

SESSION 2013

AGRÉGATION
CONCOURS EXTERNE

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
ET INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS**

**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME,
D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 6 heures

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.

NF EN 1990 Eurocode 0 : Bases de calcul des structures ;

NF EN 1991 Eurocode 1 : Actions sur les structures ;

NF EN 1992 Eurocode 2 : Calcul des structures en béton ;

NF EN 1993 Eurocode 3 : Calcul des structures en acier ;

NF EN 1994 Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier-béton.

Règles TH-Bât.

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

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 : 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.

RECOMMANDATIONS

Toutes les données manquantes sont laissées à votre libre choix et toutes les hypothèses **seront soigneusement justifiées.**

Documents constituant le dossier :

Sujet :

- | | | |
|---|--|---------|
| A | – Présentation générale de l'opération | 5 pages |
| B | – Etudes demandées | 5 pages |

Documents annexes : 12 pages

- C1 – Plan d'architecte de l'étage.
- C2 – Coupes d'architecte A-A et B-B.
- C3 – Zone 4 – plan d'architecte des sanitaires et vue 3D du réseau.
- C4 – Hall bassin loisir-détente – vue d'ensemble.
- C5 – Voile ludique – détail du voile circulaire à étudier.
- C6 – Plan de coffrage du plancher haut sous-sol.
- C7 – Détail – plan de coffrage au droit de la poutre continue P10-P17.
- C8 – Pertes de charges dans les réseaux aérauliques.
- C9 – Données pour établissement du devis de la partie aéraulique.
- C10 – Documentations techniques de banches courbes.

Documents réponses : 6 pages

- DR1 – Devis quantitatif estimatif des sanitaires de la zone 4 – lot CVC.
- DR2 – Schéma de principe.
- DR3 – Diagramme de l'air humide situation hivernale.
- DR4 – Diagramme de l'air humide situation mi saison.
- DR5 – Calepinage de banches.
- DR6 – Sollicitations agissantes sur la travée P13-P14, élévation, coupe.

A – Présentation générale de l'opération

Contexte socio-économique

Afin de développer l'accès et l'apprentissage de la natation, la communauté d'agglomération de Limoges a inscrit au contrat d'agglomération 2008-2013 la création d'un nouveau grand centre aquatique. Outre les activités élémentaires de natation, ce bâtiment permettra la pratique ludique et disposera d'un centre de santé.

Ce projet est composé de 12 000 m² couverts et 27 000 m² de surfaces extérieures dont 550 places de parking et de grandes surfaces végétalisées et minéralisées.

Il s'articulera autour de 3 grandes zones :

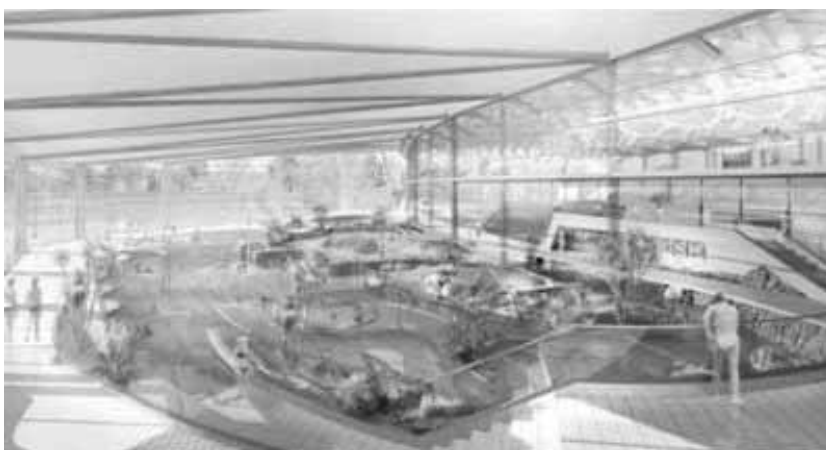
- des zones bassins composées d'un bassin sportif, d'un bassin de récupération et de détente, d'un bassin pour la petite enfance, d'un hall loisir et d'équipements divers tels que vestiaires, gradins ... pouvant accueillir des compétitions internationales ;
- un espace santé - bien être regroupant sauna, hammam, spa ...
- un restaurant de 400 m².

Outre ces objectifs à long terme, la construction du centre aquatique nécessitera approximativement 350 000 heures de travail, permettant ainsi de soutenir l'activité du BTP pendant une période où les projets de construction sont moins nombreux.

Le financement, qui s'élève à 49 millions d'euros, est réparti entre divers fonds nationaux et européens, le département, la région, et surtout la communauté métropole de Limoges.



Aménagements extérieurs



Zones bassins

Crédits photo : maîtrise d'œuvre du projet

Conception générale de l'ouvrage

Toutes les données techniques et financières proposées sont indépendantes du projet réel. Ces données sont proposées à l'épreuve, mais néanmoins parfaitement réalistes.

1. Structure et enveloppe

1.1. Structure

La structure, composée d'une infrastructure béton, repose sur des pieux coulés à la tarière creuse. La couverture s'appuiera sur une charpente mixte bois-métal.

1.1.1. Hypothèses retenues

Durée d'utilisation de projet : 50 ans.

Classe d'exposition des bétons intérieurs : XD2 pour les porteurs horizontaux.

1.1.2. Matériaux

Béton C 30/37, la maîtrise de la qualité du béton est assurée par un système de contrôle qualité complet.

Aciers B 500 B pour toutes les armatures passives. L'entreprise qui préfabrique en usine les retombées de poutre possède un stock très important d'armatures Haute Adhérence de diamètre 10 mm. Elle souhaite utiliser impérativement ce stock pour réaliser les retombées de poutre, du moins pour ses armatures longitudinales de flexion. Le choix constructif du bureau d'étude prendra donc en compte cette exigence « entreprise ».

1.1.3. Choix constructif

Les retombées de poutre en béton armé, étudiées en partie B4, sont réalisées en usine grâce à des bancs de préfabrication dédiés offrant la possibilité d'un contrôle rigoureux de la position des armatures avant le coulage. Le contrôle qualité associé permet de justifier une valeur de tolérance pour écart d'exécution de 5 mm seulement. Chaque retombée préfabriquée comprend un repos de 50 mm au-delà de chaque nu « d'appui ». La mise en place des retombées se trouve facilitée par cette disposition courante.

La poutre continue présentée sur le document C7 repose sur des poteaux en béton armé identiques de section rectangulaire 800 mm x 500 mm. Les poteaux sont coulés en place sur site.

1.2. Caractéristiques des parois de l'enveloppe de la piscine

Pour économiser de l'énergie, éviter les risques de condensation, les dégradations qui en découlent et surtout les ponts thermiques, la maîtrise d'œuvre a retenu une isolation par l'extérieur. Ce dispositif permet de supprimer les zones froides dues aux ponts thermiques. Des double-vitrages ont été choisis pour les mêmes raisons.

En outre, les parois du bâtiment respecteront les garde-fous de la RT 2005.

2. Equipements (extraits du lot CVC)

Les différents travaux du lot « Chauffage - Traitement d'air – Rafraîchissement », se décomposent de la façon suivante :

2.1. Chauffage.

Création d'une sous-station de chauffage, raccordée à un réseau de chauffage urbain pour la production de chaleur, alimentant la distribution intérieure de l'établissement.

Un circuit à haute température (90/70 °C) alimentera :

- les Centrales de Traitement d'Air (halls bassins, vestiaires, accueil, remise en forme) ;
- la production d'ECS.

Un circuit à température moyenne alimentera :

- le chauffage de l'eau des bassins ;
- le chauffage par plancher chauffant.

Ce dernier circuit est alimenté par une pompe à chaleur à absorption qui produit d'un côté de l'eau glacée (7/12 °C) et de l'autre de l'eau chaude basse température (35/31°C). Cette pompe à chaleur sera alimentée en énergie par le réseau haute température (90/70 °C) provenant de la sous-station.

2.2. Ventilation et traitement de l'air

Le traitement d'air est dissocié en plusieurs zones indépendantes :

Les zones halls bassins : ces zones sont en surpression par rapport à l'extérieur, et en dépression par rapport au reste du bâtiment. Cette stratégie permet de limiter la diffusion de l'humidité et des pollutions dans le reste du bâtiment.

Ces zones sont traitées de manière indépendante (Hall Bassin Sportif, Hall Bassin Loisir Détente, etc..) par des Centrales de Traitement d'Air fournissant un débit suffisant et permettant d'atteindre un taux de brassage de 12 volumes par heure.

Les Centrales de Traitement d'Air couplées par deux et montées en parallèle assurent :

- pour la première : le renouvellement et la modulation en air neuf. Elle est composée :
 - d'un récupérateur d'énergie sur l'air matérialisé par un échangeur à roue d'une efficacité de 80 % ;
 - d'une batterie chaude alimentée par le réseau haute température.

Cette centrale participe à hauteur de 70 % à la fourniture du débit en air traité du hall.

- pour la seconde : le complément en déshumidification thermodynamique. Elle est composée :
 - d'une batterie froide d'une efficacité nominale de 80% alimentée par le réseau 7/12°C ;
 - d'une récupération d'énergie matérialisée par un échangeur à roue d'une efficacité de 80% permettant de limiter la puissance de la batterie froide et d'améliorer l'efficacité de ce dispositif de déshumidification.

Cette centrale est dimensionnée de manière à extraire les dégagements de vapeur d'eau des plans d'eaux calmes, avec un facteur de sécurité de 10%. Cette centrale participe à hauteur de 30 % à la fourniture du débit en air traité du hall.

Ces dispositions doivent permettre un découplage entre air neuf et déshumidification, ainsi que la récupération de la chaleur sensible tout en garantissant les conditions d'hygiène et de confort.

Pour le Hall Bassin Loisir et Détente :

- ✓ la puissance des batteries froides sera au total de 200 kW ;
- ✓ la puissance des batteries chaudes sera au total de 370 kW ;
- ✓ le débit d'air neuf devra pouvoir atteindre la valeur de 90 000 m³.h⁻¹.

Le reste du bâtiment : ces zones sont en surpression par rapport aux zones halls bassins. Le renouvellement d'air hygiénique est réalisé par des centrales double-flux, munies d'échangeurs récupérateurs de calories. Ces centrales sont munies de batteries antigel et de chauffage de l'air.

La modulation du débit d'air neuf se fait en fonction de la température extérieure, de l'hygrométrie et de l'occupation de la zone considérée, avec un minimum d'apport d'air neuf.

Des différences de pression seront maintenues par ces systèmes de ventilation afin d'éviter au maximum les transferts d'humidité et de pollution entre locaux :

- bureaux et hall accueil : en surpression par rapport aux locaux environnants ;
- vestiaires : en dépression du côté de l'accueil – en surpression vers les halls bassins ;
- halls bassins : en dépression par rapport aux locaux environnants – et surpression par rapport à l'extérieur ;
- sanitaires et locaux à pollution spécifique : en dépression.

2.3. Bases de calcul

2.3.1. Températures intérieures

Les conditions intérieures sont les suivantes :

- hall d'accueil, bureaux, restaurant salle pieds secs : 20°C ;
- salle de repos, musculation, yoga, cardio-training : 20°C ;
- vestiaires, douches et sanitaires, local MNS, infirmerie : 25°C ;
- halls des bassins HBSE & HBLD, restaurant salle pieds mouillés : 27°C.

2.3.2. Hygrométrie des halls bassins

Dans les halls bassins, l'humidité relative de l'air est maintenue à 70% +/- 10% selon les conditions extérieures.

2.3.3. Caractéristiques climatiques du site

- Lieu : Limoges ;
- Altitude : 316 m ;
- Latitude du lieu : 45° 85' N.

	Conditions extérieures dimensionnantes	
	Température sèche	Humidité relative
Mi saison	22°C	90 %
Hiver	- 9°C	90 %

2.3.4. Renouvellement d'air

Le règlement sanitaire départemental fixe un débit minimum d'air neuf en fonction de la nature du local. Cependant, pour le confort des sportifs et des occupants, des valeurs nettement supérieures sont préconisées par les Règles de l'Art afin d'éviter toutes concentrations de chloramines. Il faut donc retenir, en période d'occupation, les valeurs suivantes :

- halls des bassins HBSE et HBLD et remise en forme : 60 m³.h⁻¹ par personne ;
- douches et vestiaires : 30 m³.h⁻¹ par personne ;
- bureaux et locaux du personnel : 30 m³. h⁻¹ par personne.

2.3.5. Caractéristiques des bassins du Hall Bassin Loisir Détente

Volume du hall : 11 665 m³

Désignation	Surface m ²	Profondeur m	Température °C
Bassin Fun Relax	131,50	1,2 à 1,35	30
Bassin loisir Détente	408,90	1,05 à 1,35	30
Lagune projection d'eau	63,20	0,1 à 0,3	30
Lagune parcours de l'eau	63,30	0,1 à 0,3	30
Bassin petite enfance	30,12	0,1	30
Pentagliss	116,00	0,02	30

2.3.6. Fréquence maximum instantanée :

Elle représente le nombre maximum de personnes pouvant fréquenter une piscine ou un hall bassin à chaque instant. Elle est calculée sur le base du ratio 2 personnes pour 3 m² de surface de bassin – hors pataugeoires (bassins dont la profondeur est inférieure ou égale à 30 cm).

