

SESSION 2015

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

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.

Textes réglementaires :

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.*

Documents fournis :

- Sujet (format A4) : page n°1 à 20
- Annexes (format A3) : page n°1 à 16
page n°17 : DR1

Sommaire :

Documents fournis :	p. 2
Sommaire :	p. 2
Objectif de l'étude :	p. 3
Présentation technique :	p. 3
Partie 1 - Étude de quelques contraintes réglementaires	p. 6
Partie 2 - Étude sommaire de la déconstruction	p. 6
Partie 3 - Étude de la stabilité de la Tour des Énergies	p. 11
Partie 4 - Étude thermique des locaux rénovés	p. 14
Partie 5 - Bilan énergétique photovoltaïque	p. 17

Avis aux candidats :

Les **5 parties** sont indépendantes et doivent être **traitées sur des copies séparées et paginées**. Les **références des questions** doivent être **clairement indiquées** avant chaque réponse.

- Tout résultat doit être justifié, le cas échéant illustré par des schémas.
- Les renseignements non fournis ou les données supposées manquantes sont laissés à l'initiative du candidat après explications et justifications.
- Dans le cas où un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale très lisiblement dans sa copie, propose la correction envisagée et poursuit l'épreuve en conséquence.

Objectif de l'étude

L'épreuve a pour objectif de vérifier les compétences d'un candidat à synthétiser ses connaissances pour proposer ou justifier des solutions de conception et d'industrialisation issues du domaine de l'Ingénierie des Constructions.

Sauf précision contraire, il n'est pas demandé de procéder à des calculs de type réglementaire.

Ce sujet concerne l'étude de réhabilitation du quartier dit « Le Haut du Lièvre » situé au Nord de Nancy (54 – Lorraine). Ce quartier constitué de plusieurs immeubles a été construit entre 1958 et 1970 sur un plateau surplombant le centre de Nancy.

Cette épreuve permettra d'étudier la rénovation du bâtiment nommé « CÈDRE BLEU », et sa transformation partielle en un nouveau bâtiment nommé « TOUR DES ÉNERGIES ».

Présentation technique

Le quartier du Haut du Lièvre (fig. 1) constitue un des premiers « grand ensemble » français. L'objectif initial de l'architecte était de créer une cité satellite de Nancy comprenant des logements, pavillons, commerces, équipements sportifs, culturels et groupes scolaires.



fig. 1 : Quartier du Haut du Lièvre en construction en 1965.

Le quartier achevé était constitué de plusieurs immeubles :

- deux grandes barres qui sont à leur construction les deux plus longues de France :
 - Le « Cèdre Bleu » (400 mètres de long, 15 niveaux, 917 logements) ;
 - Le « Tilleul Argenté » (300 mètres de long, 17 niveaux, 716 logements) ;
- trois tours en étoile aux extrémités ;
- une tour panoramique de 96 m de haut et d'autres immeubles périphériques.

Le contexte socio-économique de l'époque exigeait que cet ensemble immobilier soit opérationnel le plus rapidement possible. La réalisation des deux barres a été possible dans un délai très court grâce à l'utilisation d'un procédé innovant de préfabrication de panneaux en béton-acier mis en place par des grues à tour sur rail : procédé ESTIOT, breveté en France dès 1955 et en en Suisse (1958).

Aujourd'hui, le projet de rénovation urbaine de l'agglomération Nancéenne impose de convertir ce grand ensemble en un nouvel éco-quartier attractif et verdoyant. Ainsi, plusieurs immeubles ont été déconstruits et 1200 logements du Tilleul Argenté et du Cèdre Bleu ont été rénovés.

Afin de casser l'effet monolithique du bâtiment Cèdre Bleu (barre de 400 mètres), une démolition partielle a été réalisée en 2009. Les travaux d'une durée de 12 mois ont consisté à démonter les cloisons internes, gaines et équipements, puis à déconstruire les neuf premières entrées du bâtiment sur toute la hauteur. Cette déconstruction a donné naissance à une nouvelle tour nommée « *la Tour des Énergies* » (fig. 2 et 3).



fig. 2: le Cèdre Bleu avant et après démolition partielle (courant 2009)

Seize mètres de façade du Cèdre Bleu ont ainsi été conservés et des dispositifs de renforcement de structure ont été ajoutés pour consolider cette nouvelle structure rendue indépendante.

Afin d'habiller cette nouvelle tour, des toiles textiles perforées (fig. 4) viennent recouvrir les façades Nord et Sud permettant de projeter des éclairages scéniques rappelant ceux du centre-ville de Nancy.

De plus, une nouvelle chaufferie collective (desservant 3000 logements) biénergie fonctionnant au gaz et au bois a remplacé l'ancienne chaufferie au gaz et charbon localisée dans le Cèdre Bleu. Pour des raisons de continuité de service, cette nouvelle chaufferie nécessite de conserver la cheminée existante adossée au pignon Est.

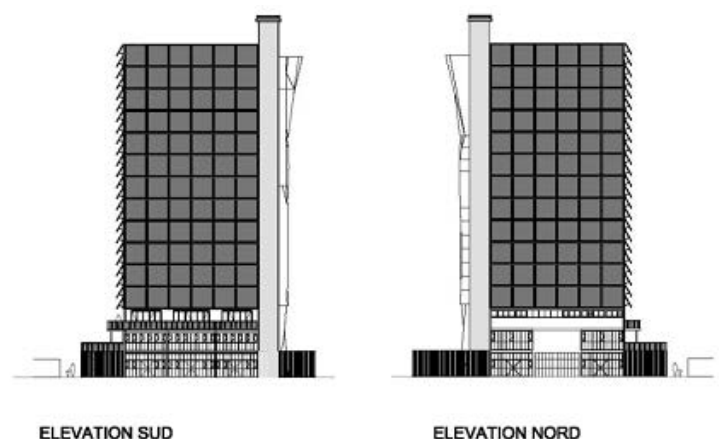


fig. 3 : Élévations Sud et Nord de la Tour des Énergies

Le projet architectural de la Tour des Energies prévoit (annexe n°1 à n°7) :

- que le pignon Sud-Ouest de 352 m² reçoive 250 m² de panneaux photovoltaïques permettant de revendre une production électrique estimée à 28 000 kWh annuels, afin de couvrir les dépenses d'alimentation électrique et d'éclairage de la tour ;
- la création d'un local « onduleurs » considéré à risques et rendu inaccessible au public ;
- que la toiture terrasse soit inaccessible, sauf maintenance ;
- qu'au rez-de-chaussée et au premier étage, la tour accueille un atelier destiné à la formation de jardiniers. Le deuxième étage abrite un espace attribué à l'Office Public de l'Habitat de Nancy, ainsi qu'un rucher école pour les jardiniers destiné à produire du miel et enseigner les bases de l'apiculture.

Ces trois niveaux sont les seuls à être réaménagés (les autres niveaux demeurant vides). Le sous-sol et les étages 4 à 13 seront donc inoccupés et inaccessibles au public. De ce fait, la Tour des Énergies est classée ERP de 5^{ème} catégorie, type R, « Espace pédagogique » ;

- qu'un ascenseur soit mis en place pour desservir les 3 étages, nécessitant la démolition de l'ancienne cage d'escalier et la reconstruction d'une nouvelle gaine d'ascenseur ;
- que les locaux occupés soient isolés des locaux inoccupés par des planchers et des cloisons coupe-feu (CF) 1 heure ; et que d'une façon générale, les planchers et cloisons au sein de l'ERP possède un degré CF de ½ heure ;
- que les matériaux utilisés dans la rénovation présentent des caractéristiques minimales vis-à-vis de l'incendie : faux plafonds (\geq M1), revêtements muraux (\geq M2), mobiliers (\geq M3), revêtements de sol (\geq M4) ;
- que la façade Ouest soit dotée d'une structure métallique avec parement bois servant d'abri, de local d'activités et de stockage extérieur (plantes, matériel, garage à vélos ...)
- que la façade Est puisse accueillir une structure artificielle d'escalade composée d'une ossature métallique supportant des modules de géométrie variable.

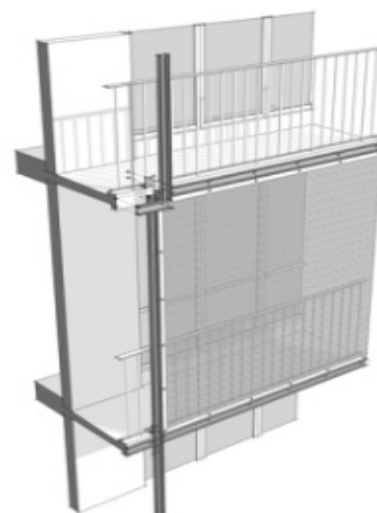


fig. 4 : toiles tendues.

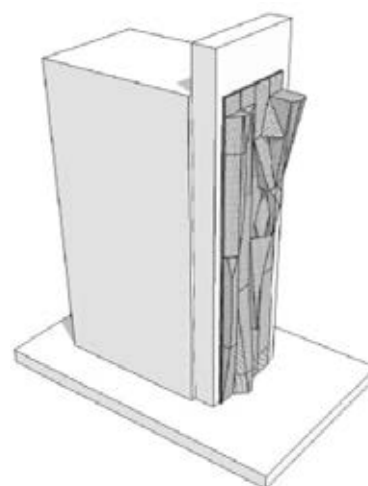


fig. 5 : mur d'escalade.

PARTIE n°1 - Étude de quelques contraintes réglementaires

L'objectif de cette partie est d'aborder quelques contraintes techniques et réglementaires qui peuvent s'imposer lors de la création d'un Immeuble de Grande Hauteur. Pour des questions de budget, le maître d'ouvrage n'a pas souhaité que la Tour des Énergies soit classée en catégorie IGH « Immeuble de Grande Hauteur ».

On vous demande :

- Q1. De rappeler les principales contraintes techniques et réglementaires liées au classement IGH.**
- Q2. Quels dispositifs doit-on prévoir dans le cas de la Tour des Énergies pour assurer la sécurité du public en cas d'incendie ? Énoncer les grands principes et proposer quelques choix technologiques adaptés à ce projet.**

PARTIE n°2 – Étude sommaire de la déconstruction

L'objectif de cette partie est d'étudier les travaux de déconstruction partielle du bâtiment le « Cèdre Bleu », et les choix technologiques à réaliser dans cette phase de travaux.

