stocké ; ce voile repose sur une semelle filante, elle-même s'appuyant sur des pieux ; le dôme métallique de couverture du stockage, exclu de cette étude, repose en tête de voile par l'intermédiaire de 30 platines.

Cette partie du sujet aborde le dimensionnement des éléments principaux de ce voile, en commençant par une étude des sollicitations en pied de voile.

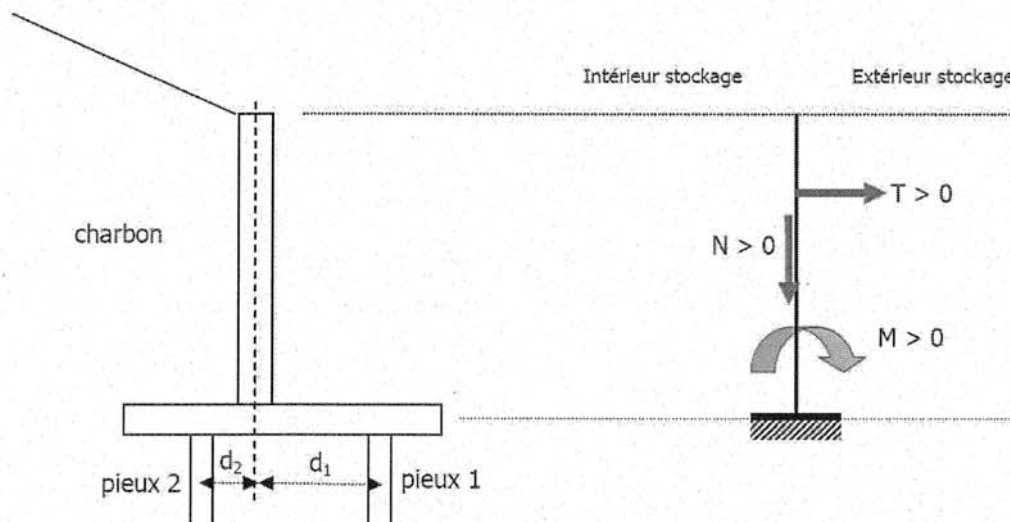
1. Sollicitations en pied de voile

Le voile périphérique est calculé comme un mur de soutènement avec talon, dont la stabilité est assurée par le poids propre, l'encastrement semelle + pieux et la participation du charbon sur la talon.

Le voile est susceptible, par un déplacement suffisant, de laisser se développer dans le remblai un état limite de poussée.

- **Pourquoi la structure ne peut-elle pas être calculée comme un bassin en prenant en compte un effet de résistance des armatures longitudinales (type tonneau)?**

L'objectif de cette partie est de calculer les sollicitations en pied de voile, selon les conventions suivantes :



En utilisant les données de la présentation, les plans et les annexes, vous devez :

- **Calculer les sollicitations élémentaires dues aux poids propres, à la poussée du charbon (avec $\varphi=35^\circ$ uniquement), à l'action du séisme, effectuer les combinaisons d'actions et compléter le tableau du document réponse R1. Le point d'application du torseur des efforts est la base du voile et 0.25m de l'avant du voile (côté extérieur).**

2. Dimensionnement du ferrailage longitudinal en pied de voile

Le dimensionnement du ferrailage longitudinal en pied de voile se fait à partir des sollicitations calculées dans le document réponse R1.

- **Expliquer, au vu des résultats obtenus en 1, pourquoi le calcul à l'ELU accidentel n'est à priori pas dimensionnant.**

On envisage donc un prédimensionnement à l'ELU fondamental en flexion composée, assorti d'une vérification à l'ELS et d'un choix de solution de ferrailage de principe.

- **Calculer l'acier nécessaire à l'équilibre à l'ELU et faites un premier choix d'aciers**
- **Vérifier les critères de l'ELS correspondant au béton du voile, toujours pour la section d'encastrement étudiée, en particulier en ce qui concerne l'ouverture de fissure. L'approche simplifiée forfaitaire de l'Eurocode 2 est suffisante.**
- **Proposer un croquis de ferrailage de principe de cette section, pour un ml courant de voile.**

3. Implantation des pieux

On considère que le torseur des efforts en pied de voile au mètre linéaire est le suivant :

$N = 1,39 \text{ MN}$; $M = 2,23 \text{ MN.m}$ et $T = 0,93 \text{ MN}$.