2.3.7. Détermination des charges enthalpiques et hydriques :

La détermination des charges est faite en s'appuyant sur le formulaire suivant :

1. Evaporation de l'eau des bassins :

Flux d'eau évaporé par un bassin en période d'inoccupation :

$$q_m = 2,78 \times 10^{-8} \times (P_{vsat} - P_v) \times S_b$$

Flux d'eau évaporé par un bassin en période d'occupation :

$$q_m = 2,78 \times 10^{-5} \times N + \left(1 + 8,4 \times \frac{n}{S_b}\right) \times 2,78 \times 10^{-8} \times (P_{vsat} - P_v) \times S_b$$

q_m : débit d'eau évaporé exprimé en kg.s^{-1} ;

P_{vsat} : pression de vapeur d'un air saturé à la température de l'eau du bassin en Pa ;

P_v : pression de vapeur de l'air en contact avec le bassin en Pa ;

S_b : surface des bassins m^2 ;

N : nombre d'occupants du bassin ;

n : nombre de baigneurs.

Remarque : on considérera en période de forte occupation que seuls 80 % des occupants sont dans l'eau.

Pression de vapeur :

$$P_v = \frac{H}{100} \times 10^{\frac{7,625 \times T}{241+T} + 2,7817}$$

P_v : pression de vapeur en Pa ;

H : humidité relative exprimée en % ;

T : température de l'air exprimée en °C.

2. Coefficient d'échange global de la surface des bassins avec l'ambiance :

$$h = 10 \frac{W}{\text{m}^2 \times K}$$

3. Paroi en contact avec l'extérieur :

Désignation	Surface [m^2]	Coefficient Garde-Fou RT 2005 [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}$]
Murs	66	0,45
Fenêtre	467	2,60
Toiture bac acier	1065	0,28
Toiture terrasse	252	0,34
Plancher bas	1750	0,40

4. Apports dus aux occupants :

Pour les occupants qui sont hors de l'eau, on considère les apports suivants :

Apports globaux [W]	Apports sensibles [W]	Apports latents [W]
152	114	38

5. Apports solaires :

Pour les situations étudiées, on néglige les apports solaires.

6. Apports liés à l'éclairage :

Pour les situations étudiées, on néglige les apports dus aux systèmes d'éclairage.

B – Etudes demandées

Partie B1 - Equipements techniques

Cette partie d'étude portera sur le réseau d'extraction des sanitaires, accessibles au public, à l'étage de la zone 4 (c.f. annexe C3). L'objectif est :

- de valider le choix des bouches d'extraction ;
- d'établir le prix de vente du réseau.

Le circuit étudié est indépendant : aucune autre bouche n'est liée au groupe de ventilation.

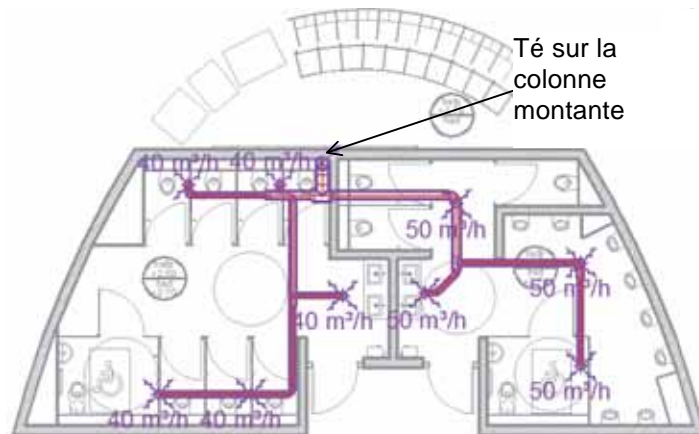
1.1 Réseau d'extraction – vérification

1.1.1 Contrôle des vitesses :

Vérifier que **les vitesses**, dans le réseau proposé en annexe C3, restent inférieures à la valeur de 4 m.s^{-1} .

1.1.2 Equilibrage :

Justifier que **les bouches d'extraction** choisies (annexe C8) permettent d'évacuer l'air en respectant les débits souhaités avec un niveau d'émission sonore inférieur à 25 dBA.



(5 bouches de $40 \text{ m}^3/\text{h}$ coté femmes et 4 bouches $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ coté hommes)

1.2 Réseau d'extraction – étude de prix

1.2.1 Quantitatif :

En partant du réseau proposé à l'annexe C3, **compléter les quantités** pour ce réseau du lot Chauffage - Ventilation - Climatisation (document réponse DR1)

1.2.2 Devis Quantitatif Estimatif :

En s'aidant des données disponibles à l'annexe C9, et par la technique du sous-détail de prix, **déterminer le Prix de Vente Toutes Taxes Comprises**. Après négociation commerciale, consentir une réduction de 2% sur le montant final (document réponse DR1).

1.2.3 Cahier des Clauses Administratives Particulières :

Indiquer les informations que l'on trouve généralement dans un CCAP.

1.2.4 Variation de prix :

Connaissant les données de variation de prix suivantes, **calculer le montant qui sera facturé au maître d'ouvrage** :

- en supposant que la totalité de la partie d'ouvrage estimée à la question 1.2.2 apparaît dans la situation de juin 2012 ;

- et sachant que le marché est révisable avec une partie fixe de 40%, mais qu'il ne sera pas actualisé.

Les clauses de variation de prix indiquées dans les DPM (Documents Particuliers du Marché) sont les suivantes :

« Les prix du marché sont réputés établis sur la base des conditions économiques du mois qui précède celui de la date limite de réception des offres ; ce mois est appelé « mois zéro », soit le mois de septembre 2011. » « Le/les prix du présent marché est/sont révisé(s), à chaque situation en fonction du dernier indice connu (M-3), par application du coefficient C_n déterminé comme suit :

$$c_n = 0,4 + 0,6 \times \left[0,35 \times \frac{BT40}{BT40_0} + 0,35 \times \frac{BT41}{BT41_0} + 0,30 \times \frac{BT38}{BT38_0} \right] »$$

Index BT 39, BT40 et BT41 – c.f. annexe C9

Partie B2 - Etude de la climatisation du Hall Bassin Loisir Détente

L'objectif de cette partie est de valider la solution technique de climatisation proposée par le cahier des charges.

2.1 Analyse de la solution de principe – généralités

- 2.1.1 **Rappeler les spécificités liées au traitement d'air** d'un espace tel que le hall HBLD.
- 2.1.2 En vous appuyant sur le descriptif du lot CVC, **proposer le schéma de principe des Centrales de Traitement d'Air** (sur le document réponse DR2). Ce schéma fera apparaître les différents réseaux aérauliques et hydrauliques ainsi que les organes nécessaires à la régulation.

2.2 Dimensionnement des Centrales de Traitement d'Air

On souhaite, dans cette partie, étudier deux situations climatiques :

- ✓ une situation hivernale ;
- ✓ et une situation en mi saison.

2.2.1 **Déterminer les charges enthalpiques et hydriques à combattre dans le hall bassin pour ces deux situations.** Justifier vos démarches et présenter vos résultats sous forme d'un tableau synthétique.

2.2.2 Sur les documents réponse DR 3 et 4, **tracer les évolutions au sein du système de traitement de l'air pour les situations suivantes :**

- **Hiver 100 % d'occupation**
- **Mi saison 100% d'occupation.**

Justifier vos démarches et présenter les coordonnées des points représentatifs sous forme de tableaux synthétiques.

2.2.3 **Déterminer les puissances nominales des batteries chaudes et froides des CTA** pour les cas étudiés.

2.3 Logiques de fonctionnement

2.3.1 **Expliciter les logiques de fonctionnement des Centrales de Traitement d'Air.** Expliquer notamment la façon dont chaque centrale participe au maintien des conditions intérieures, en soulignant le rôle de chacune d'entre elle. En outre, préciser les paramètres que gèrent les boucles de régulation qui seront présentés sous forme de « graphs » de régulation.

2.3.2 **Conclure** quant à la validité de la solution technique proposée. Justifier votre réponse de manière argumentée.

Partie B3 - Etude des réalisations

Cette partie d'étude portera sur un voile courbe (dit voile ludique) situé au rez-de-chaussée de la zone 5 : Hall Bassin Loisir Détente, entre la rivière rapide et la zone à bulles (c.f. documents C4 et C5).

L'objectif est d'arriver au plan de calepinage des panneaux coffrants en justifiant les solutions techniques retenues.

Remarque : il n'est demandé d'étudier que le voile - sans traiter les sièges (parties horizontales coté intérieur).

3.1 Voile courbe – généralités

3.1.1 **Détailler les différentes fonctions de ce voile.**

3.1.2 Afin de faciliter sa réalisation, **indiquer à quel moment il est préférable de bétonner le voile :**

- expliquer les parties d'ouvrage pouvant avoir une influence sur la méthodologie et le matériel choisi ;
- préciser leur chronologie de réalisation.

3.1.3 **Lister les solutions techniques** qu'il est possible de mettre en œuvre pour réaliser ce voile.

3.2 Calepinage du voile courbe

3.2.1 En imaginant que le choix de l'entreprise se soit porté sur l'utilisation de banches courbes, **parmi les matériels de coffrage de voile circulaire proposés** en annexe C10, **lequel privilégier** pour la réalisation de ce voile. Justifier votre réponse.

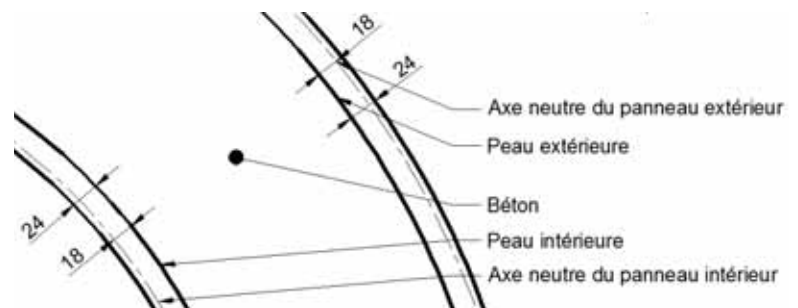
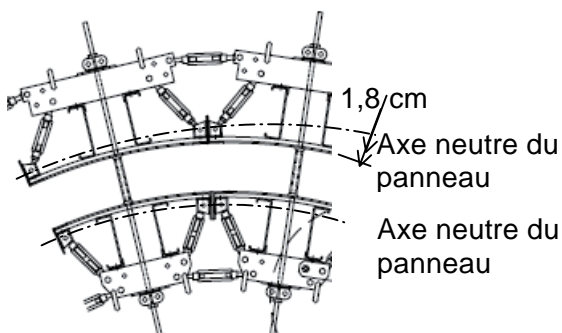
3.2.2 **Préciser l'ensemble des matériels de coffrage qui sont nécessaires** et réaliser le calepinage des coffrages du voile sur le document réponse DR5.

3.2.3 **Démontrer l'équation** permettant de déterminer **l'épaisseur des cales de compensation** e_{cale} (distance en contact avec le béton) en fonction de :

- R_{vi} : rayon de la face intérieure du voile ;
- R_{ve} : rayon de la face extérieure du voile ;
- L_{pi} : longueur du panneau de coffrage intérieur ;
- L_{pe} : longueur du panneau de coffrage extérieur.

Supposer que :

- l'axe neutre de cintrage de la banche retenue est reporté à 1,8 cm en arrière de la peau coffrante (vers les vérins tendeurs) ;
- que la cale de compensation se situera en alignement des banches côté extérieur du voile.



[mm]

3.2.4 **Calculer précisément l'épaisseur des cales de compensation** et compléter la nomenclature.

Partie B4 - Etude d'une structure porteuse

4.1 Choix constructif, modélisation de la structure

La structure porteuse du bâtiment est complexe. Depuis les fondations profondes jusqu'à la charpente mixte bois acier à inertie variable. La structure retenue pour le projet définitif fait néanmoins la part belle au béton armé : poteaux et poutres en béton armé, dallages, dalles et voiles en béton armé - béton coulé en place ou préfabriqué, précontrainte...

Le plancher haut du 1^{er} sous-sol est constitué de poutres continues portant elles-mêmes des dalles continues. Deux choix constructifs courants sont envisagés pour réaliser les planchers : prédalle en béton armé et/ou béton précontraint, dalles alvéolaires précontraintes.

L'objet de cette étude est une poutre continue en béton armé portée par les poteaux P10 à P17. Le choix constructif retenu par l'entreprise de gros œuvre nécessite absolument la préfabrication d'une retombée de poutre pour chaque travée.

L'étude proposée comporte plusieurs sous-parties indépendantes, l'objectif étant de produire un « plan d'exécution » complet d'une travée de cette structure hyperstatique courante (travée P13-P14). Les données nécessaires à l'étude sont indiquées en paragraphe 1.1 de la présentation, entre autre.

4.1.1 Durabilité et enrobage des armatures :

L'enrobage des armatures n'est pas donné dans les annexes techniques. Utiliser les désignations et les terminologies appropriées pour **justifier** les détails du calcul de cet **enrobage**.

4.1.2 Caractéristiques géométriques de la section de calcul et de la travée d'étude P13-P14 :

Définir complètement la géométrie de la section droite de la poutre en utilisant la terminologie et la désignation conforme au texte NF EN 1992. Les valeurs numériques seront justifiées.

Définir complètement la géométrie de la travée d'étude P13-P14. Les valeurs numériques seront justifiées en adoptant la terminologie et les désignations réglementaires.