- Q3. Expliquer quelles sont les principales contraintes à prendre en compte lors d'une opération de déconstruction.**
- Q4. Expliquer quels sont les principaux procédés envisageables pour déconstruire un bâtiment. En tenant compte des contraintes listées précédemment, comparer dans un tableau (utiliser l'exemple ci-dessous) les avantages et inconvénients des différents procédés. Valider le procédé le plus adapté pour cette opération.**

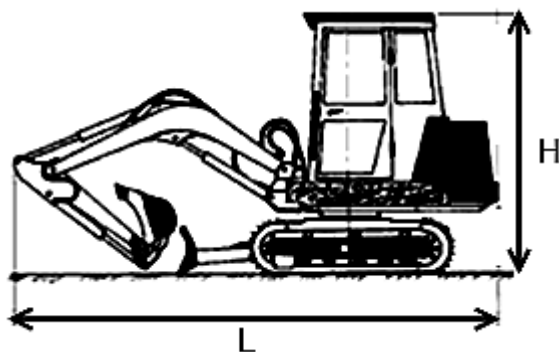
Procédé	Avantage	Inconvénient
Nom du procédé	A compléter	A compléter
Nom du procédé	A compléter	A compléter

- Q5. A partir d'une analyse technologique du procédé de construction ESTIOT (annexe n°7 et n°8), exposer les points clés à considérer pour déconstruire la structure du Cèdre Bleu.**

On se place ici dans la phase de déconstruction des niveaux les plus hauts : séchoirs, ... (Annexe n°3) après que l'ensemble du cloisonnement intérieur ait été évacué. On adopte comme hypothèses que les derniers niveaux sont démontés « à la main » car les engins de démolitions classiques placés au sol ne peuvent que difficilement atteindre une hauteur de travail supérieure à 30 mètres. Aussi, afin de faciliter le travail, une mini pelle (Volvo EC25) équipée d'un BRH (brise-roche hydraulique) et de cisailles est amenée sur la dalle du niveau à démonter. Dans la phase critique de démontage, juste avant évacuation, on estime un volume maximal de déblais (gravats, métaux, ...) à stocker d'environ $0,50 \text{ m}^3$ (soit issus des voiles, soit issus des dalles, ...) et de masse volumique 2500 kg.m^{-3} .

CARACTARISTIQUES DE LA MINI PELLE

VOLVO EC25



- Puissance : 17,10 kW
- Masse : 2,70 t
- Longueur (L) : 4,22 m
- Largeur (l) : 1,48 m
- Hauteur (H) : 2,39 m
- Masse du chauffeur: 100 kg
- Masse du BRH ou cisaille à béton : 250 kg

fig. 6a : caractéristiques de la mini pelle



On considère que les élingues placent le crochet de grue 1,50 mètre au-dessus de la pelle.

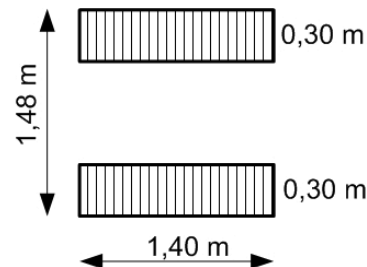


fig. 6b : surface de contact des chenilles

Les planchers des douze derniers étages sont constitués de dalles en béton alvéolaire de $24 + 1 = 25 \text{ cm}$ d'épaisseur, clavées. Les portées des trois dalles qui constituent une cellule standard à déconstruire sont respectivement de 5,13 m puis 5,78 m et 5,13 m.

Chaque dalle est armée par des armatures positionnées en fibre inférieure avec un enrobage de 3 cm. Ces armatures se composent pour chaque dalle, d'un acier lisse $\text{Ø}6$ tous les 10 cm auxquels s'ajoute un unique acier HA12, soit $5,65 \text{ cm}^2$ d'acier par dalle.

Les joints de clavetage des dalles (fig. 7) sont réalisés à l'aide de profilés IPE100 (acier possédant une limite d'élasticité supposée à 215 MPa) de section $10,3 \text{ cm}^2$ placés à 9 cm sous la surface de la dalle.

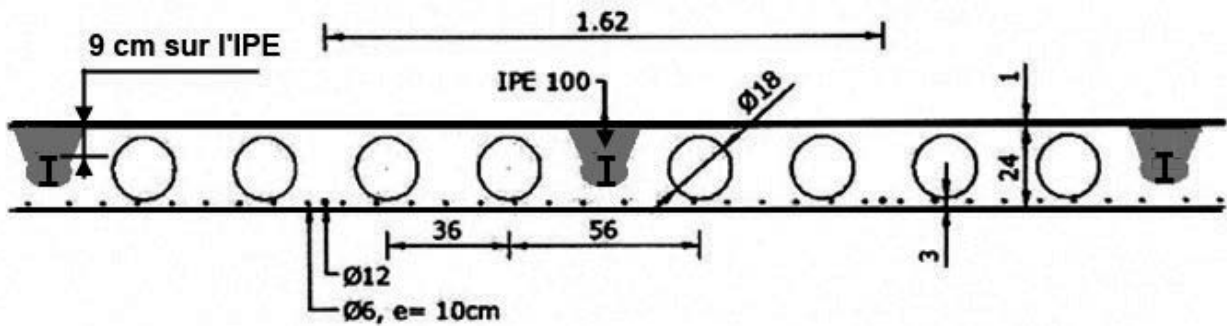


fig. 7 : coupe de principe du plancher (procédé ESTIOT 1959).

Les dalles alvéolaires, leur zone de clavage et la chape de 1 cm sont ici considérés comme une seule section en béton, allégée par quatre alvéoles de 18 cm de diamètre, et comportant les armatures citées précédemment. Globalement, le poids volumique du matériau composant la dalle est estimé à 25 kN/m^3 (y compris profilé).

Compte-tenu de la géométrie du plancher, on considère que l'on peut adopter un modèle type « poutre » dans le cadre d'un calcul mécanique des dalles alvéolaires. De plus, pour des raisons de limitation de l'étude, l'unique combinaison envisagée est ici l'état limite ultime : $S_{ELU} = 1,35G + 1.50Q$.

Dans la suite de cette partie, le problème technique abordé concernera la méthodologie de déconstruction des étages situés au-dessus du R+9.

Q6. Déterminer l'intensité des différentes actions mécaniques à prendre en compte dans le cadre de l'étude du démontage d'une dalle alvéolaire.

Q7. Déterminer les précautions à prendre afin de garantir la sécurité (riverains, personnels, ...) dans le cadre du démontage. Expliquer comment on évacue les déblais au sol (niveau RdC).

Le fait d'amener des actions mécaniques « inhabituelles » sur la dalle lors des travaux, soulève un certain nombre d'interrogations quant à la stabilité de cet élément de structure. Différentes possibilités sont envisagées pour stabiliser la dalle dans cette phase :

- aucun étaielement de la dalle (fig. 8),
- une ou plusieurs files d'étaielement (fig. 9),
- un étaielement continu sur toute la hauteur du bâtiment ou un étaielement de quelques niveaux (fig. 10).

Les étais disponibles sont de catégorie standard à pieds renforcés, de débattement maximal 3,20 m et de charge utile maximale 20 kN.

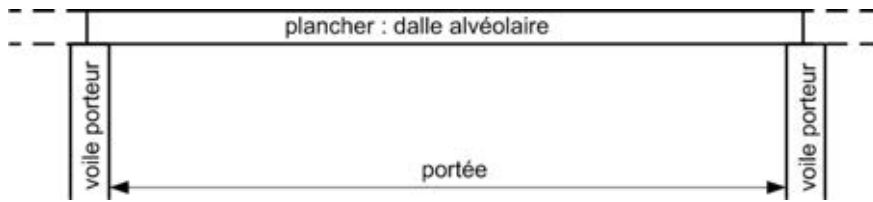


fig. 8 : coupe de principe

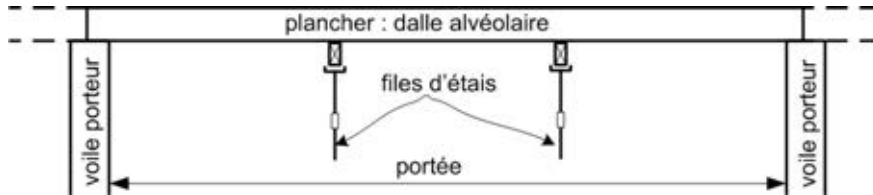


fig. 9 : coupe de principe - 2 files d'étais

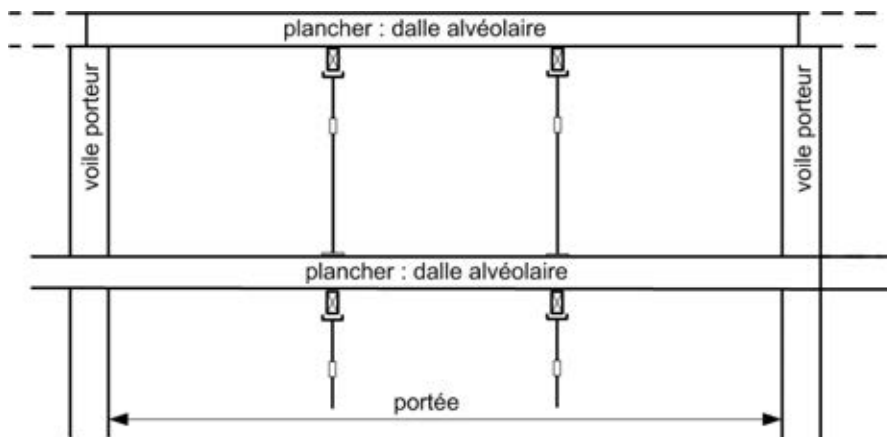


fig. 10 : coupe de principe – étais sur N niveaux

Q8. Dans le cas où aucun dispositif d'étalement n'est mis en place (fig. 8) :

- présenter et justifier le schéma mécanique de la dalle (portée, chargement, liaisons ...) ;
- déterminer le moment sollicitant ultime M_{SU} généré par les charges permanentes et les charges de chantier ;
- déterminer le moment résistant ultime M_{RU} du système dalle alvéolaire.

Quelles conclusions peut-on formuler ?