Pour ce calcul, on négligera la poussée supplémentaire sur la hauteur de semelle et on considérera les paires de pieux espacées de 5m.

Il est précisé que le joint entre radier et semelle sous voile interdit tout report des charges du radier sur la semelle.

- **Donner en fonction du paramètre d_2 , la valeur des efforts s'appliquant en tête de chaque pieu.**
- **Calculer la valeur de d_2 optimale pour les charges de pieux.**

On constate que la valeur de d_2 trouvée n'est pas celle qui a été retenue d'après les concepteurs du projet.

- **Veillez expliquer pourquoi.**

B2- Etudes de réalisation

1. Réalisation de la paroi périphérique

Compte tenu des dimensions de l'ouvrage, l'entreprise titulaire du marché a proposé de réaliser le voile périphérique et ses fondations en 36 facettes planes, et a choisi d'utiliser du béton auto-plaçant.

Vous êtes, dans le bureau des méthodes, chargé d'établir les modes opératoires ; on vous demande d'organiser le travail en réalisant d'abord les facettes primaires, puis les facettes secondaires :

- **Définir les avantages et les contraintes** de ce choix.

Compte tenu des données des documents annexes D3 et D4:

- Sur le document réponse R2, **définir la position de l'about de coffrage** du voile des facettes primaires et **justifier votre choix**.
- **Déterminer les éléments de coffrage nécessaires** pour la réalisation du voile des facettes primaires, puis des facettes secondaires.
- **Déterminer le temps de bétonnage du voile** d'une facette, définir la procédure de coulage et **choisir la pompe à béton** correspondante.

Compte tenu des données du document annexe D5 :

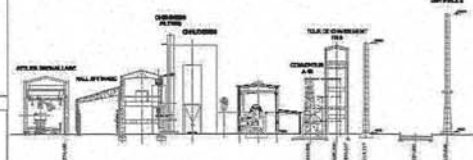
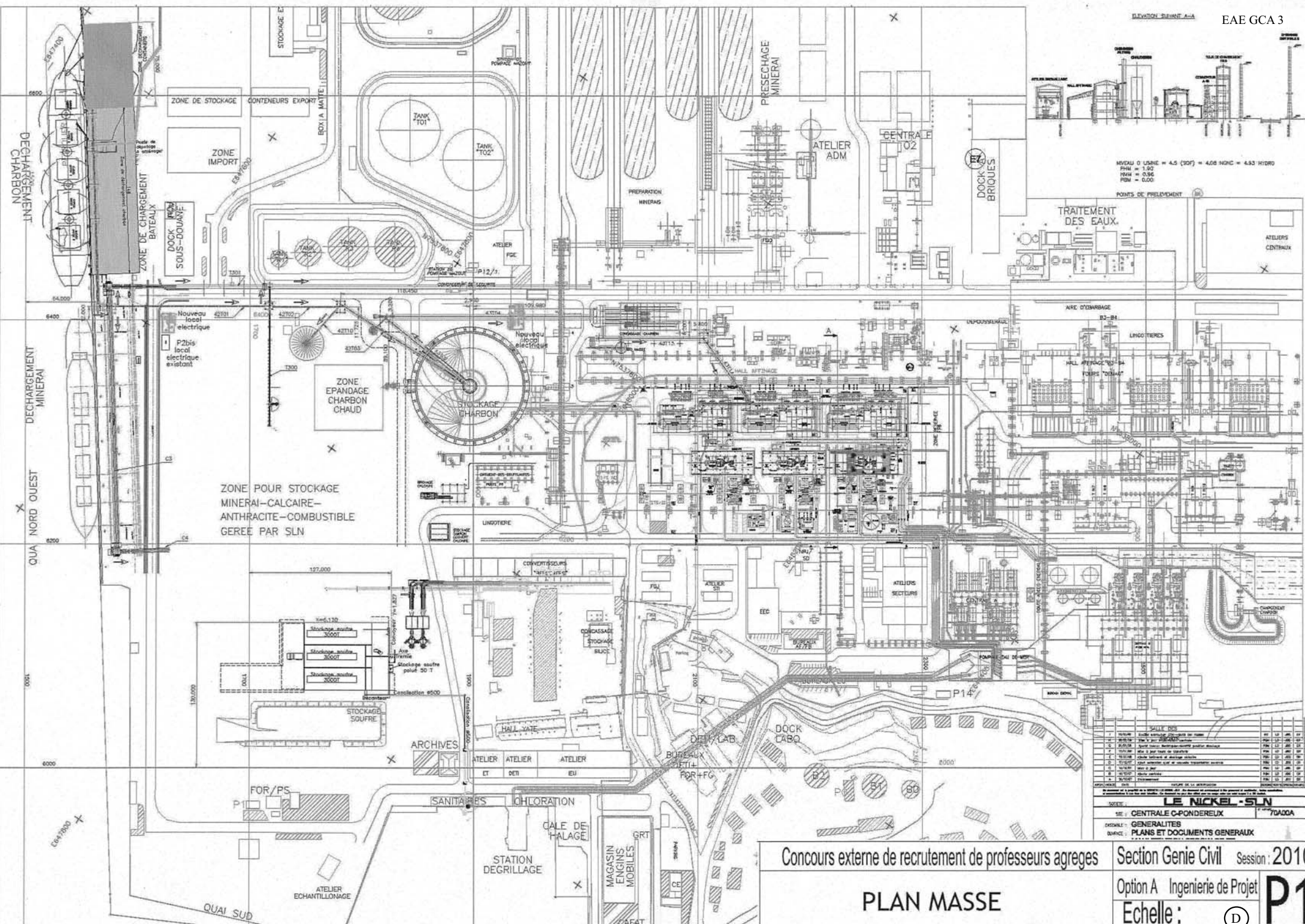
- **Établir le déboursé sec de la réalisation de l'ensemble** d'une facette primaire (semelle et voile) en complétant les documents réponses R3 et R4 et le **prix de vente** hors taxe de l'ensemble de cette facette si l'on veut bétonner le voile d'une facette tous les cinq jours.