4.2 Actions de calcul, sollicitations de calcul.

Les actions de calcul comprennent le poids propre de la structure porteuse ainsi que les actions variables déterminées spécifiquement pour ce projet. Le modèle de calcul retenu a produit les sollicitations agissantes indiquées en annexes (document DR6), efforts tranchants et moments de flexion à l'état limite ultime. Pour de simples raisons de lisibilité des documents, seuls les cas de charges « intéressants » pour le dimensionnement sont représentés. Les largeurs réelles d'appui ne sont pas indiquées sur ces diagrammes, les abscisses cumulées permettent de représenter les diagrammes sur la portée utile de chaque travée. L'état limite de service, qu'il soit caractéristique ou quasi-permanent, n'est pas dimensionnant pour cette travée d'étude P13-P14.

4.2.1 Valeurs de calcul des sollicitations agissantes à l'ELU :

Préciser la valeur de calcul du moment de flexion agissant que vous choisirez pour les armatures principales de flexion en zone de moments de flexion positifs.

Préciser les valeurs de calcul des moments de flexion agissants que vous choisirez pour les armatures principales de flexion en zones de moments de flexion négatifs au voisinage des appuis P13 et P14.

Placer distinctement toutes ces valeurs sur le document DR6.

4.2.2 Enveloppe des sollicitations de flexion :

L'Eurocode 2 précise qu'une « règle de décalage » peut être employée pour justifier l'arrêt des armatures longitudinales.

Après avoir rappelé cette règle de décalage, justifier sa valeur.

Dessiner l'enveloppe décalée des sollicitations de flexion agissantes.

4.2.3 Sollicitation d'effort tranchant :

Le diagramme enveloppe, en valeur absolue, des efforts tranchants hyperstatiques est donné en annexe DR6 sur la totalité de la travée d'étude. Les actions de calcul estimées, sur toutes les zones concernées par l'étude, sont des charges uniformément réparties sans aucun chargement localisé.

Indiquer, sur le diagramme enveloppe de l'effort tranchant hyperstatique de la travée d'étude, les deux valeurs de calcul de l'effort tranchant agissant, en justifiant vos choix et hypothèses.

4.3 Détermination des armatures de flexion sur la travée d'étude P13-P14.

L'objectif est d'arriver à un choix constructif pour les armatures de flexion de la travée d'étude. Cette travée hyperstatique, en phase de service, comprend une retombée préfabriquée puis un béton coulé en place, une fois les prédalles précontraintes posées. Les armatures dites « d'effort tranchant » seront déterminées ci-après.

Les détails des calculs doivent être menés distinctement afin de justifier tout résultat et de présenter clairement les hypothèses retenues puis les conclusions induites. Les dispositions constructives seront explicitées ainsi que les prescriptions réglementaires liées, par exemple, à la non fragilité des pièces.

4.3.1 Armatures de flexion en zone de moment positif :

Définir complètement les armatures de flexion en zone de moment positif. Indiquer en particulier ce qui peut justifier une « bonne utilisation des matériaux » sur la figure 6.1 de l'Eurocode 2

Après avoir mené le calcul de l'aire de la section d'acier requise, préciser le choix constructif conforme au paragraphe 1.1.2 ainsi que sa conséquence sur le choix des armatures dites « d'effort tranchant ».

L'épure d'arrêt des armatures longitudinales sera justifiée graphiquement pour justifier l'arrêt du deuxième lit d'armatures.

4.3.2 Armatures de flexion en zone de moment négatif au voisinage de l'appui P14 :

Pour cette zone ne seront définies que les armatures « coté travée P13-P14 », sans présumer de la largeur d'appui ni du choix constructif de la travée adjacente.

4.3.3 Discussion sur la conséquence des choix constructifs :

Choisir un diamètre puis un nombre d'armatures amène plusieurs choix possibles. Indiquer les conséquences de ces choix sur les différents aspects économiques, techniques, de durabilité...

4.4 Détermination des armatures d'effort tranchant sur la travée P13-P14.

Les hypothèses de calcul retenues pour cette étude sont les suivantes :

- ✓ armatures d'âme verticales ;
- ✓ inclinaison théoriques des bielles égale à 45°.

4.4.1 Justifier la nécessité d'armatures d'âme, le choix constructif issu du calcul et la répartition des armatures transversales.

4.4.2 Contrôler les principales dispositions constructives associées.

4.5 Schéma de ferrailage de principe.

Le document réponse dédié (DR6) présente une partie de l'élévation de la travée d'étude.

4.5.1 Compléter ce document pour faire apparaître la retombée de la poutre, les arrêts de bétonnage ainsi que le niveau fini des porteurs horizontaux.

4.5.2 Représenter les armatures longitudinales de flexion en cohérence avec l'épure d'arrêt des barres.

4.5.3 Représenter le cours d'armatures transversales en cohérence avec la répartition construite précédemment.

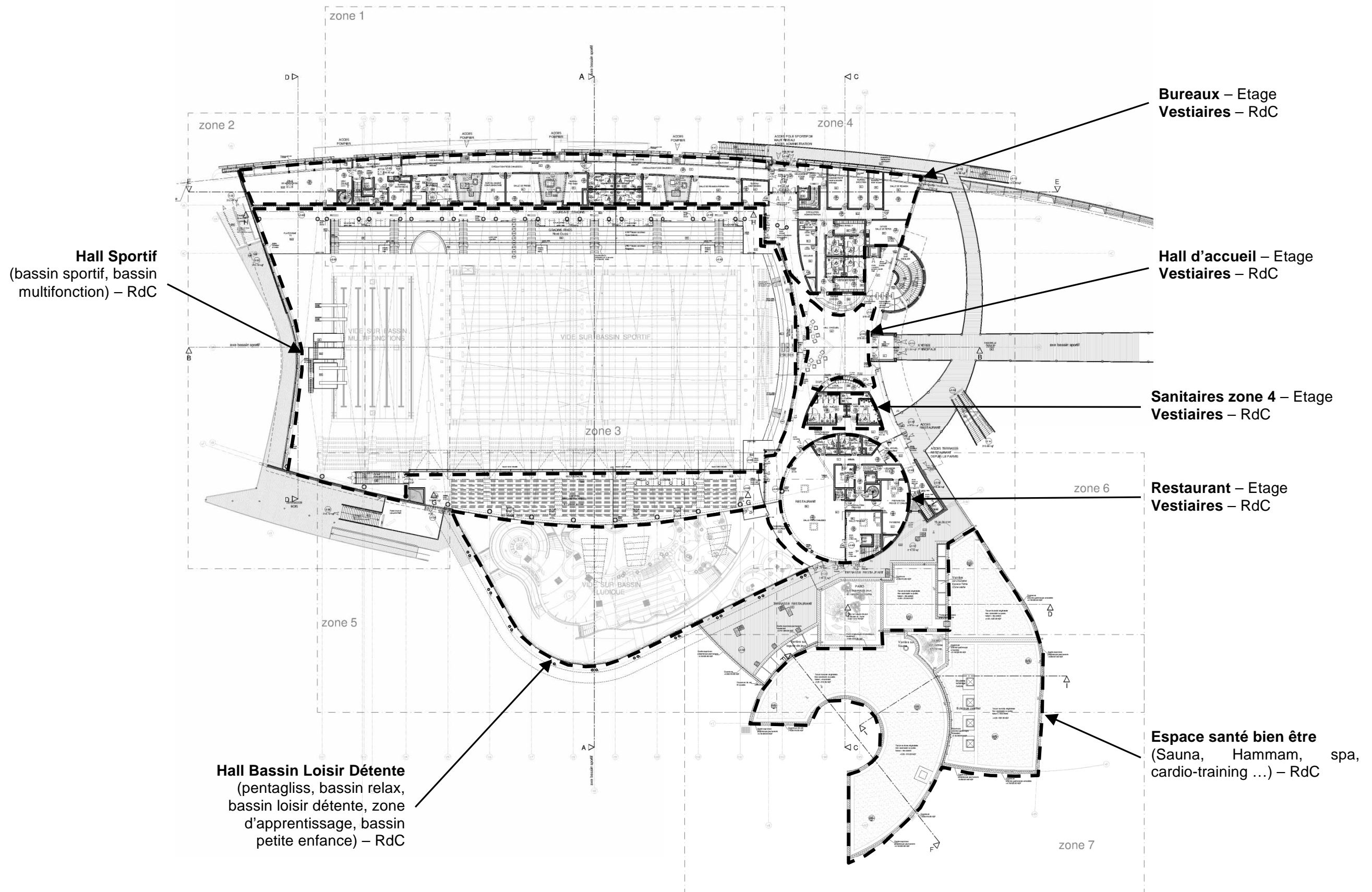
4.5.4 Sans aucun calcul, représenter les autres armatures pouvant être nécessaires sur ce type de cage, indiquer les dispositions constructives habituelles sur ce type de pièce préfabriquée.

4.5.5 Sans établir de nomenclature, indiquer les informations manquantes sur le document réponse DR6

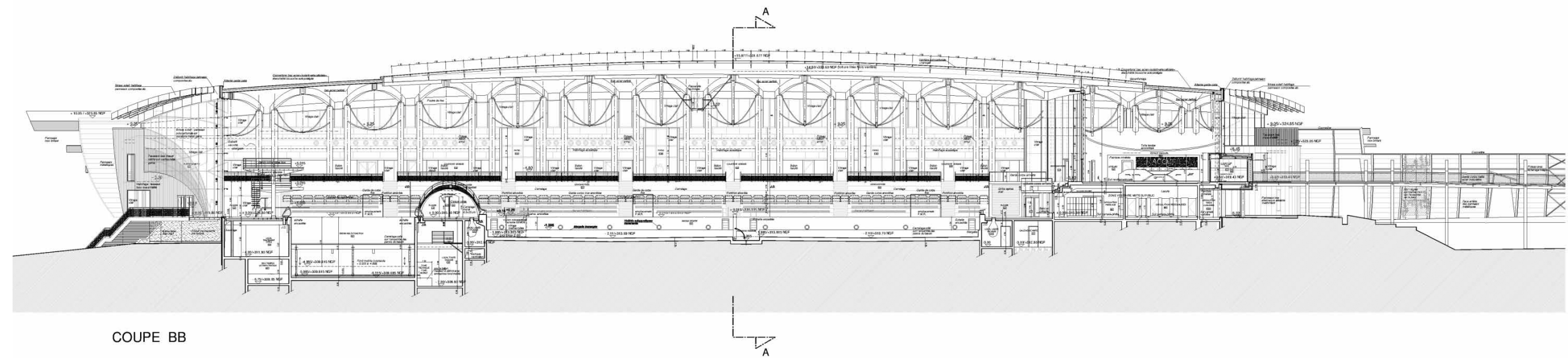
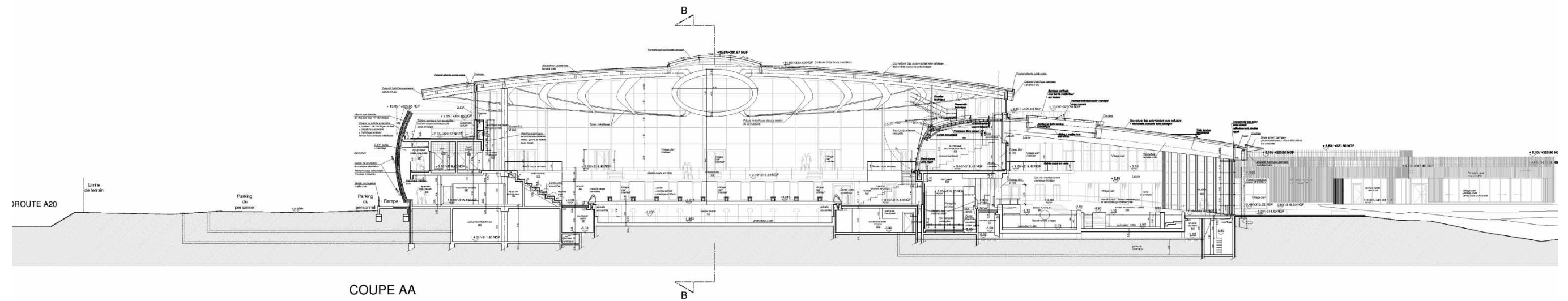
C – Documents annexes