On considère pour la suite du sujet les valeurs approchées suivantes :

- Moment sollicitant ultime, travée de 5,78 m : $M_{SU} = 150 \text{ kN.m}$
- Moment sollicitant ultime travée de 5,13 m : $M_{SU} = 130 \text{ kN.m}$
- Moment résistant ultime de la dalle alvéolaire : $M_{RU} = 47 \text{ kN.m}$

On considère maintenant deux files d'étais (fig. 9) sous chaque panneau de dalle de manière à supporter le poids des charges de chantier, et éviter la rupture d'une dalle.

Q9. A l'aide de schémas de principe annotés, comparer le fonctionnement mécanique des dalles dans le premier cas où on étaye tous les planchers de bas en haut, et dans le second cas où on étaye uniquement quelques planchers sous la mini pelle.

Afin de ne pas étayer tous les étages du bâtiment, on choisit de mettre un étaieement en place sur la base de 2 files d'étaieement, alignées sur N niveaux inférieurs, de manière à répartir le poids des charges sur ces niveaux.

Afin de simplifier les études en première approche, les bureaux d'études considèrent que le plancher en cours de démolition est correctement étayé par les N planchers du dessous, si la globalité des moments résistants $N \times M_{RU}$ des N planchers est capable de supporter la somme des N moments sollicitants M_{GU} des charges de poids propre G des planchers, augmentée du moment sollicitant M_{QU} des charges de chantier Q. Ce qui revient à :

$$N \times M_{RU} \geq N \times M_{GU} + M_{QU}$$

Q10. Proposer un modèle mécanique permettant de comprendre le comportement des N+1 planchers étayés en cours de déconstruction.

Q11. En utilisant une méthode type « bureau d'étude », déterminer le nombre de planchers N devant être étayés pour répartir les charges sur plusieurs niveaux, et respecter les exigences de résistance des dalles à l'ELU. Conclure.

Q12. Proposer une cinématique (suite de schémas temporellement ordonnés) de mise en place de l'étaieement permettant la déconstruction des étages supérieurs en considérant que la pelle est au pied de l'ouvrage en début de chantier. Faites clairement apparaître les matériels et les dispositifs de sécurité.

PARTIE n°3 – Étude de la stabilité de la Tour des Énergies

Les problèmes techniques abordés par le questionnement de cette partie sont maintenant :

- *Comment conserver la cheminée ?*
- *Faut-il un renforcement de la structure de la Tour des Énergies ?*

Pour cela, les études proposées ont pour objet de vérifier des conditions de stabilités dans l'hypothèse de la démolition partielle ou totale des logements jouxtant la cheminée. Les dispositifs d'escalade projetés par le projet architectural ne seront pas pris en compte.

La campagne de reconnaissance des sols a fourni les informations suivantes :

- le sol de fondation est composé d'une couche de calcaire compact surmontée d'une couche de terre végétale de l'ordre de 80 cm d'épaisseur ;
- aucune venue d'eau n'a été constatée et le taux de travail à retenir est de 13bars.

De plus, la mise à jour partielle des fondations et un relevé de l'existant a permis d'établir les plans fournis dans les annexes n°9 et n°10.

Suite à une campagne de reconnaissance des bétons (voiles, dalles et fondations), des essais sur carottages ont donné les résultats suivants :

- résistance moyenne des bétons à la compression : 40 MPa ;
- module d'élasticité du système ESTIOT estimé à $E_b = 25 \text{ GPa}$
- masse volumique du béton armé : $\rho = 2500 \text{ kg.m}^{-3}$
- aciers (employés à l'époque de la construction) de limite d'élasticité $F_e = 215 \text{ MPa}$ et de module d'élasticité $E = 200000 \text{ MPa}$.

La cheminée, essentiellement composée de maçonneries, repose à sa base sur une semelle de fondation et comporte des « ceinturages » en béton armé d'espacements variables. La cheminée est liaisonnée partiellement au niveau de chaque plancher par des armatures droites scellées au voile pignon. La masse volumique du matériau composant la cheminée est estimée à $\rho = 2200 \text{ kg.m}^{-3}$.

Le vent à considérer est ici normal au pignon du bâtiment et il agit préférentiellement selon le sens indiqué et avec des intensités (non pondérées) précisées par la figure 4 de l'annexe 10.

La première variante (n°1) envisagée prévoyait de conserver uniquement un système comportant la cheminée, le voile pignon et la semelle de fondation (annexe 10 ; fig. 1 à 4).

Q13. En justifiant par des calculs simples de stabilité, expliquer pourquoi la variante (n°1) a été écartée.

Une seconde variante (n°2) consistait à conserver une travée de 16,95 m de long du bâtiment existant (annexe 10 ; fig. 5) ainsi que la cheminée qui s'y adosse, et ce sans mettre en œuvre de renforcements. On considère que la structure de chaque étage est identique à celle présentée par la figure 5 de l'annexe 10.

Des règles de pré-dimensionnement des ouvrages indiquent que :

- Les déplacements de 2 étages ne doivent pas dépasser $1/200$ de la hauteur de l'étage sous charges de vent.
- Les déplacements d'un bâtiment entre sa base et sa toiture ne doivent pas dépasser $1/300$ de la hauteur totale du bâtiment.

Q14. En considérant l'ensemble des effets du vent, les calculs de distribution des efforts et de déformations des éléments de structure conduisent à des déplacements (translations et rotation).

A l'aide de schémas de principe, expliquer pourquoi la variante (n°2) a été écartée.

La troisième variante (n°3) est la solution retenue. Elle est basée sur la variante n°2 envisagée précédemment. Elle consiste à renforcer le bâtiment à l'aide d'une structure métallique intérieure (fig. 11) en forme de K réalisée par un assemblage de profilés CAR140 et HEA140. Cette structure, nommée « palée de contreventement » (annexe 10 : fig. 6) est placée dans le prolongement du refend longitudinal intérieur (axe du voile n°5 – RL1) dans les deux travées adjacentes.



fig. 11 : palée de stabilité métallique en forme de K dans la trame adjacente au voile n°5

Des calculs préliminaires ont permis d'évaluer les déformations suivantes sous une action ponctuelle de 1 tonne (10 MN) appliquée en tête d'ouvrage pour :

- une palée métallique en forme de K (fig. 12) composée de profilés CAR140 et HEA140 ;
- un refend BA d'épaisseur 20 cm (fig. 13) : voile unique n°5 construit par le procédé ESTIOT (tout autre élément de structure non considéré).

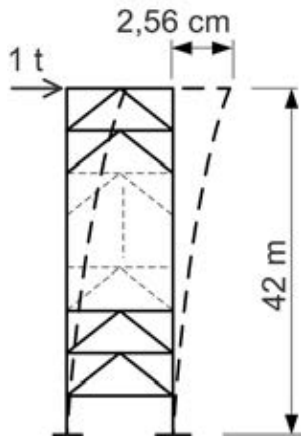


fig. 12 : palée métallique de contreventement seule

$E_{\text{acier}} = 200 \text{ GPa}$, S275

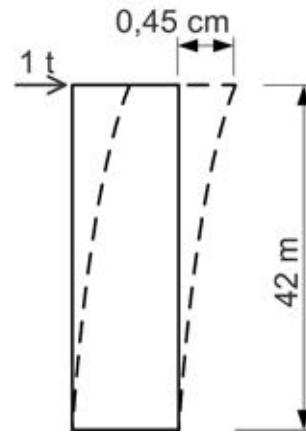


fig. 13 : refend : voile 5-RL1

$E_b = 25 \text{ GPa}$

Q15. En vous aidant des informations données par les figures n°12 et n°13, par un calcul simple présentant les rigidités structurales, expliquer pourquoi on peut considérer que la quote-part du vent applicable aux 2 palées métalliques de stabilité est d'environ 13% (et par conséquent qu'environ 87% des efforts du vent sont repris par le refend n°5).

Par prudence (les incertitudes liées : aux liaisons, au procédé ESTIOT, ... étant relativement importantes), le bureau d'études a opté pour une hypothèse de répartition des actions du vent de l'ordre de 23% sur les palées métalliques. C'est cette hypothèse qui a conduit à l'estimation des actions présentées figure 6b de l'annexe 10 et les intensités des charges prises en compte dans la note de calculs (annexe 11).

Q16. En vous aidant des annexes n°10 et n°11, expliquer le fonctionnement mécanique de la structure contreventée proposée par le bureau d'études techniques.

Q17. A l'aide de schémas clairs et annotés, proposer une cinématique (suite de schémas temporellement ordonnés) de mise en place des contreventements dans la structure (de la livraison au pied du bâtiment à la mise œuvre définitive).

PARTIE n°4 – Étude thermique des locaux rénovés

On souhaite ici vérifier la qualité de l'ambiance thermique de la maison des jardiniers, du RDC à l'étage 1. Le bâtiment réel est constitué de panneaux préfabriqués incorporant de très fines couches de béton cellulaire. Pour cette étude, les constitutions de façades sont simplifiées.

Données :

- Murs :
 - Façades Nord et Sud : voile béton armé de 25 cm non doublé
 - Pignon Ouest : voile béton armé de 19 cm non doublé
- Menuiseries extérieures :
 - Anciens simple vitrages : $U_w = 5,50 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$
 - Nouveaux double-vitrages : $U_w = 1,80 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$
- Ventilation :
 - Puissance thermique de renouvellement d'air:
 $P_{th} = 0,34 \times Q_v \times (T_{\text{extérieur}} - T_{\text{intérieur}})$ avec Q_v le débit d'air (m^3/h)
- Pression de vapeur saturante en mm de mercure :
 $p_s(T) = \exp\left[46,784 - 6435 / (T + 273,15) - 3,868 \times \ln(T + 273,15)\right]$ Avec T en °C
- Humidité spécifique : $x = \frac{\text{masse de vapeur d'eau}}{\text{masse d'air sec}} = 0,622 \times \frac{p_v}{p_{\text{atm}} - p_v}$
- Pression partielle de vapeur : $p_v = \frac{\text{Humidité Relative}}{100} \times p_s(T)$
- Pression (en mm de mercure) = 760 x Pression (en bar) et 1 bar = 0,1 MPa
- Pression atmosphérique : $p_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Volume spécifique : $v = \frac{461,24 \times (0,622 + \Psi) \times (T + 273,15)}{p}$ avec Ψ : humidité absolue en kg eau / kg air sec et p : pression totale de l'air humide

Valeurs des résistances thermiques superficielles en $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$					
Paroi opaque	Rsi	Rse	Paroi vitrée	Rsi	Rse
Verticale	0,13	0,04	Verticale (flux horizontal)	0,13	0,04
Horizontale (flux ascendant)	0,10	0,04	Horizontale (flux ascendant)	0,10	0,04
Horizontale (flux descendant)	0,17	0,04			

Q18. Identifier les parois fortement déperditives et peu déperditives de la Tour des Énergies réhabilitée en supposant que les locaux des jardiniers sont occupés. Quel est l'intérêt de distinguer ces deux types de parois ?