2. Réalisation du noyau central

Vous êtes le conducteur de travaux de l'entreprise titulaire du marché du gros œuvre en béton armé qui réalise le noyau central et vous devez préparer ces travaux :

En tenant compte du document annexe D6 :

- **Quantifier les travaux** relatifs à la réalisation de la partie en béton armé du noyau central de l'altitude -3.200 jusqu'au niveau + 5.380.
- **Définir le phasage des travaux** ainsi que les reprises de bétonnage entre les différentes parties en argumentant votre choix
- **Présenter les modes constructifs** que vous avez retenu pour chaque phase de travaux en argumentant vos choix. Cette présentation devra être accompagnée de schémas soignés définissant le matériel utilisé et prenant en compte les contraintes liées à la sécurité.
- **Déterminer les effectifs et constituer les équipes**



NIVEAU 0 USINE = 4.5 (30F) = 4.08 NGIC = 4.53 HDRO
 PMU = 1.92
 PMA = 0.96
 PM = 0.00

POINTS DE PRELEVEMENT

SAISIE DES			
1	16/03/08	Plan de masse	100%
2	20/03/08	Plan de masse	100%
3	24/03/08	Plan de masse	100%
4	28/03/08	Plan de masse	100%
5	01/04/08	Plan de masse	100%
6	05/04/08	Plan de masse	100%
7	09/04/08	Plan de masse	100%
8	13/04/08	Plan de masse	100%
9	17/04/08	Plan de masse	100%
10	21/04/08	Plan de masse	100%
11	25/04/08	Plan de masse	100%
12	29/04/08	Plan de masse	100%
13	03/05/08	Plan de masse	100%
14	07/05/08	Plan de masse	100%
15	11/05/08	Plan de masse	100%
16	15/05/08	Plan de masse	100%
17	19/05/08	Plan de masse	100%
18	23/05/08	Plan de masse	100%
19	27/05/08	Plan de masse	100%
20	31/05/08	Plan de masse	100%