EAE SIC 3

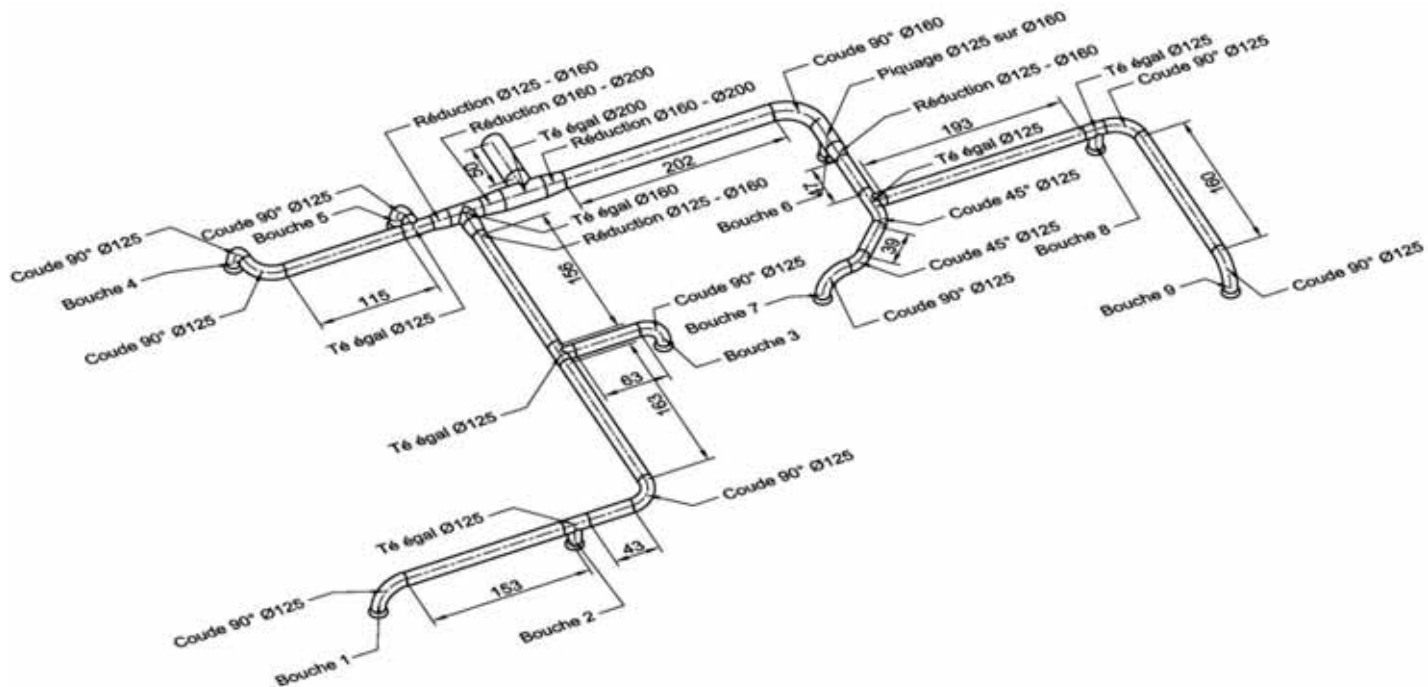
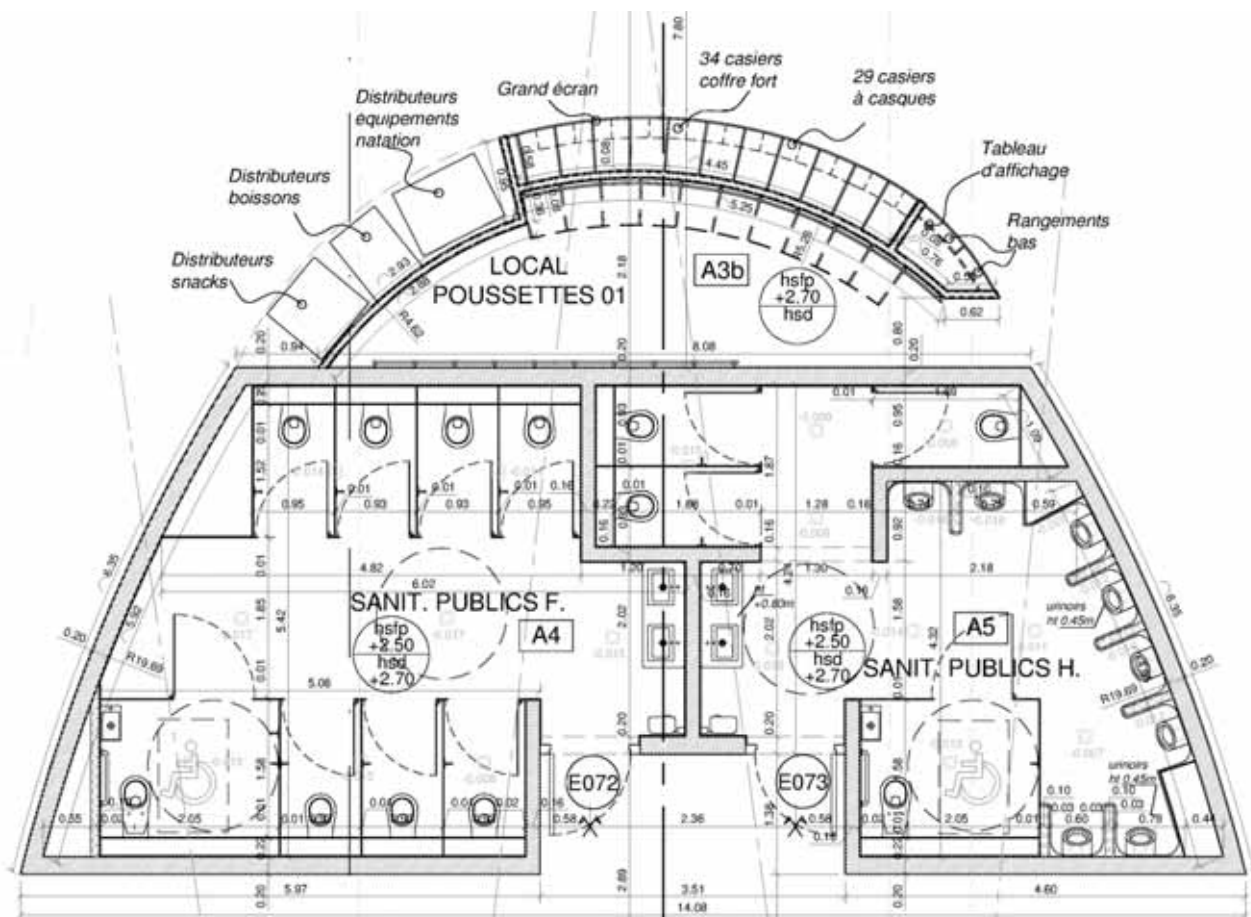
C1 – Plan architecte de l'étage.



C2 – Coupes architecte A-A et B-B.

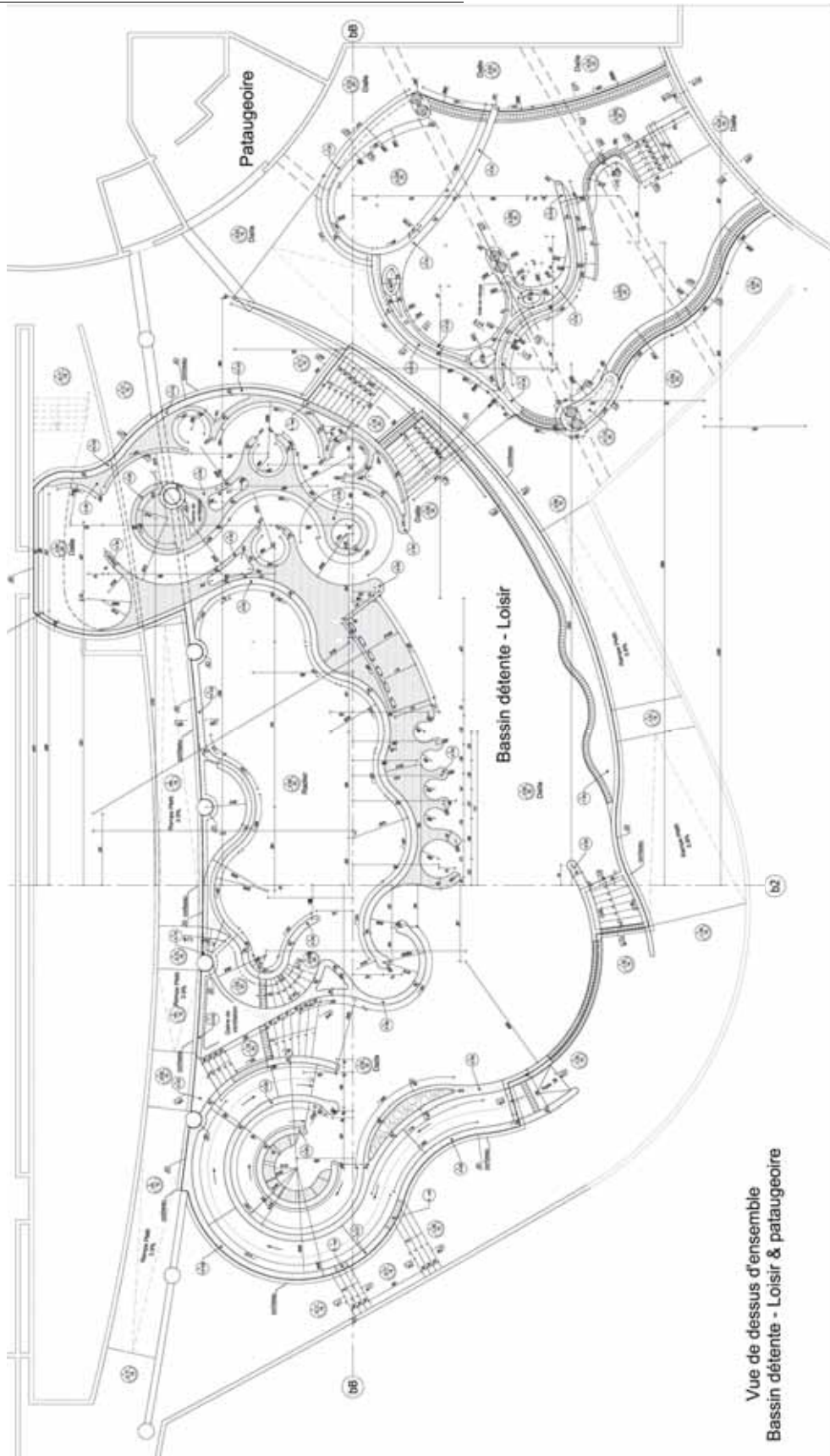


C3 – Zone 4 – plan d'architecte des sanitaires et vue 3D du réseau.



Cotations en cm

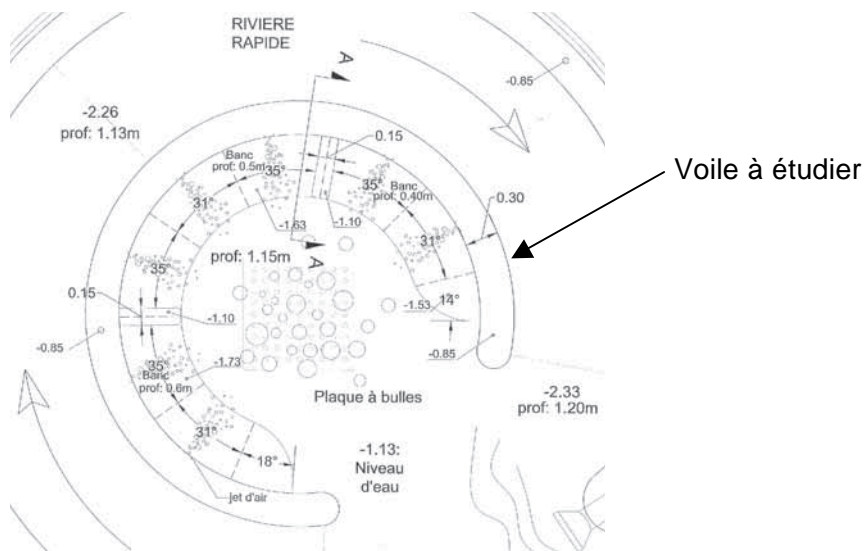
C4 – Hall Bassin Loisir-Détente – vue d’ensemble.



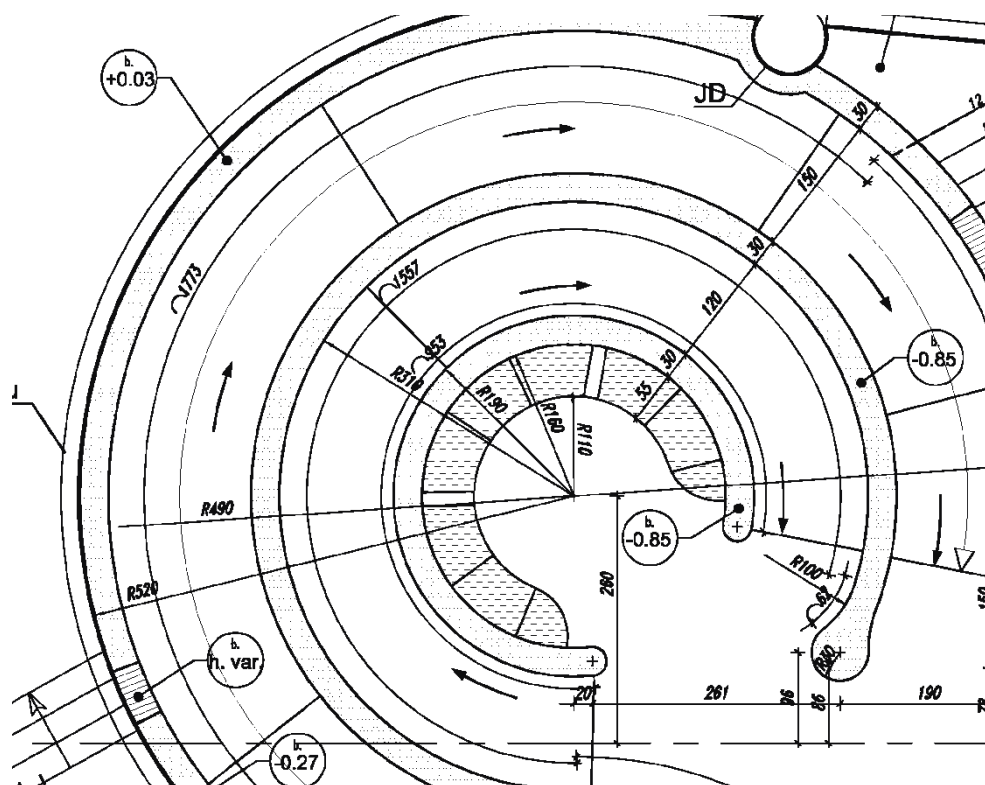
Vue de dessus d'ensemble
Bassin détente - Loisir & pataugeoire

C5 – Voile ludique – détail du voile circulaire à étudier.