Le maître d'œuvre envisage lors de la rénovation thermique de remplacer uniquement les menuiseries des façades Nord et Sud, et de ne pas modifier les parois opaques (murs de façade et de pignons). On souhaite évaluer l'impact de cette décision sur la performance thermique de l'ensemble.

On rappelle ici la notion de Degré Jour Unifié (DJU), valeur représentative pour un lieu donné, de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli (18°C).

Le nombre de DJU est calculé par différence entre la température de référence 18°C et la moyenne des températures minimales et maximales de ce jour.

Les DJU sont additionnés sur une période de chauffage de 232 jours (du 1er Octobre au 20 Mai).

$$DJU = \sum_{j=1}^{232} 18 - \left(\frac{T_{\min_j} + T_{\max_j}}{2} \right)$$

Valeurs approchées de DJU	
Villes	DJU
Nancy	2 854
Bar le Duc	2 985
Metz	2 797

Q19. Déterminer sur l'étage du niveau 1 présenté en annexe 12 le gain énergétique occasionné par le seul changement des menuiseries en façade, exprimé en pourcentage des déperditions de l'enveloppe. On se basera sur la valeur des degré-jour-unifiés.

Le coût du remplacement des menuiseries est évalué à environ 15000 Euros. On adopte un coût du kilowatt heure de 0,15 centimes d'Euros pour un chauffage électrique.

Q20. Calculer le temps d'amortissement des menuiseries.

On souhaite à présent vérifier l'absence de risque de condensation dans le local des jardiniers. On se place dans un cas défavorable où l'air extérieur est chargé en humidité :

- Température extérieure : $T_e = +12^\circ\text{C}$
- Température intérieure : $T_i = +18^\circ\text{C}$
- Humidité relative de l'air extérieur : $H_{Re} = 80\%$
- Production de vapeur d'eau par les occupants et les plantations : $W = 500\text{g}$ de vapeur d'eau par heure
- Ventilation mécanique débit : $Q_v = 80\text{m}^3/\text{h}$ pour l'ensemble de l'étage.

Q21. Identifier et commenter les problèmes engendrés par une condensation sur une paroi.

Q22. Calculer l'humidité relative de l'air intérieur HR_i . Peut-on situer l'ambiance intérieure dans la zone de confort préconisée dans le document DR1 ? Compléter le DR1 en traçant l'évolution des caractéristiques psychométriques de l'air extérieur qui entre dans le local.

Q23. Déterminer la valeur du débit minimal de ventilation à mettre en place pour maintenir l'humidité relative du local dans la zone de confort N°2 du document DR1.

On souhaite vérifier l'absence de risque de condensation dans un second cas défavorable où la température extérieure est basse.

- Température extérieure : $T_e = -5^\circ\text{C}$ et Température intérieure : $T_i = +18^\circ\text{C}$
- Humidité relative de l'air extérieur : 70% et celle de l'air intérieur : 52%
- Conductivité thermique du béton : $\lambda_{\text{béton}} = 1,75 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique du polystyrène : $\lambda_{\text{polystyrène}} = 0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Perméabilité (vapeur d'eau): $\pi_{\text{béton}} = 2,24 \times 10^{-12} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$
- Calcul approché de la température de rosée :

$$Tr = \sqrt[8]{\frac{HR}{100}} \times [112 + (0,9 \times T)] + (0,1 \times T) - 112$$

Tr : température de rosée en $^\circ\text{C}$

T : température de l'air en $^\circ\text{C}$

HR : humidité relative en %

Q24. Tracer le profil des températures à travers le mur de la façade Ouest. Déterminer si le risque de condensation superficielle existe sur cette paroi. Conclure sur le choix du maître d'œuvre de ne pas isoler davantage la paroi.

Q25. Déterminer la valeur de l'épaisseur minimale d'isolation à mettre en œuvre sur cette paroi pour éviter le risque de condensation superficielle.

Q26. Le calcul précédent suffit-il pour déterminer l'absence de risque de condensation dans ce mur ? Proposer une méthode permettant de vérifier l'absence de risque de condensation dans le mur.

On souhaite désormais évaluer l'impact de la perméabilité de l'enveloppe sur les pertes énergétiques. On considère que l'ancienne enveloppe initiale avec des menuiseries simple vitrage présente une perméabilité à l'air d'environ $0,50 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$. On négligera la perméabilité à l'air des nouvelles menuiseries devant celle de l'ancienne enveloppe.

Q27. Compte-tenu du contexte climatique, peut-on dire que les déperditions par renouvellement d'air sont identiques sur les différents niveaux de la tour ?

Q28. Estimer le gain énergétique obtenu par le changement des menuiseries, sur les pertes par renouvellement d'air pour l'étage 1 étudié. On se limite à l'enveloppe simplifiée (parallélépipédique) de l'étage. Conclure.

PARTIE n°5 – Bilan énergétique photovoltaïque

L'objectif de cette partie est d'étudier la production d'énergie photovoltaïque de la tour des énergies afin de valider sa capacité à équilibrer les dépenses d'éclairage.

La façade Ouest est orientée géographiquement conformément à la figure 14. Les panneaux photovoltaïques sont prévus inclinés de 30 degrés par rapport à l'horizontale. On donne ci-dessous des relevés issus d'une station météorologique localisée à Nancy.

Irradiation	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Directe	7	16	32	53	70	81	89	69	52	24	8	5
Diffuse	19	30	50	67	84	88	86	74	54	37	21	15

Tableau 1 : irradiation solaire annuelle reçue au sol à Nancy en kWh/m²/an

On considère qu'il est possible d'évaluer la quantité d'énergie électrique « injectée » dans le réseau EDF par an avec la formule suivante : $E = \frac{P_c}{P_i} \times E_i \times P_R \times C_r$.

E : Énergie électrique injectée dans le réseau par an en KWh/an

P_c : Puissance crête de l'installation globale en kW/m²

P_i : Puissance d'éclairage aux conditions réglementaires, soit ici P_i = 1 kW/m²

E_i : Énergie solaire annuelle en kWh/m²/an

P_R : Ratio de performance de l'installation (adimensionnel, fonction de l'installation)

C_r : Coefficient de correction d'orientation sur la surface étudiée à partir d'une source horizontale au Sud (adimensionnel)

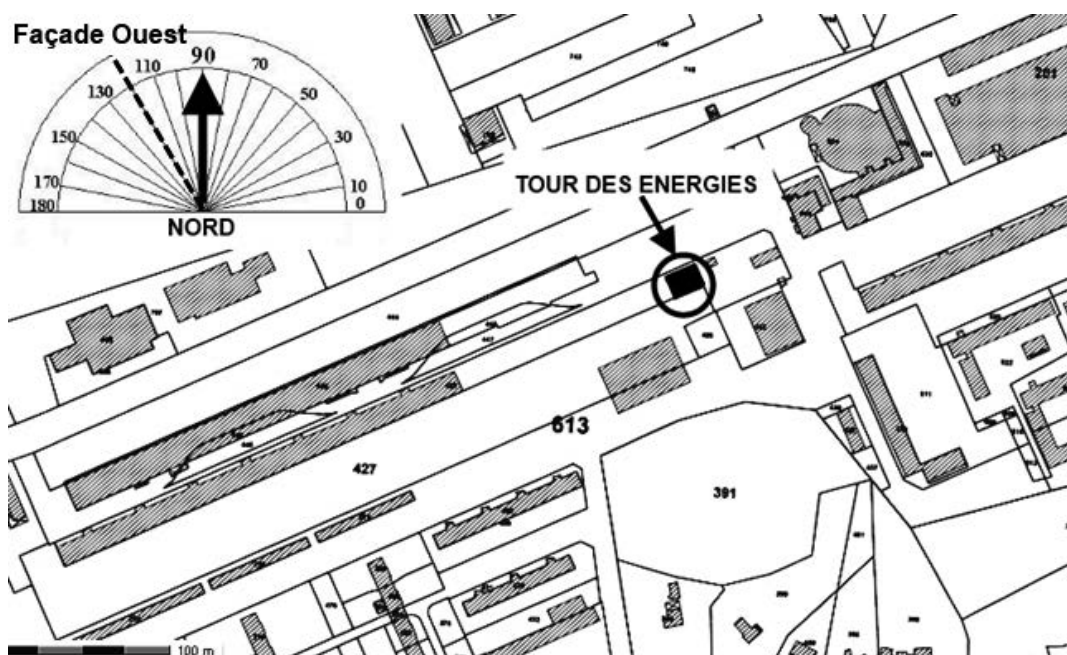


fig. 14 : orientation de la tour sur plan de masse

	Inclinaison par rapport à l'horizontale (degrés)	0	30	60	90	
	Orientation par rapport au Sud	Est (-90°)	0,93	0,90	0,78	0,55
		Sud-Est	0,93	0,96	0,88	0,66
		Sud (0°)	0,93	1,00	0,91	0,68
		Sud-Ouest	0,93	0,96	0,88	0,66
		Ouest (+90°)	0,93	0,90	0,78	0,55

Tableau 2 : facteur de correction C_r à Nancy appliqué selon l'orientation d'une surface de réception solaire.