LE NICKEL - SLN
 70ADDA

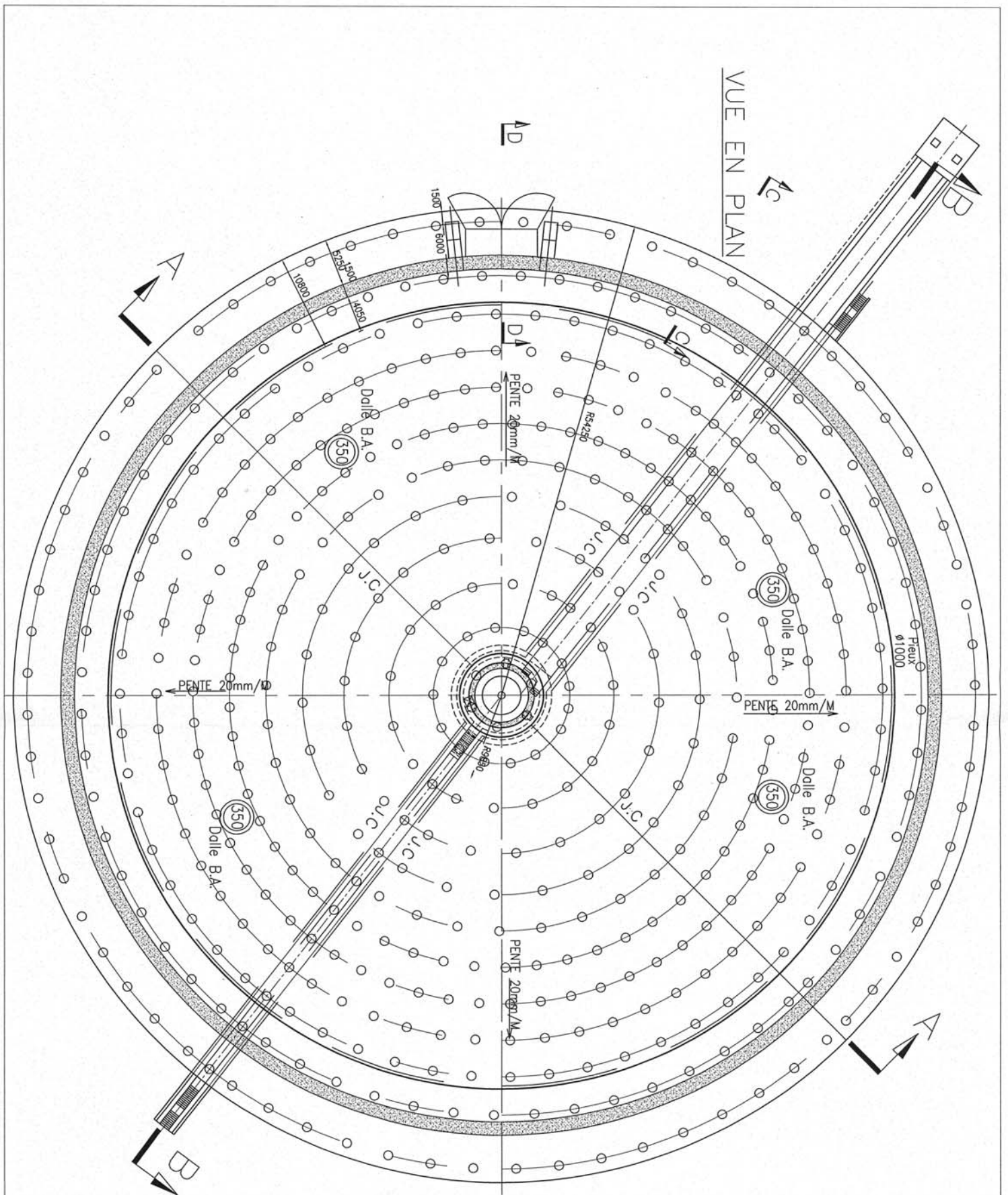
Concours externe de recrutement de professeurs agrégés

Section Genie Civil Session : 2010

Option A Ingenierie de Projet

Echelle : (D) **P1**

PLAN MASSE



Concours externe de recrutement de professeurs agréés

Section Génie Civil Session : 2010

SILOS de STOCKAGE
FONDATEURS

Option A Ingénierie de Projet

Echelle : 1/400

P2