Plan d'Architecte

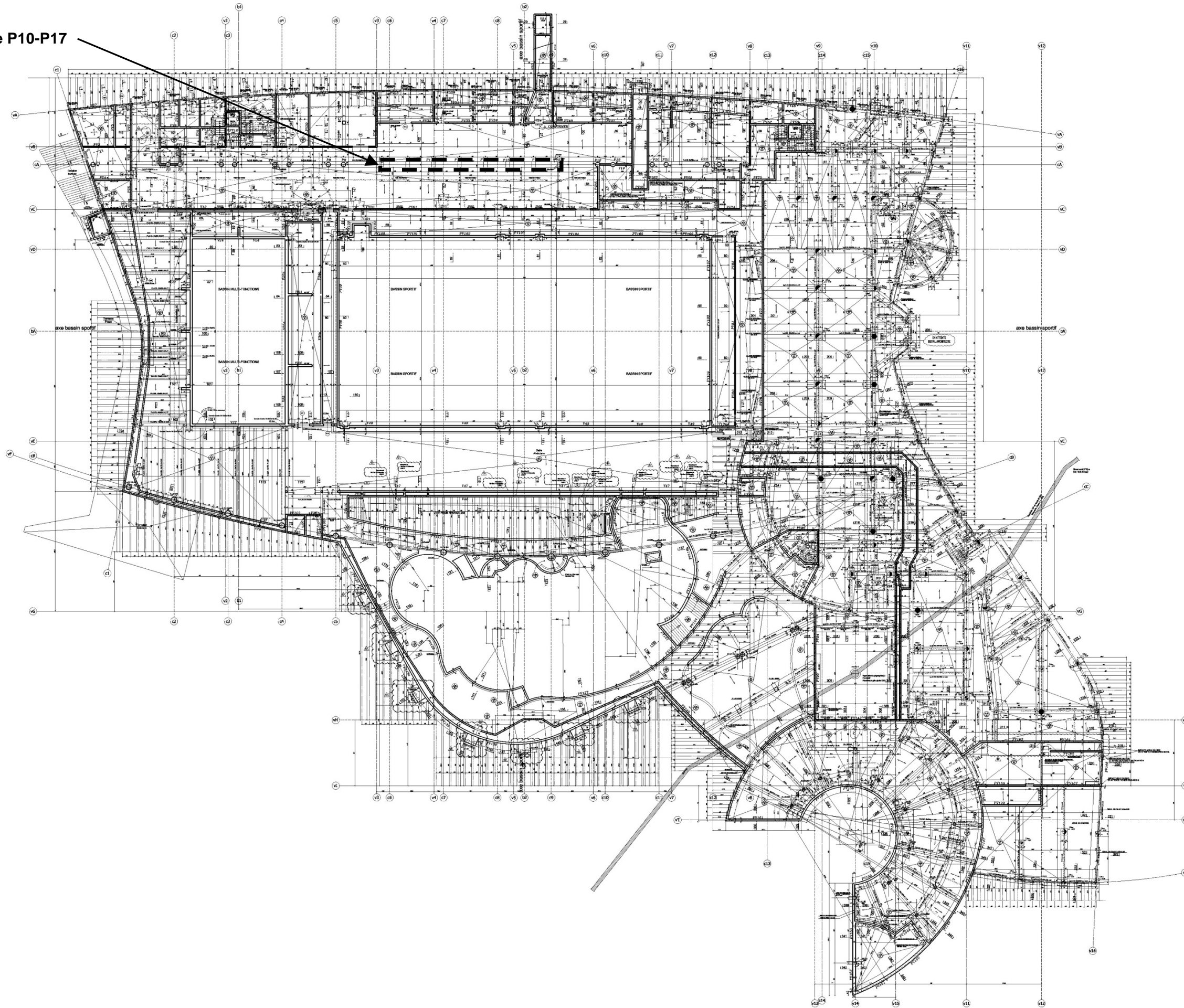


Plan de gros œuvre

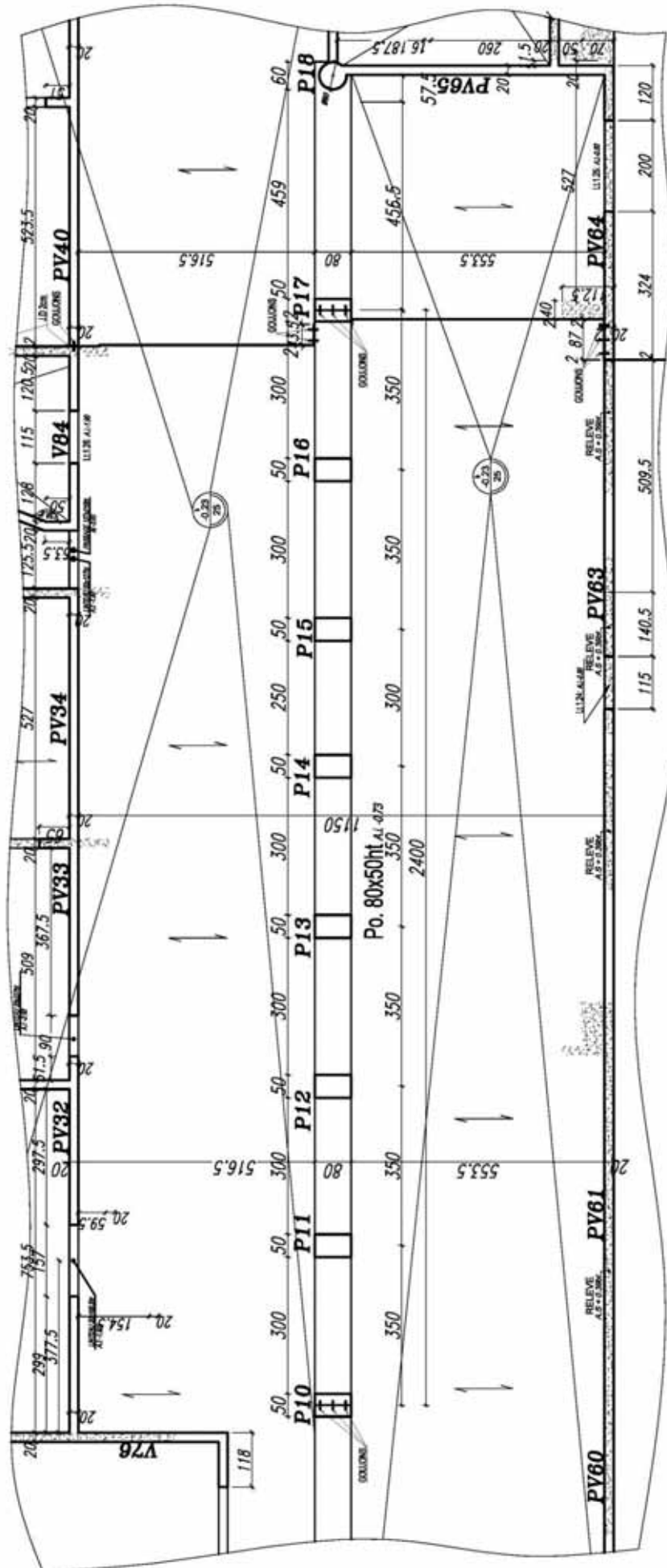


C6 – Plan de coffrage du plancher haut sous-sol.

Poutre continue P10-P17



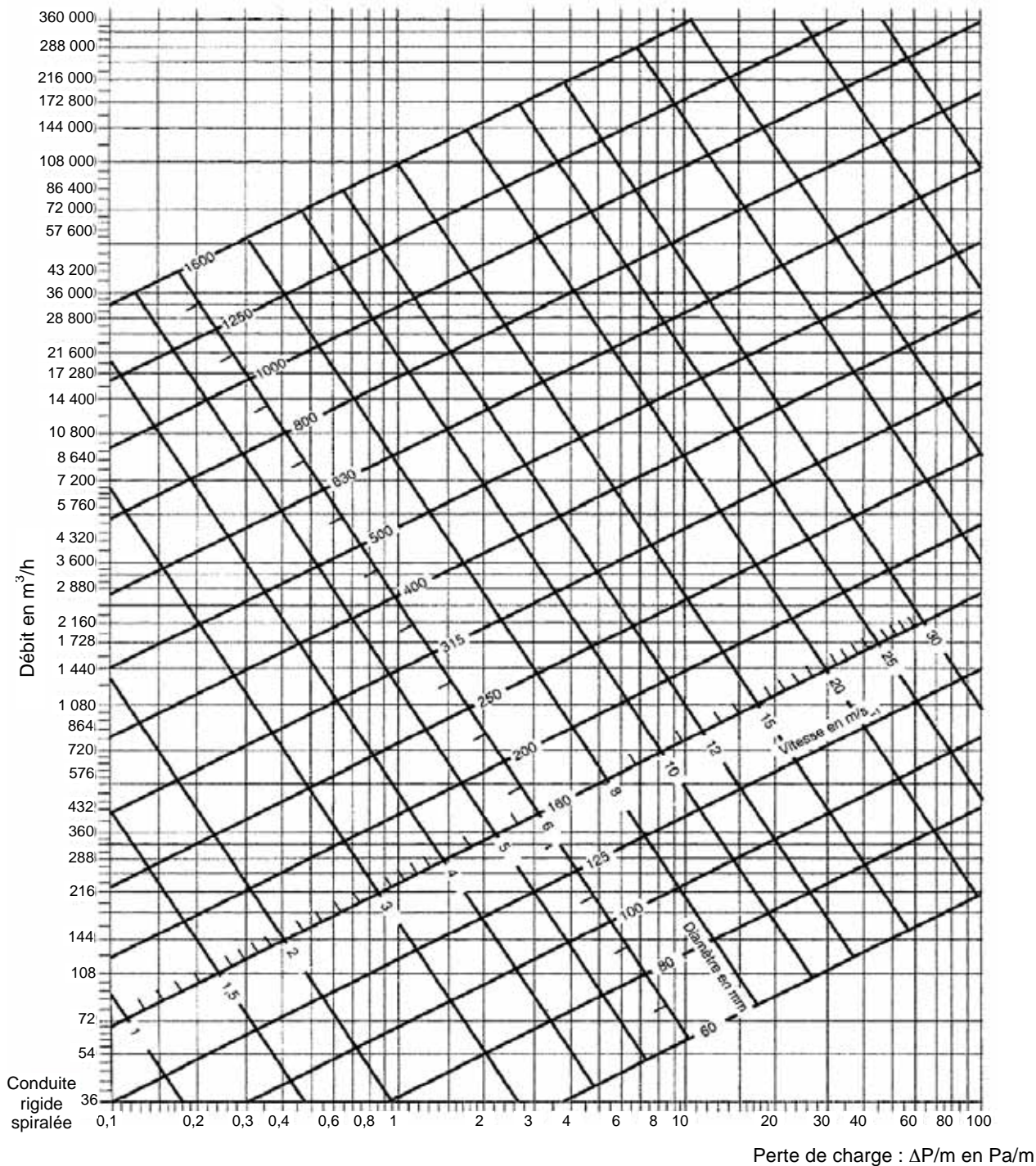
C7 – Détail – plan de coffrage au droit de la poutre continue P10-P17.



Cotes en cm

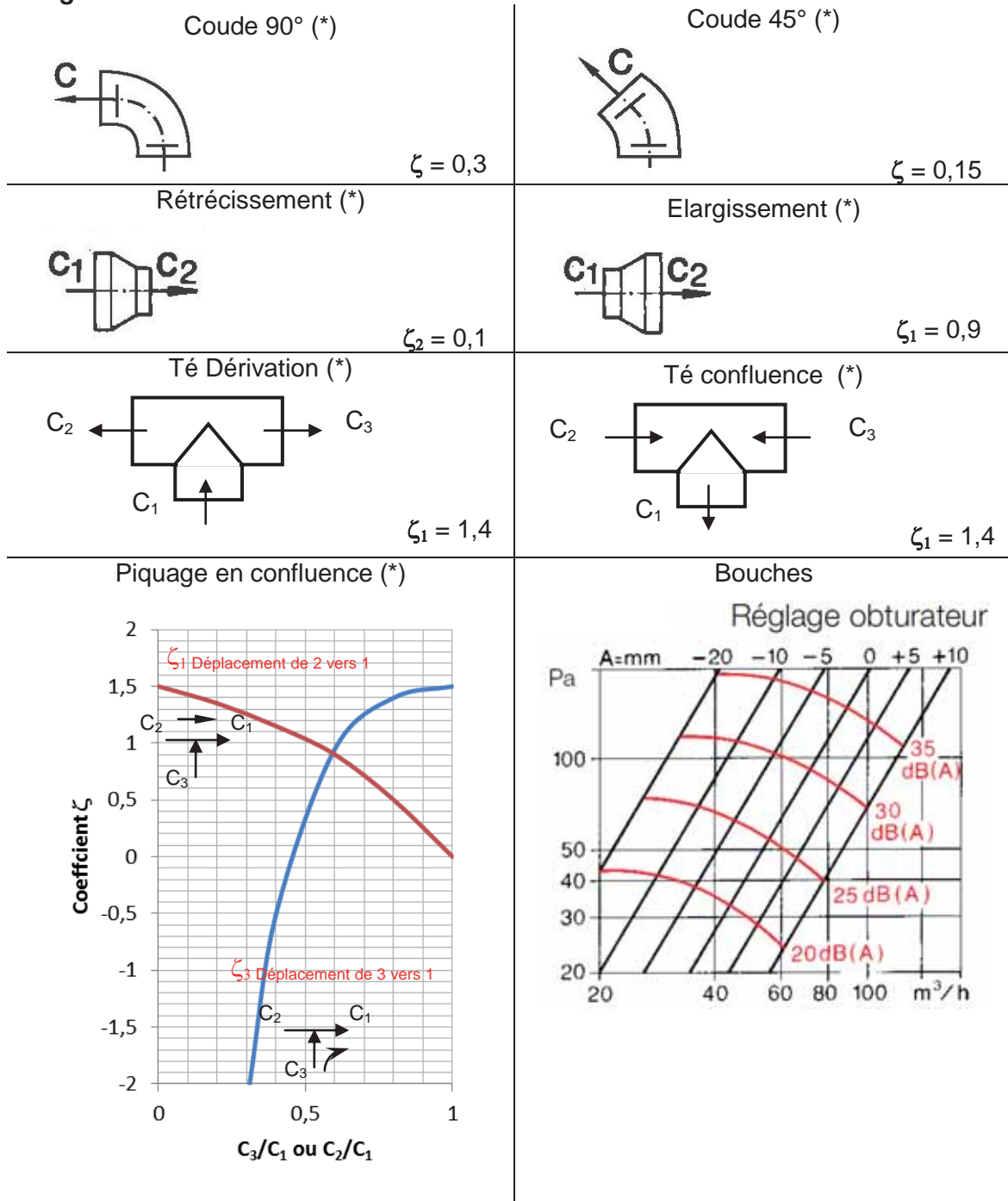
C8 – Pertes de charges dans les réseaux aérauliques.