Données techniques des panneaux photovoltaïques monocristallins		
	Puissance nominale (W)	230 W
	Tension à vide (V)	36,6 V
	Température admissible des modules	- 40°C ... +85°C
	Dimensions des modules L x l x h (mm)	1680 x 990 x 50
	Surface	1,66 m ²
	Poids	24 kg
	Ratio de performance	Valeur de PR
	Modules correctement ventilés	0,80
	Modules peu ventilés	0,60

Tableau 3: Caractéristiques des panneaux utilisés sur la Tour des Énergies

- Q29. Déterminer la production d'énergie électrique qu'on peut attendre de l'installation initiale envisagée sur la façade Ouest.**
- Q30. Déterminer le gain maximal qu'on pourrait espérer sur la production photovoltaïque si on choisissait de placer les panneaux solaires sur une autre façade de la tour.**
- Q31. Quel paramètre environnemental supplémentaire nécessite d'être pris en compte pour calculer plus précisément les apports solaires ?**
- Q32. Quel paramètre lié à la conception du système électrique nécessite d'être connu pour évaluer plus précisément la production électrique envisageable ?**

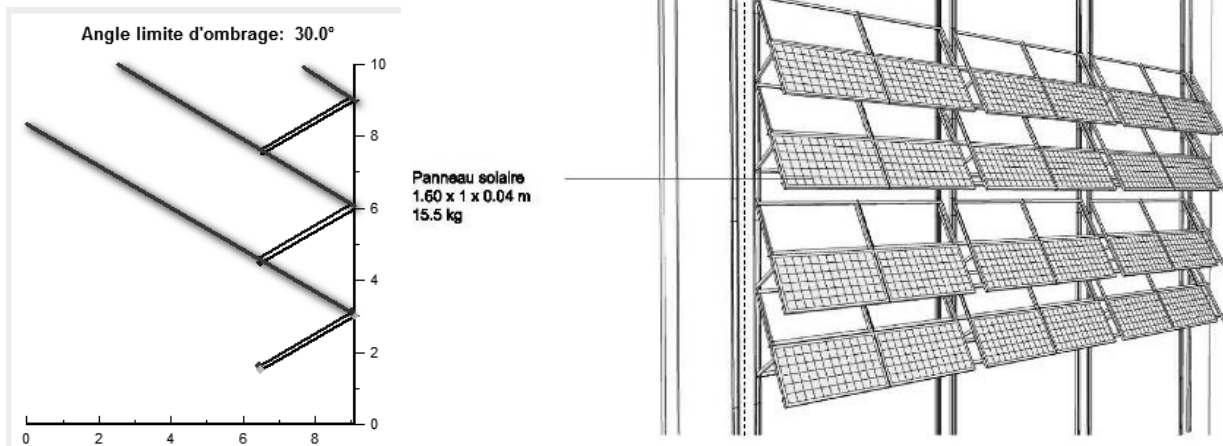


fig. 15 : inclinaison des panneaux par rapport à la façade

On s'intéresse maintenant à la géométrie du support de panneau photovoltaïque à installer sur la façade de la tour (la pose en réseau incliné est nommée communément « SHED »). Le schéma ci-contre (Fig. 16) présente la géométrie de principe du support, avec :

- A : largeur du panneau photovoltaïque
- B : largeur de la zone inerte supérieure
- C : espacement vertical entre les supports
- D : largeur ensoleillée du panneau masqué
- E : largeur masquée du panneau
- α : inclinaison du panneau solaire.
- β : angle d'incidence du soleil par rapport à la verticale

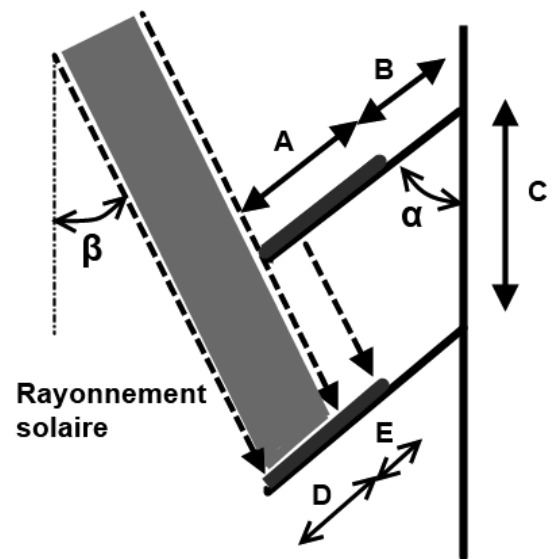


fig. 16 : géométrie des supports

Q33. Établir l'équation qui permet de calculer le pourcentage ($\frac{E}{A} \times 100$) de surface masquée du panneau en fonction des paramètres de la figure ci-dessus.

Q34. Déterminer le pourcentage de surface masquée pour un panneau mis en place sur la façade Sud-Est. On considèrera que les sheds (supports de panneaux) sont espacés de 1 mètre, inclinés de l'angle $\alpha = 30^\circ$ et l'angle d'incidence du soleil est $\beta = 37^\circ$.

On donne ci-après le résultat d'une simulation d'ensoleillement (fig. 17) réalisée pour cette installation. Les courbes représentent la course du soleil et les différents masques solaires. Les courbes pointillées représentent les pourcentages d'ombres portées par les panneaux solaires du dessus sur ceux du dessous.

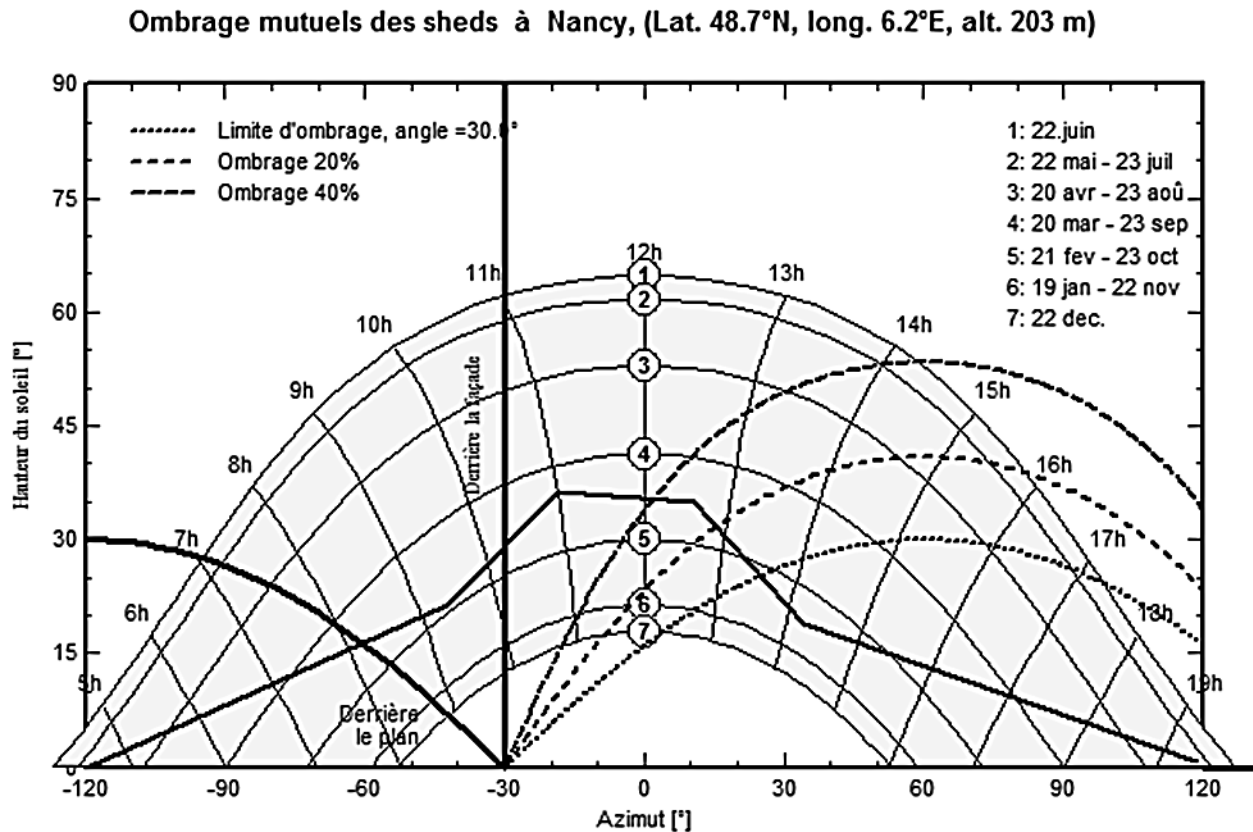


fig. 17 : masque solaire sur les panneaux

Q35. Déterminer sur le graphique ci-dessus la durée d'ensoleillement des panneaux solaires pour la journée du 22 juin.

Q36. Déterminer le pourcentage d'ombrage sur les panneaux le 22 juin à 14 heures et comparer les données et résultats à la question précédente. Commenter.

On envisage d'augmenter le nombre de panneaux photovoltaïques en utilisant toute la surface de la façade Ouest, de l'étage 4 à l'étage situé sous les séchoirs.

Q37. Déterminer le nombre maximal de panneaux solaire qu'il est possible d'installer sur la façade Ouest pour ce projet, ainsi que la production maximale envisageable. On considère ici que les phénomènes de masque réduisent de 25% la production théorique. Que peut-on conclure sur l'objectif annoncé de produire 28 000 kWh/an à l'aide de l'installation photovoltaïque ?

DOCUMENTS ANNEXES

Sommaire

ANNEXE 1 :	Plan de masse du projet	2
ANNEXE 2 :	Vue en plan RDC existant	3
ANNEXE 3 :	Coupes verticales de l'existant	4
ANNEXE 4 :	Coupe longitudinale du projet	5
ANNEXE 5 :	Vue en plan RDC projet	6
ANNEXE 6 :	Vue en plan R+2 projet	7
ANNEXE 7 :	Procédé ESTIOT – Extraits du brevet principal (1958)	8
ANNEXE 8 :	Procédé ESTIOT	9
ANNEXE 9 :	Façades et plan de la Tour des Énergies	10
ANNEXE 10 :	Éléments pour l'étude des stabilités	11
ANNEXE 11 :	Extraits de la note de calculs du contreventement de la tour des énergies	13
ANNEXE 12 :	Dimensions de l'étage 1 pour l'étude thermique	15
ANNEXE 13 :	Mécanique des Poutres	16
DR1 -	Diagramme psychrométrique de l'air	17

AGRÉGATION

Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Ingénierie des constructions

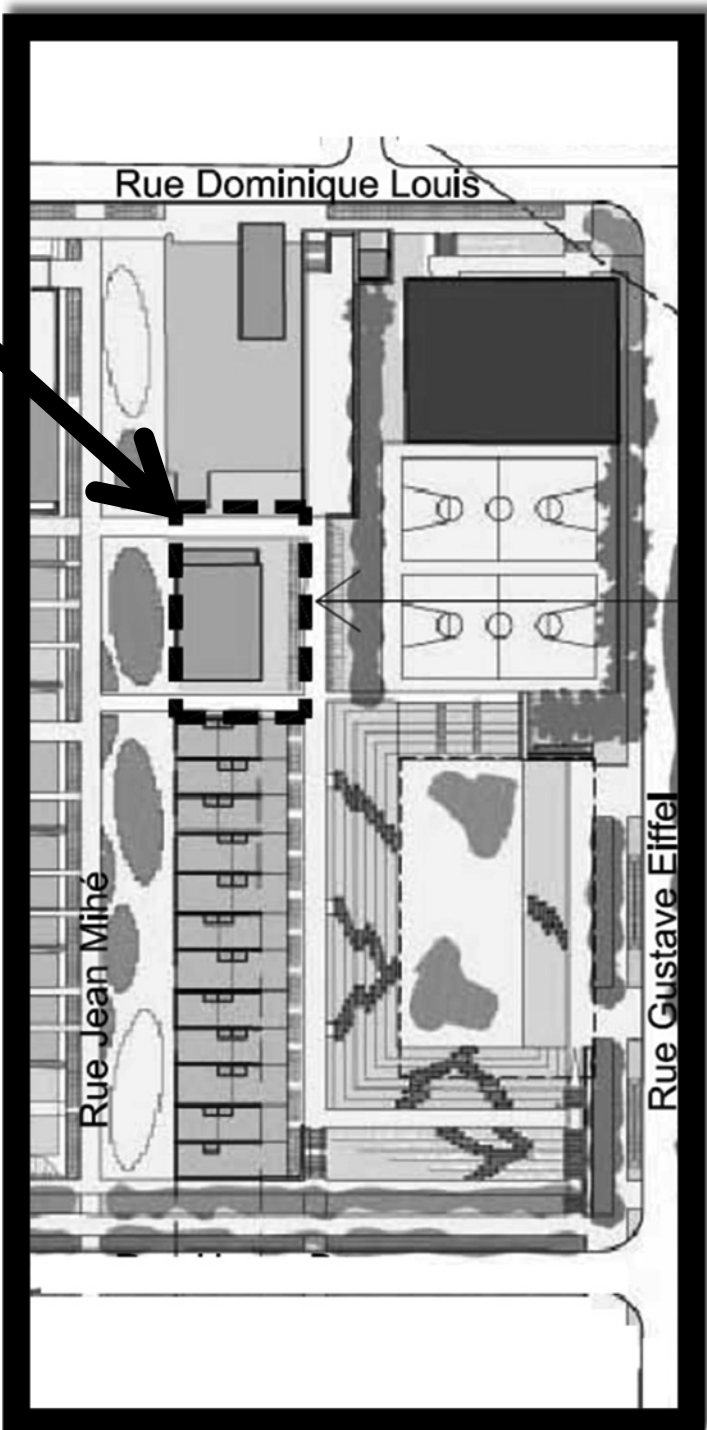
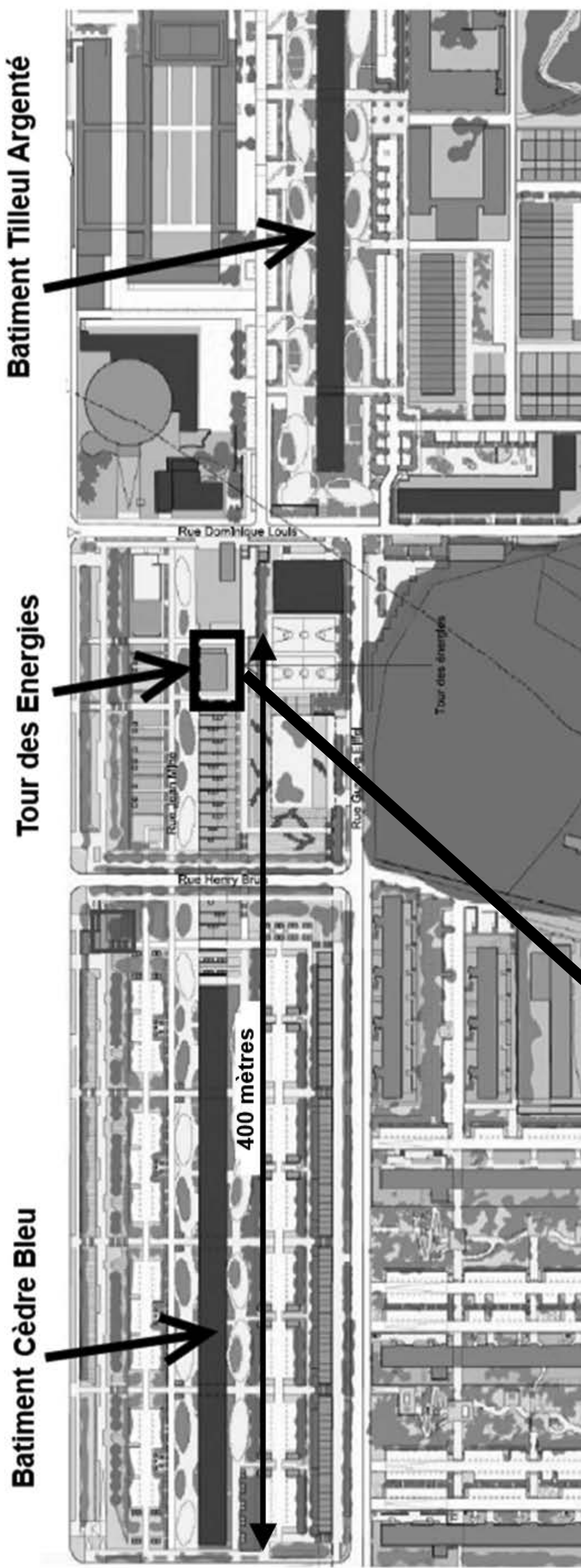
**CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTEME,
D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION**