Abaque des pertes de charges linéiques pour une gaine spiralée



Coefficients de Perte de charges singulières dans des conduites lisses

Perte de charge des bouches :



(*) Remarque : pour tenir compte de la rugosité de la gaine spiralée, **multiplier les valeurs des pertes de charges singulières dans les conduites lisses par $\epsilon = 1,5$** (hormis pour les bouches de ventilation).

On rappelle : $\Delta P_i = \zeta_i \cdot \frac{\rho \cdot C_i^2}{2}$ C_i en $m \cdot s^{-1}$ et ΔP en Pa $\rho_{air} = 1,2 \text{ kg} \cdot m^{-3}$

C9 – Données pour établissement du devis de la partie aéraulique.

Bibliothèque des temps unitaires et des prix des matériaux HT rendu chantier :

Désignation	Unité	Temps unitaires	Prix des matériaux
Gaine ϕ 125 mm	m	0,55 h/m	16,25 €/m
Gaine ϕ 160 mm	m	0,63 h/m	21,15 €/m
Gaine ϕ 200 mm	m	0,75 h/m	28,37 €/m
Gaine ϕ 250 mm	m	0,88 h/m	35,24 €/m
Bouche de ventilation sur ϕ 125	U	0,40 h/U	19,75 €/U
Té équerre égal ϕ 125 mm	U	0,22 h/U	13,95 €/U
Té équerre égal ϕ 160 mm	U	0,23 h/U	16,63 €/U
Té équerre égal ϕ 200 mm	U	0,27 h/U	20,54 €/U
Té équerre égal ϕ 250 mm	U	0,30 h/U	28,75 €/U
Piquage ϕ 125 mm sur ϕ 160 mm	U	0,23 h/U	14,55 €/U
Piquage ϕ 125 mm sur ϕ 200 mm	U	0,27 h/U	15,78 €/U
Piquage ϕ 160 mm sur ϕ 200 mm	U	0,27 h/U	17,53 €/U
Piquage ϕ 125 mm sur ϕ 250 mm	U	0,30 h/U	17,25 €/U
Piquage ϕ 160 mm sur ϕ 250 mm	U	0,30 h/U	19,87 €/U
Piquage ϕ 200 mm sur ϕ 250 mm	U	0,30 h/U	22,53 €/U
Coude 45° ϕ 125 mm	U	0,22 h/U	10,11 €/U
Coude 45° ϕ 160 mm	U	0,23 h/U	13,12 €/U
Coude 45° ϕ 200 mm	U	0,27 h/U	17,24 €/U
Coude 45° ϕ 250 mm	U	0,30 h/U	21,12 €/U
Coude 90° ϕ 125 mm	U	0,22 h/U	12,97 €/U
Coude 90° ϕ 160 mm	U	0,23 h/U	17,25 €/U
Coude 90° ϕ 200 mm	U	0,27 h/U	22,87 €/U
Coude 90° ϕ 250 mm	U	0,30 h/U	31,05 €/U
Réduction ϕ 125 mm / ϕ 160 mm	U	0,23 h/U	11,87 €/U
Réduction ϕ 160 mm / ϕ 200 mm	U	0,27 h/U	12,87 €/U
Réduction ϕ 200 mm / ϕ 250 mm	U	0,30 h/U	15,35 €/U

Remarque : les prix et temps unitaires incluent les découpes, fixations, assemblages ... ;
les dimensions des longueurs droites des gaines ne nécessitent pas l'utilisation de raccords.

Déboursé sec du matériel :

Il est entièrement inclus dans les frais de chantiers.

Pertes : 10% sur les gaines.

Déboursé horaire moyen de main d'œuvre :

DH_m = 25 €/h

Coefficient d'entreprise :

- Frais de chantier : FC = 2,25% des déboursés secs ;
- Frais généraux : FG = 18% des déboursés totaux ;
- Bénéfices et provision pour risques : B = 5% du prix de vente hors-taxe.

Remarque : compte-tenu de la confidentialité, les données ci-dessus ne sont que des hypothèses.

Variation des Index BT :

Index BT38 (plomberie sanitaire), Index BT40 (chauffage central) et Index BT41 (ventilation et conditionnement d'air) :

Date	02/11	03/11	04/11	05/11	06/11	07/11	08/11	09/11	10/11
BT38	1196,5	1198,9	1199,0	1195,3	1197,4	1203,7	1200,9	1199,4	1198,6
BT40	980,3	982,2	983,3	986,2	987,2	985,8	985,9	985,5	990,6
BT41	706,0	707,1	708,1	708,0	709,3	709,5	709,8	709,3	711,8

Date	11/11	12/11	01/12	02/12	03/12	04/12	05/12	06/12	07/12
BT38	1202,8	1204,0	1220,3	1226,8	1230,3	1229,4	1228,6	1228,4	
BT40	992,3	993,7	998,9	1002,1	1007,2	1007,6	1006,9	1008,3	
BT41	712,7	713,6	718,6	720,8	722,7	723,5	723,1	715,0	

C10 – Documentations techniques de banches courbes.

Matériel 1 : coffrage courbe DOKA H 20 :



Coffrage courbe Doka H 20 – le coffrage courbe pratique pour les voiles courbes.

Avec le coffrage courbe Doka H 20, la peau coffrante est cintrée à l'aide des vérins spécifiques, pour constituer une banche en véritable arc de cercle.

Ce système de réglage permet un **réglage en continu des rayons**. Le coffrage courbe H 20 est conçu pour un rayon minimum standard de 3,50 m (dans certains cas, le rayon peut faire 2,50 m).

Les panneaux de coffrage courbe sont livrés sur le chantier **montés et prêts à l'emploi**.

Les composants éprouvés du coffrage mixte Top 50 rendent ce système de coffrage robuste et flexible.

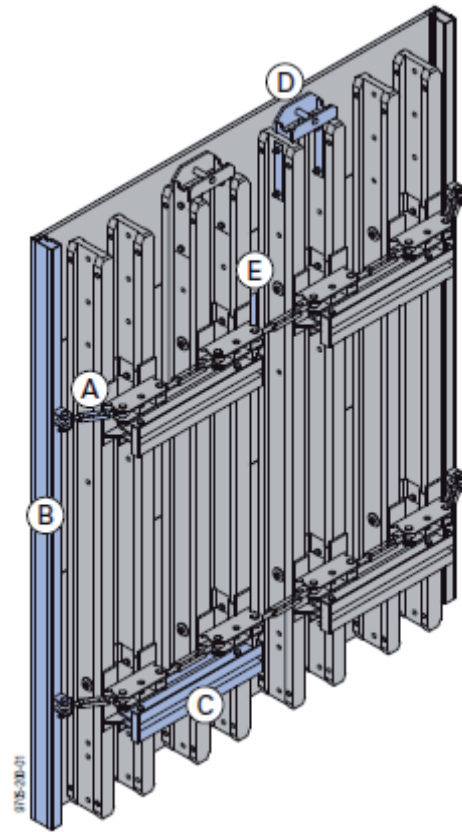
Des profilés d'about spéciaux permettent de les combiner avec Framax Xlife, Alu-Framax Xlife et Frameco, de même qu'avec le coffrage-poteau RS.

Pression de bétonnage admissible : 60 kN.m⁻²

Autres caractéristiques de ce produit :

- Adaptation en continu à différents rayons, à l'aide des vérins.
- Seulement 2 largeurs de panneaux :
 - 2,40 m panneau intérieur
 - 2,50 m panneau extérieur
- Adaptation parfaite en hauteur grâce à différentes hauteurs de panneaux
 - 0,70 m
 - 1,20 m
 - 2,40 m
 - 3,00 m
 - 3,60 m
 - 4,80 m
- Une seule pièce d'assemblage :
 - Tendeur de compensation 10 cm
- Peau coffrante extrêmement flexible et offrant une grande résistance :
 - Dokaplex 21 mm
- Arrondi idéal grâce à un soutien régulier de la peau coffrante.
- Arrondi parfait même dans la zone d'about de panneau, grâce à un assemblage robuste du profilé d'about et de la peau coffrante.
- Utilisation d'un minimum d'ancrage :
 - Seulement 1 ancrage pour 1,5 m² de surface coffrante.

Construction du système



A Vérin spécial :

Pour le réglage du rayon de courbure des panneaux.

B Profilé d'about :

Fonction de connection à d'autres panneaux de coffrage courbe ou à des panneaux normaux Framax Xlife ou Alu-Framax Xlife.

C Filière RD 0,40 m :

Pour une bonne répartition des efforts d'ancrages.

D Crochet de levage :

Pour translater les panneaux.

E Instructions de cintrage :

Elles fournissent des indications permettant de cintrer correctement le panneau de coffrage courbe H20.

Matériel 2 : coffrage Outinord CCRV :



COFFRAGE CIRCULAIRE A RAYON VARIABLE

Le CCRV 8000 Outinord est un outil polyvalent utilisé dans de nombreux domaines du BTP, à la fois pour traiter des réalisations architecturales, où la qualité des parements doit être irréprochable ; mais aussi pour réaliser des ouvrages à caractère technique tels que les stations d'épuration.

COULAGE EN SUPERPOSITION

Des délais d'exécution très courts ou des contraintes techniques imposent souvent l'emploi d'un coffrage métallique grande hauteur.

Le CCRV 8000 permet de réaliser chaque jour 10 ml de voiles en grande hauteur avec une équipe réduite.

Pour cela le CCRV 8000 dispose de pièces de liaison et d'affleurement permettant l'emploi de sous-hausses, de rehausses et d'assemblages en superposition.

MODIFICATION RAPIDE DU RAYON DE COURBURE

La modification d'une courbure peut être effectuée lors d'une rotation. On peut utiliser un gabarit de contrôle en bois, se référer au tracé du voile sur la dalle ou se plaquer contre l'amorce du voile à couler. Un ensemble coffrant est constitué d'une banche intérieure (3,00 m x 2,40 m) et d'une banche extérieure (3,00 m x 2,50 m).

Rayon minimum intérieur : 1,25 m.

Rayon maximum infini.

Pour les petits rayons du type cage d'escalier, un tirant maintient la courbure des panneaux intérieurs.



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Dimensions standards :

Module en largeur :

Panneau intérieur : 2,40 m

Panneau extérieur : 2,50 m

Hauteur standard : 3,00 m

Rehausse : 0,50 m

Sous-hausse : 1,00 m

Poids moyen : 125 kg/m²

Résistance à la pression : limitée à 8 T/m² avec les entretoises φ 23 LAC courantes.

Résultat atteints :

Montage : 0,30 H.m⁻²

Utilisation : 0,30 à 0,40 H.m⁻²

Stabilité : par étais.

Accès : par échelle intérieure avec trappe.

Superposition : peut atteindre 12,00 m avec études spécifiques de relevage et de stabilité.

Transport : 16 panneaux standards de 3,00 m par plateau de camion.