Durée totale de l'épreuve : 6 heures

Coefficient 1

DOCUMENTS ANNEXES

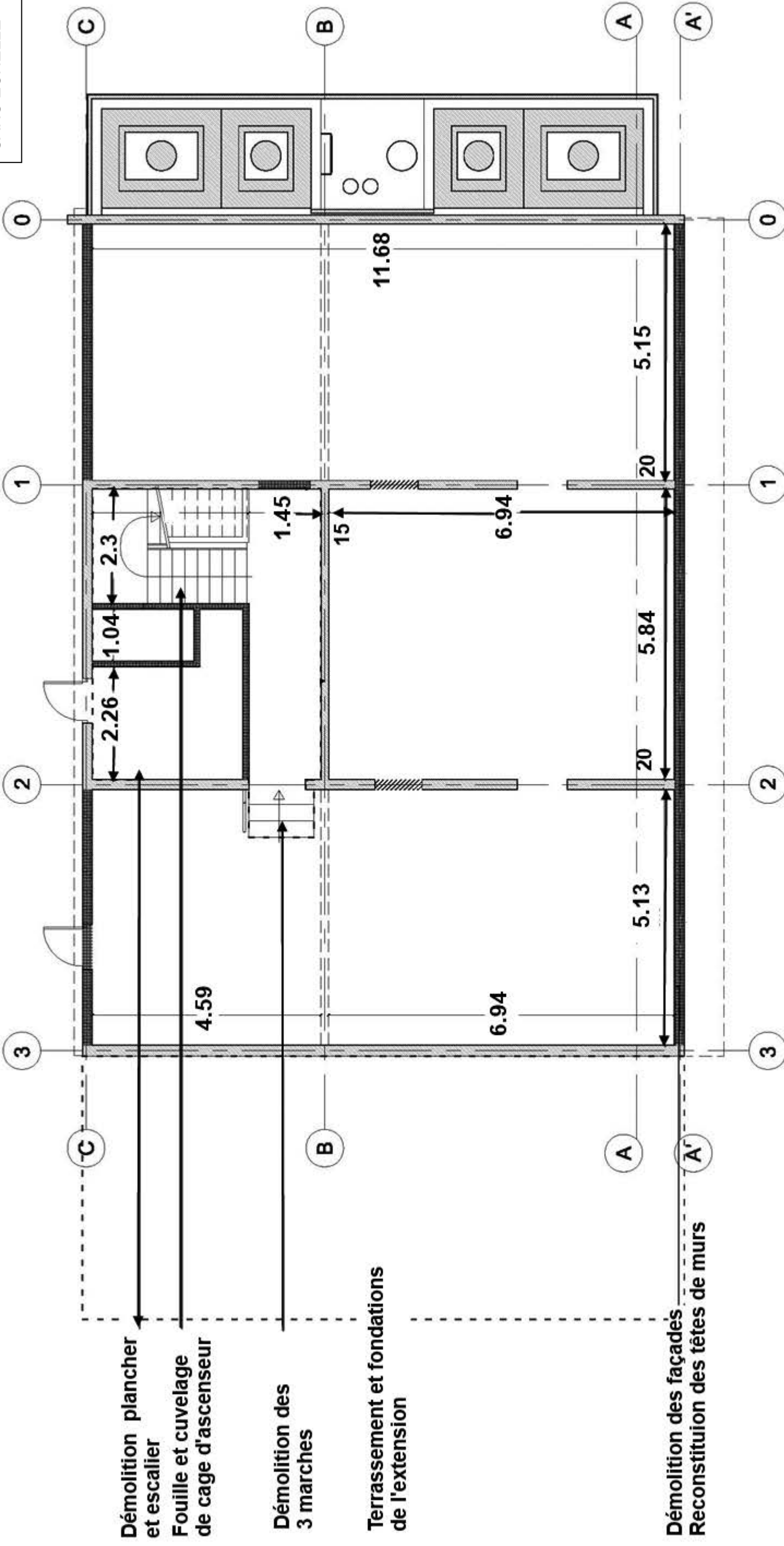
ANNEXE 1 : Plan de masse du projet



SANS ECHELLE

ANNEXE 2 : Vue en plan RDC existant

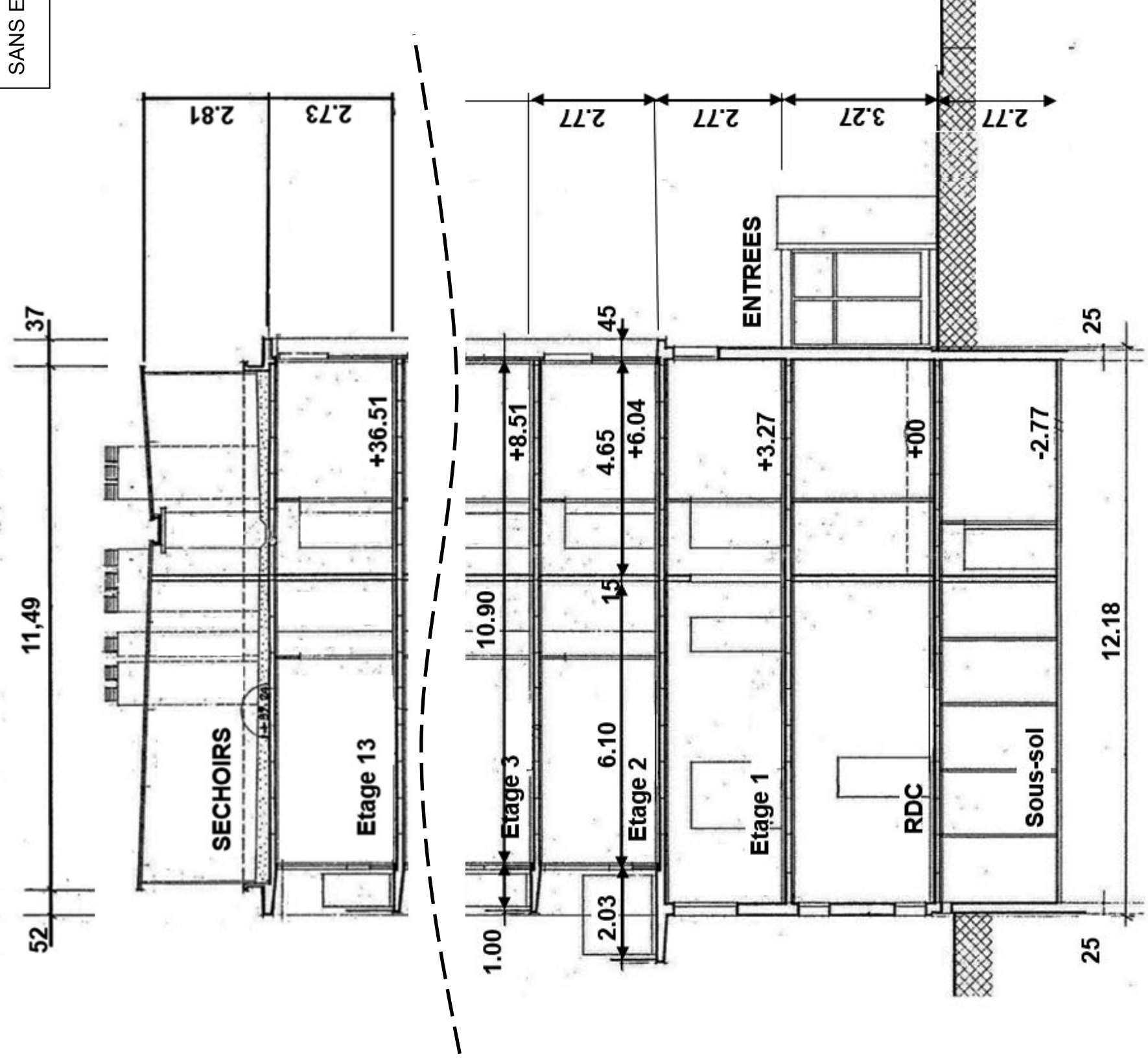
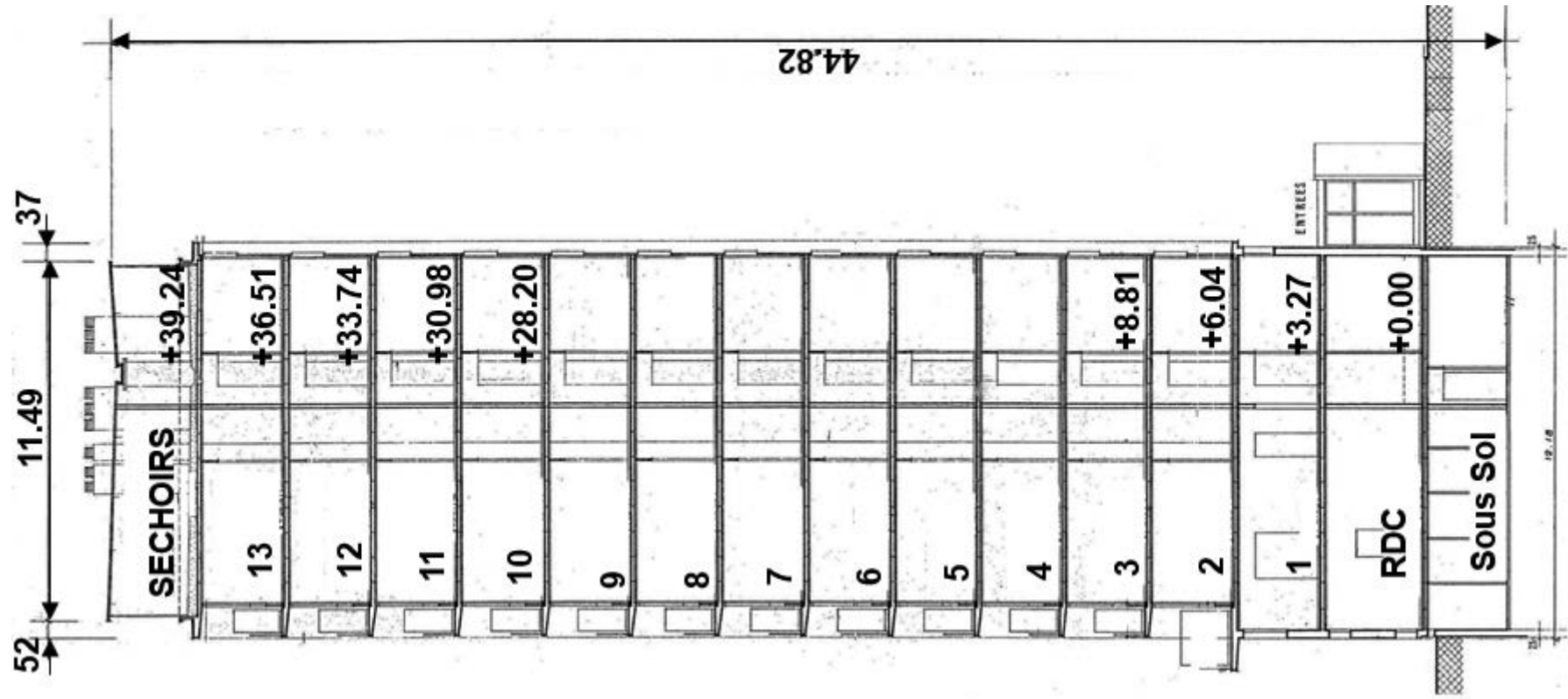
SANS ECHELLE



- A démolir par le lot gros oeuvre
- ▨ Ouverture à obturer par le lot gros oeuvre

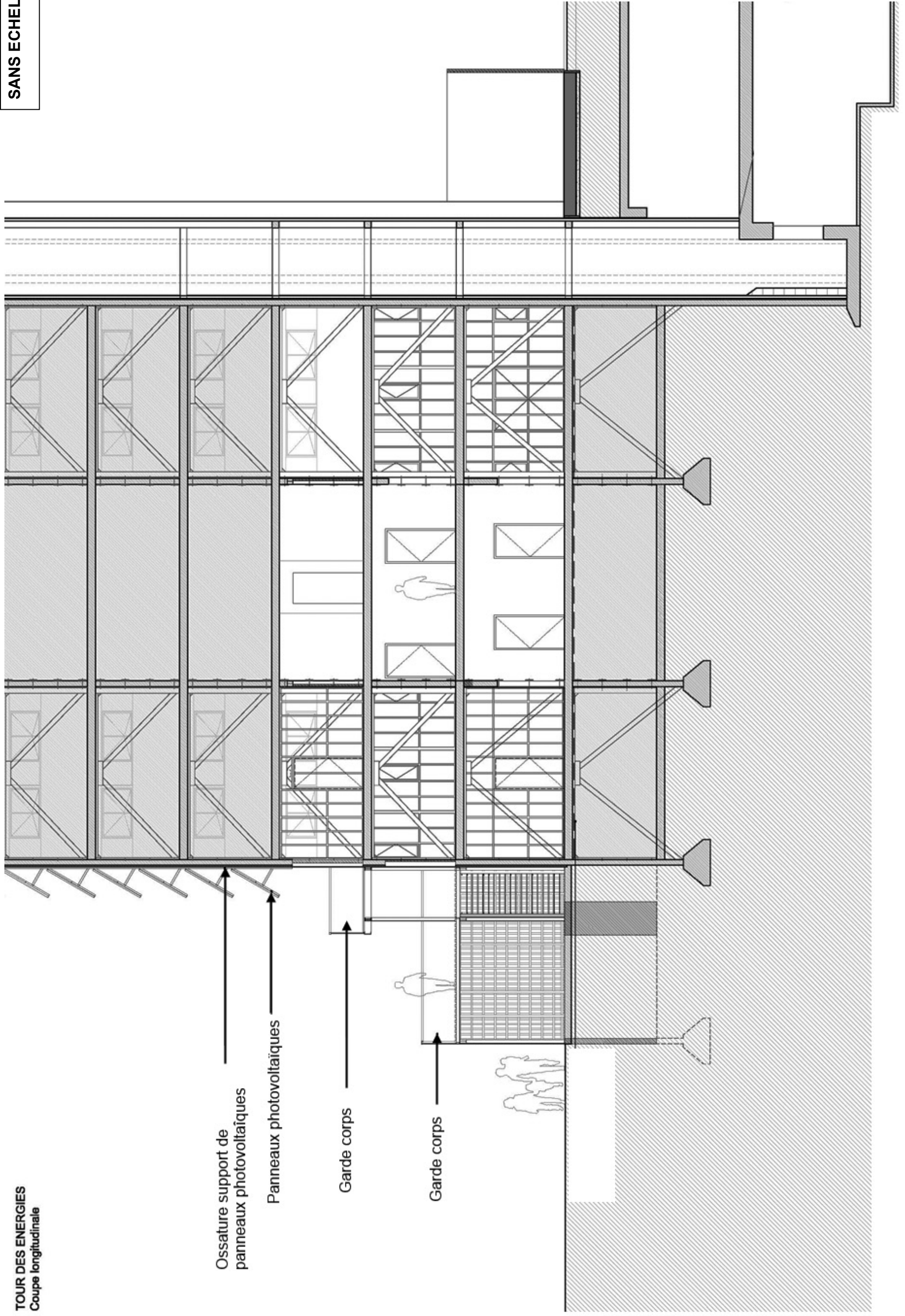
ANNEXE 3 : Coupes verticales de l'existant