Matériel 3 : coffrage Noé R110 :



Éléments extérieurs

Hauteur (mm)	N° de pièce	Poids (kg)
3000	440301	192
1500	440302	109
750	440303	55

Éléments intérieurs

Hauteur (mm)	N° de pièce	Poids (kg)
3000	440307	182
1500	440308	98
750	440309	49

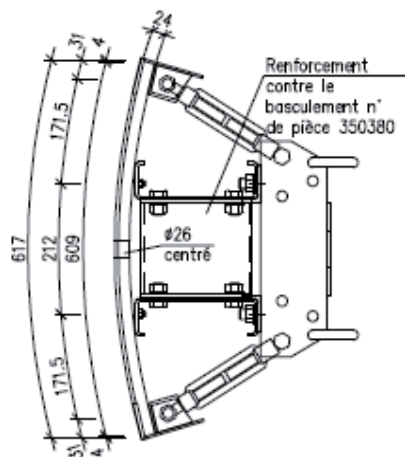
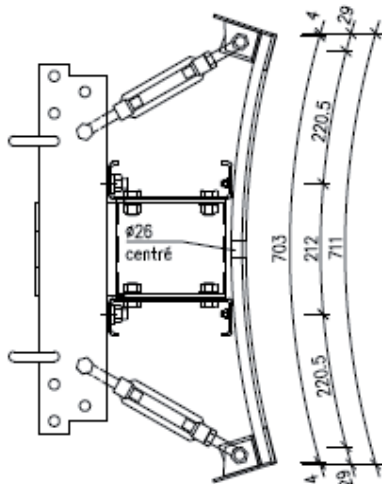
Pression admiss. du béton selon DIN 18218 : 50 kN.m⁻²

Rayon minimum 1,10 m, maximum 2,50 m

Longueur des panneaux :

Élément extérieur L_a = 71,1 cm

Élément intérieur L_i = 61,7 cm



Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																								
Prénom :	<input type="text"/>																								
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>									
<i>(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)</i>																									

Concours	<input type="text"/>			Section/Option	<input type="text"/>				Epreuve	<input type="text"/>				Matière	<input type="text"/>		
-----------------	----------------------	--	--	-----------------------	----------------------	--	--	--	----------------	----------------------	--	--	--	----------------	----------------------	--	--

EAE SIC 3

DR 1

D – Documents réponse

DR1 – Devis quantitatif estimatif des sanitaires de la zone 4 – lot CVC.

Désignation	Unité	Quantité	PV _u HT	PVHT
Gaine φ 125 mm	m			
Gaine φ 160 mm	m			
Gaine φ 200 mm	m			
Gaine φ 250 mm	m			
Bouche de ventilation sur φ 125 mm	U			
Té équerre égal φ 125 mm	U			
Té équerre égal φ 160 mm	U			
Té équerre égal φ 200 mm	U			
Té équerre égal φ 250 mm	U			
Piquage φ 125 mm sur φ 160 mm	U			
Piquage φ 125 mm sur φ 200 mm	U			
Piquage φ 160 mm sur φ 200 mm	U			
Piquage φ 125 mm sur φ 250 mm	U			
Piquage φ 160 mm sur φ 250 mm	U			
Piquage φ 200 mm sur φ 250 mm	U			
Coude 45° φ 125 mm	U			
Coude 45° φ 160 mm	U			
Coude 45° φ 200 mm	U			
Coude 45° φ 250 mm	U			
Coude 90° φ 125 mm	U			
Coude 90° φ 160 mm	U			
Coude 90° φ 200 mm	U			
Coude 90° φ 250 mm	U			
Réduction φ 125 mm / φ 160 mm	U			
Réduction φ 160 mm / φ 200 mm	U			
Réduction φ 200 mm / φ 250 mm	U			
			Total – € HT	
			Remise – € HT	
			Total remisé – € HT	
			TVA	
			Total – € TTC	

fière de votre choix

Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																								
Prénom :	<input type="text"/>																								
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>									
<i>(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)</i>																									

Concours	<input type="text"/>			Section/Option	<input type="text"/>				Epreuve	<input type="text"/>				Matière	<input type="text"/>		
-----------------	----------------------	--	--	-----------------------	----------------------	--	--	--	----------------	----------------------	--	--	--	----------------	----------------------	--	--

EAE SIC 3

DR 2

DR2 – Schéma de principe.


Air Repris



I

Air Neuf



U 

Air Rejeté

Air Soufflé 

S

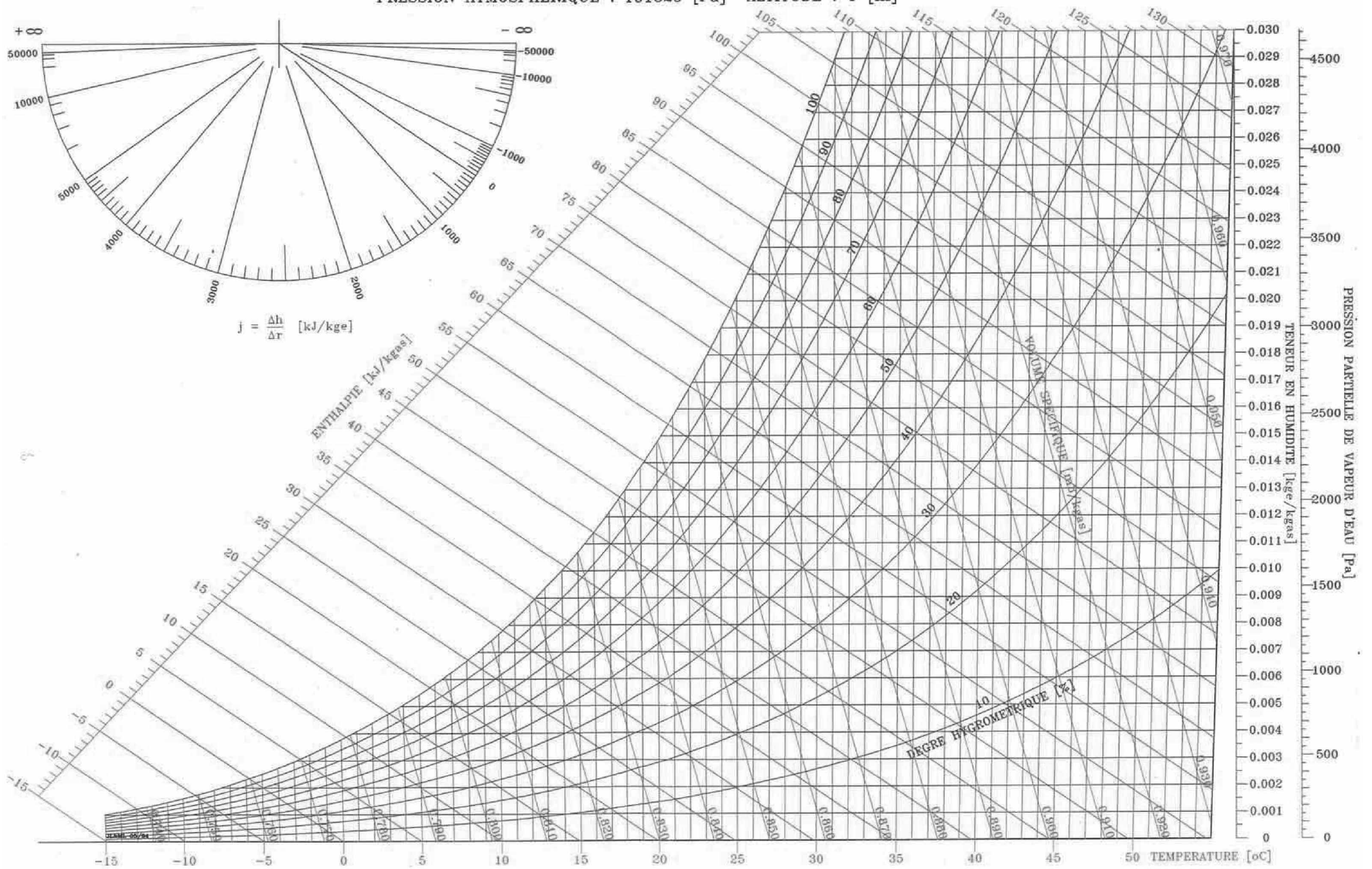
Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																								
Prénom :	<input type="text"/>																								
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>									
<i>(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)</i>																									

Concours	<input type="text"/>			Section/Option	<input type="text"/>				Epreuve	<input type="text"/>				Matière	<input type="text"/>		
-----------------	----------------------	--	--	-----------------------	----------------------	--	--	--	----------------	----------------------	--	--	--	----------------	----------------------	--	--

EAE SIC 3

DR 3

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE
 PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]



Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																							
Prénom :	<input type="text"/>																							
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>								

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

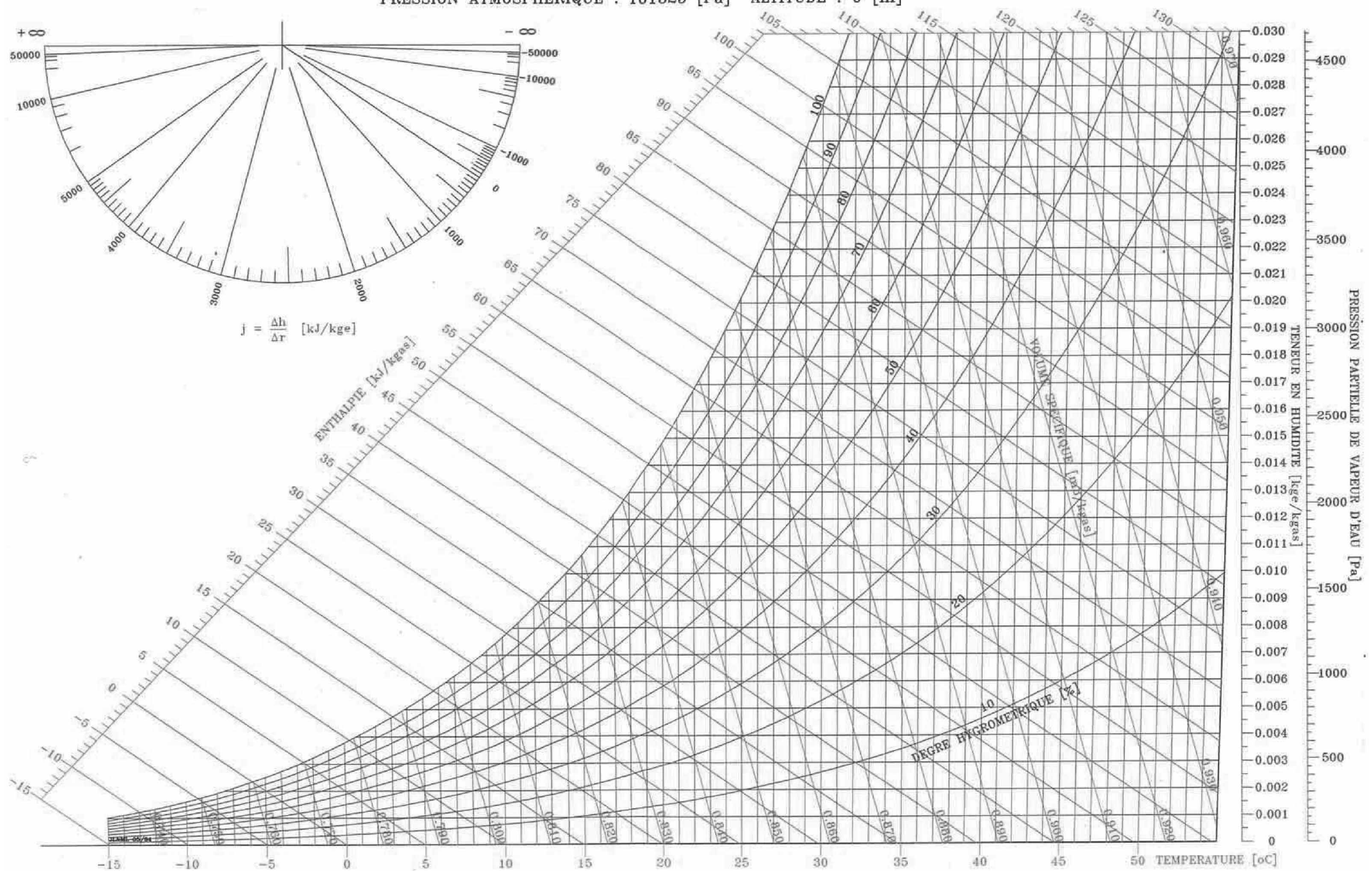
<input type="checkbox"/>	Concours	<input type="text"/>	Section/Option	<input type="text"/>	Epreuve	<input type="text"/>	Matière	<input type="text"/>
--------------------------	-----------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------	----------------------	----------------	----------------------

EAE SIC 3

DR 4

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]



Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																							
Prénom :	<input type="text"/>																							
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>								

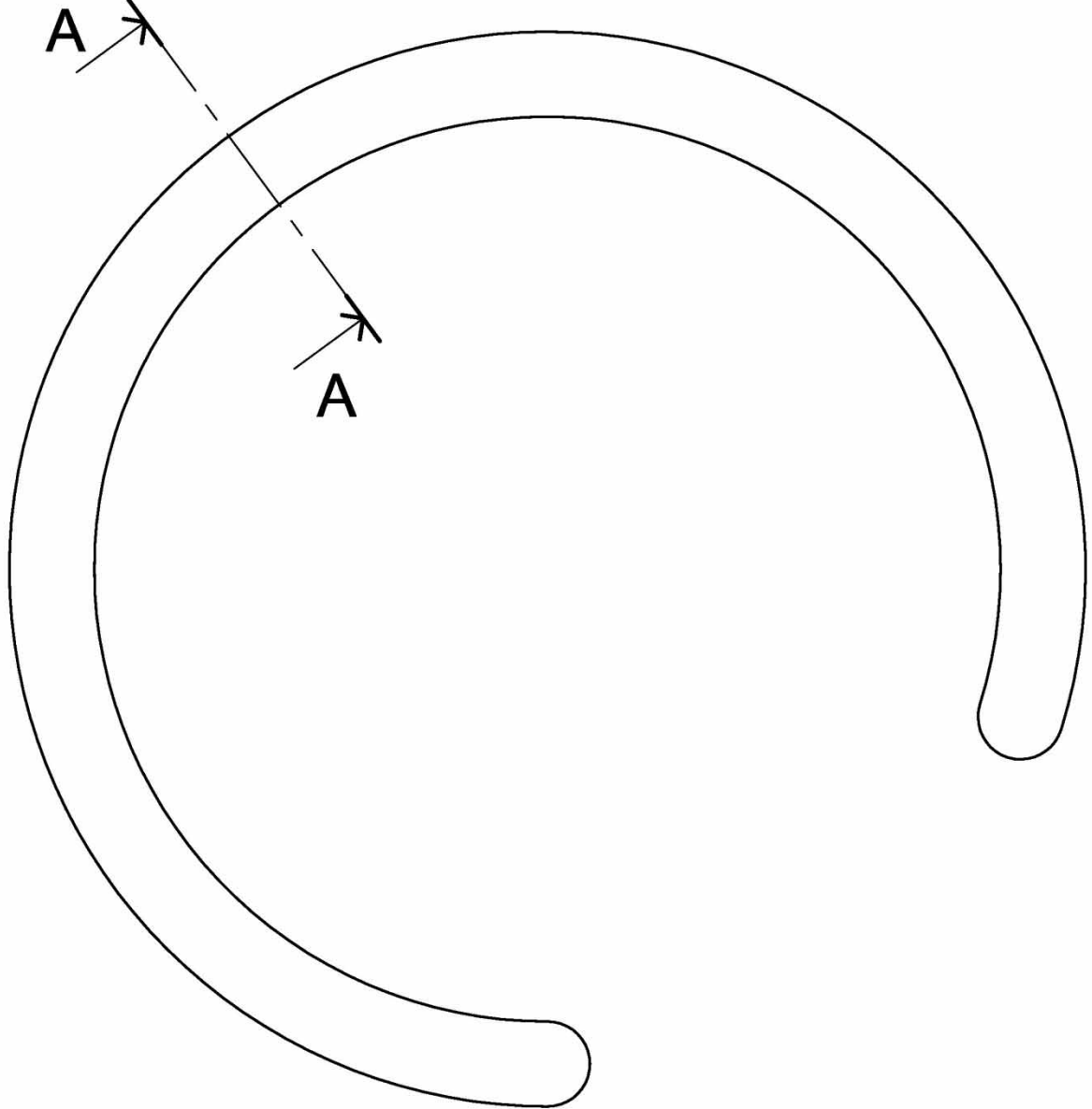
(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

<input type="checkbox"/>	Concours	<input type="text"/>	Section/Option	<input type="text"/>	Epreuve	<input type="text"/>	Matière	<input type="text"/>
--------------------------	-----------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------	----------------------	----------------	----------------------

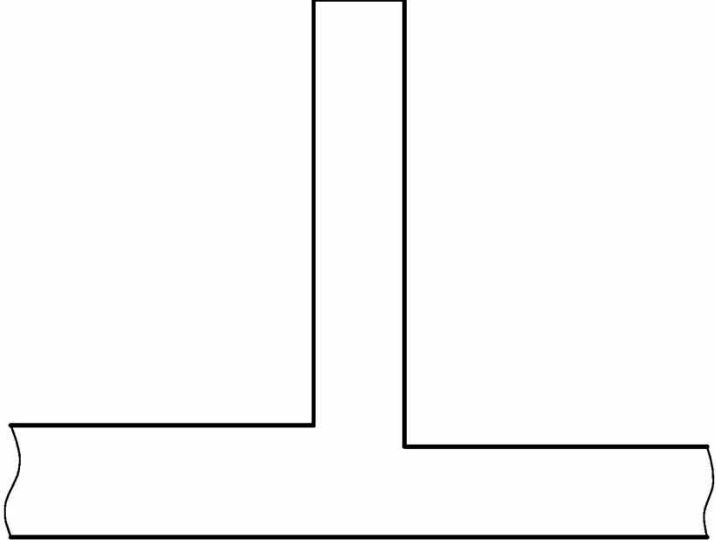
EAE SIC 3

DR 5

DR5 – Calepinage de banches.



A-A



Nomenclature :

Désignation	Nombre	Dimensions et remarques

Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																							
Prénom :	<input type="text"/>																							
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>								

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

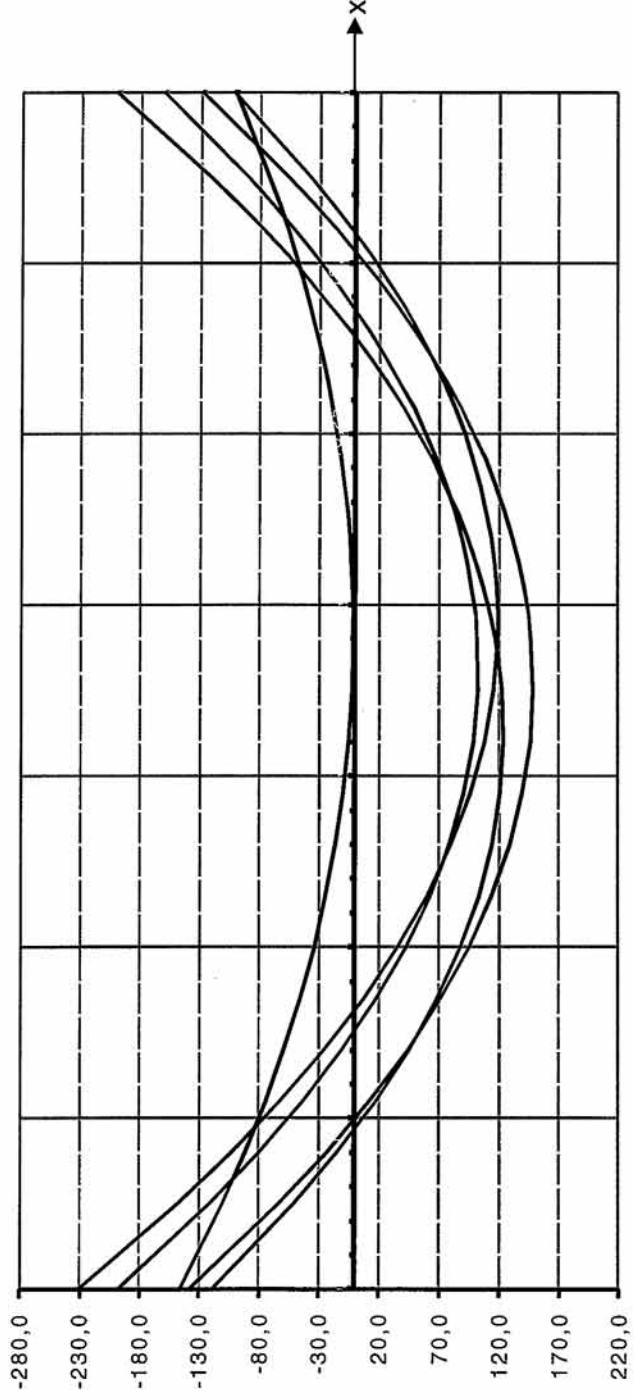
Concours	Section/Option	Epreuve	Matière
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

EAE SIC 3

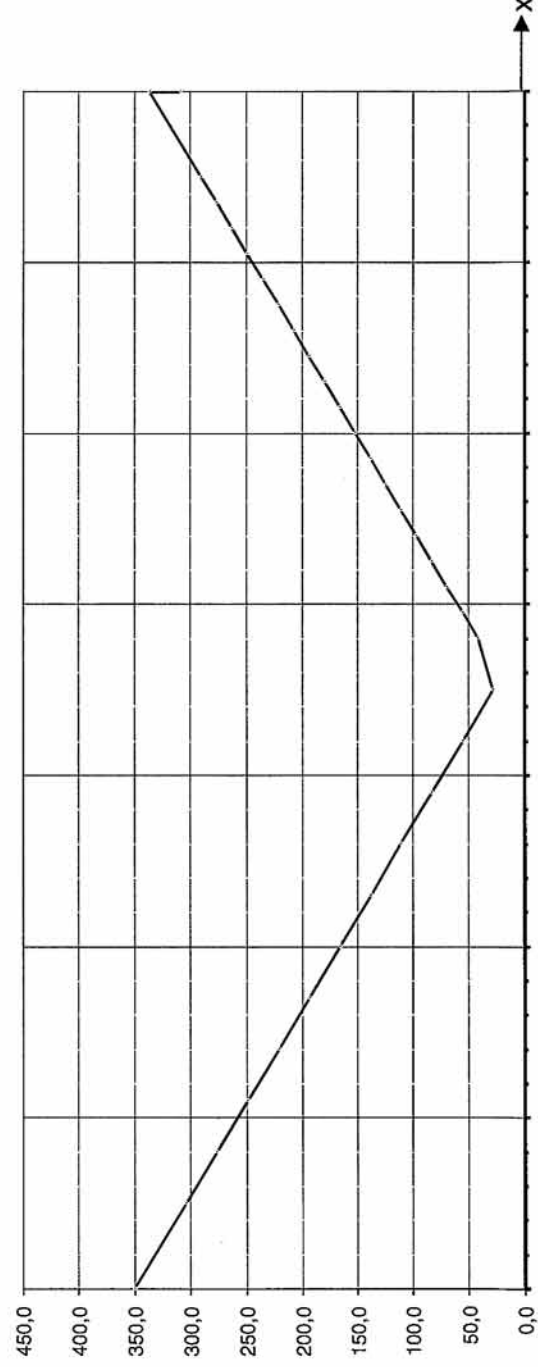
DR 6

DR6 – Sollicitations agissantes sur la travée P13-P14, élévation, coupe (échelle variable).

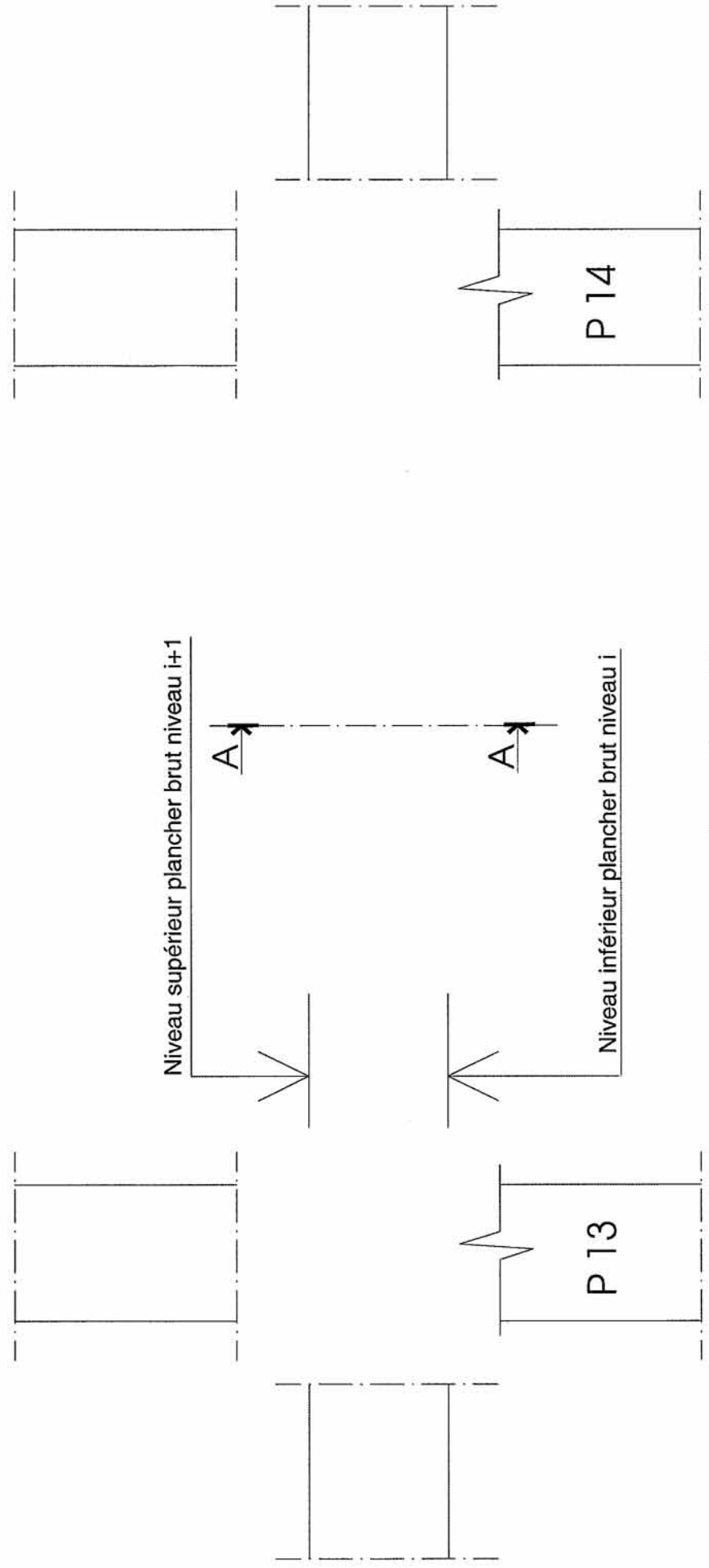
Moment de flexion agissant à l'E.L.U. (kN.m) sur la travée d'étude P13-P14



Valeur absolue de l'enveloppe des efforts tranchants (ELU) hyperstatiques agissants (kN) sur la travée d'étude P13-P14



Elévation à compléter



"coupe" à compléter