SANS ECHELLE



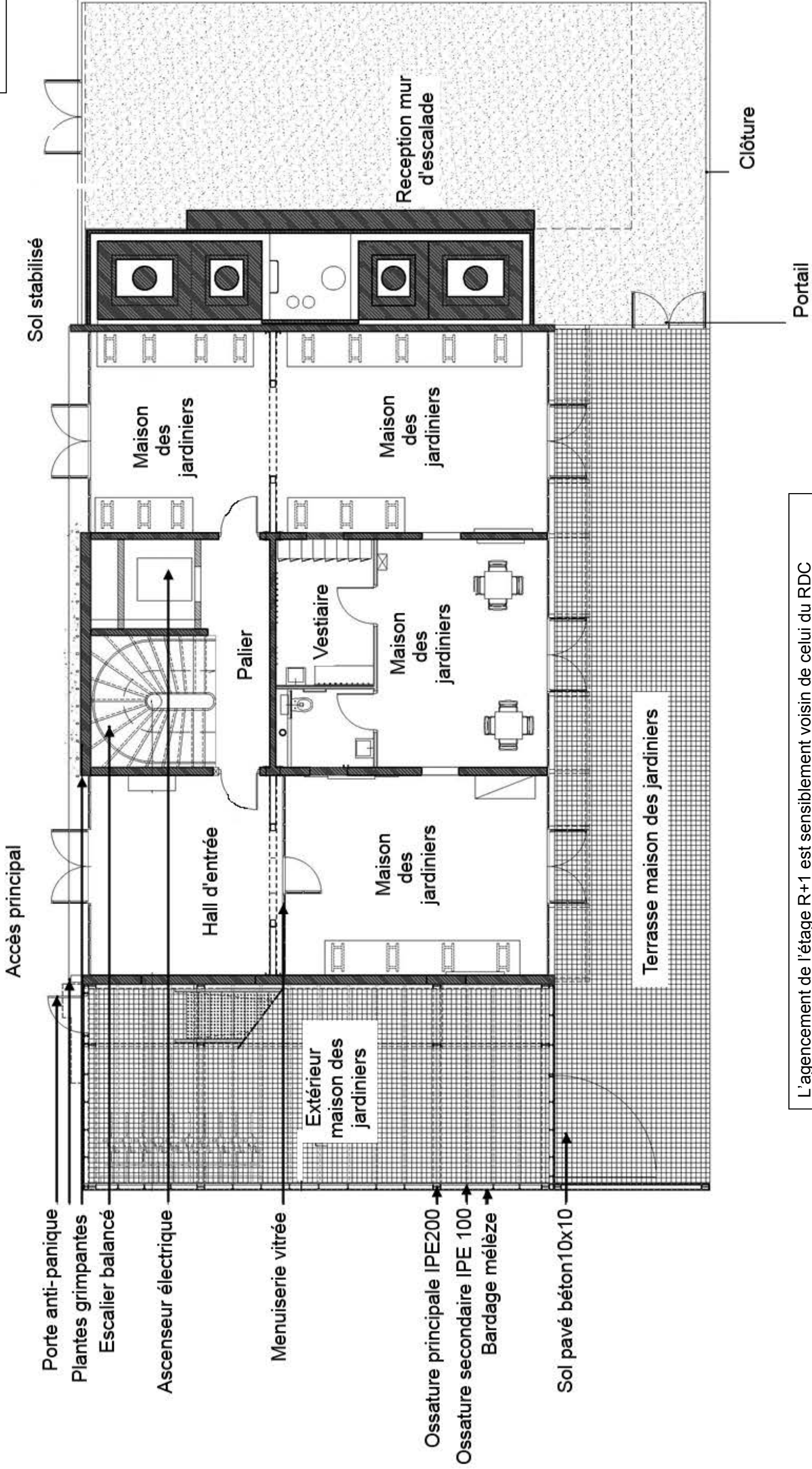
ANNEXE 4 : Coupe longitudinale du projet

TOUR DES ENERGIES
Coupe longitudinale



ANNEXE 5 : Vue en plan RDC projet

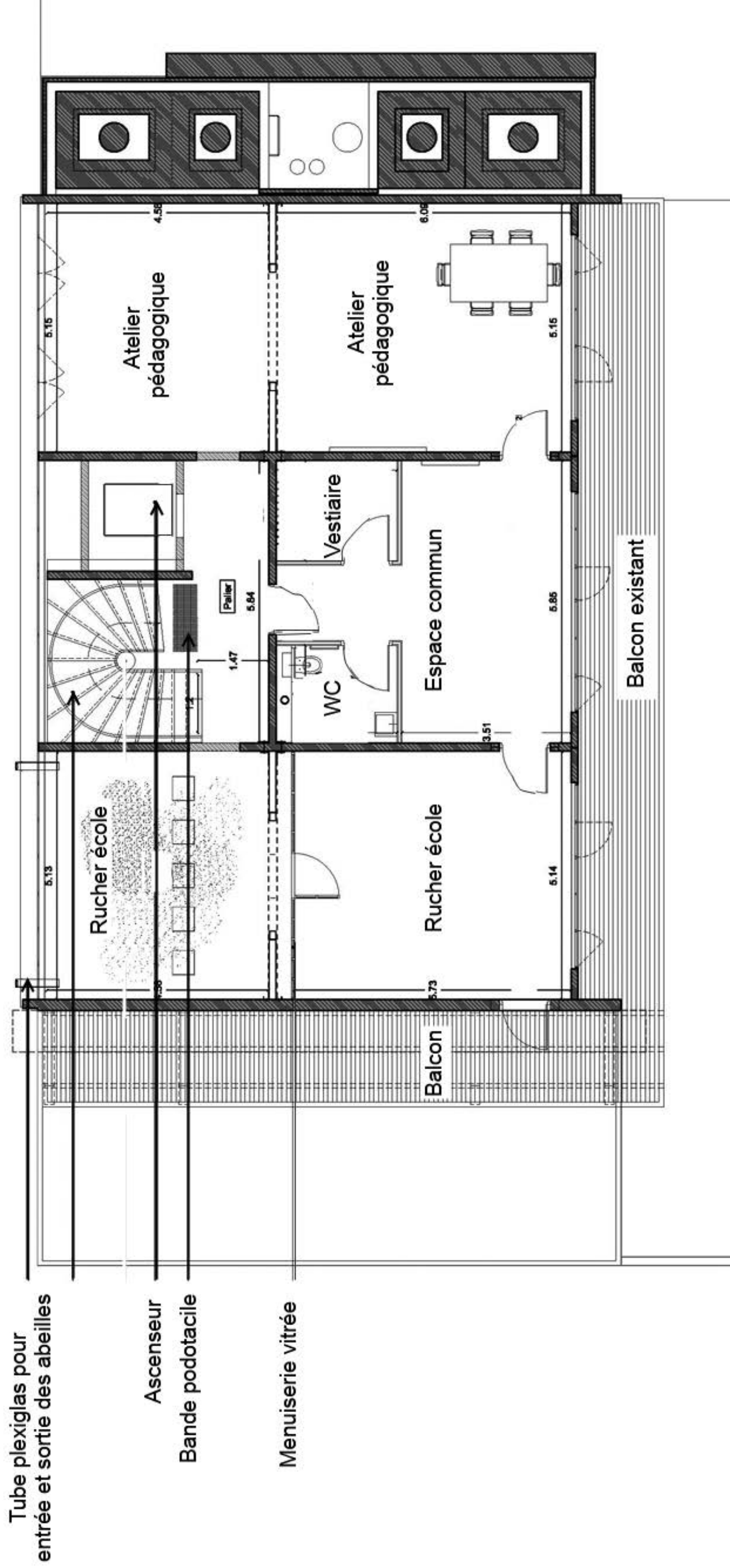
SANS ECHELLE



L'agencement de l'étage R+1 est sensiblement voisin de celui du RDC

SANS ECHELLE

ANNEXE 6 : Vue en plan R+2 projet



N° 325756



CONFÉDÉRATION SUISSE

N° 325756

BUREAU FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

EXPOSÉ D'INVENTION

Classe 4b

Publié le 15 janvier 1958

L'inventeur a renoncé à être mentionné comme tel

BREVET PRINCIPAL

Société S. Estiot et Cie, Dijon (France)

Demande déposée : 17 mars 1955, 18 h. — Brevet enregistré : 30 novembre 1957
(Priorité : France, 24 mars 1954)



Élément de construction

La présente invention est relative à un élément de construction notamment pour la réalisation d'ossatures porteuses des bâtiments, que ceux-ci soient à usage d'habitation ou industriel.

On sait que pour l'édification de bâtiments importants, c'est-à-dire de bâtiments à étages, il est de pratique courante d'adopter, en tant qu'ossature porteuse :

- 10 — soit une ossature métallique pure à assemblages traditionnels par boulons, rivets ou soudures ;
- 15 — soit une ossature monolithique en béton armé ;
- 20 — soit une ossature monolithique en béton armé complétée par des éléments préfabriqués qui lui sont incorporés.

Chacune de ces ossatures présente des avantages et des inconvénients. C'est ainsi, par exemple, que si l'ossature métallique pure a pour avantages sa légèreté et sa rapidité de montage, par contre, elle a pour inconvénients d'être relativement flexible et de nécessiter un habillage non porteur, ne procurant aucune rigidité complémentaire. De même, si l'ossature monolithique en béton armé a pour avantages d'être très stable et résistante et de ne pas nécessiter un habillage ultérieur, elle présente,

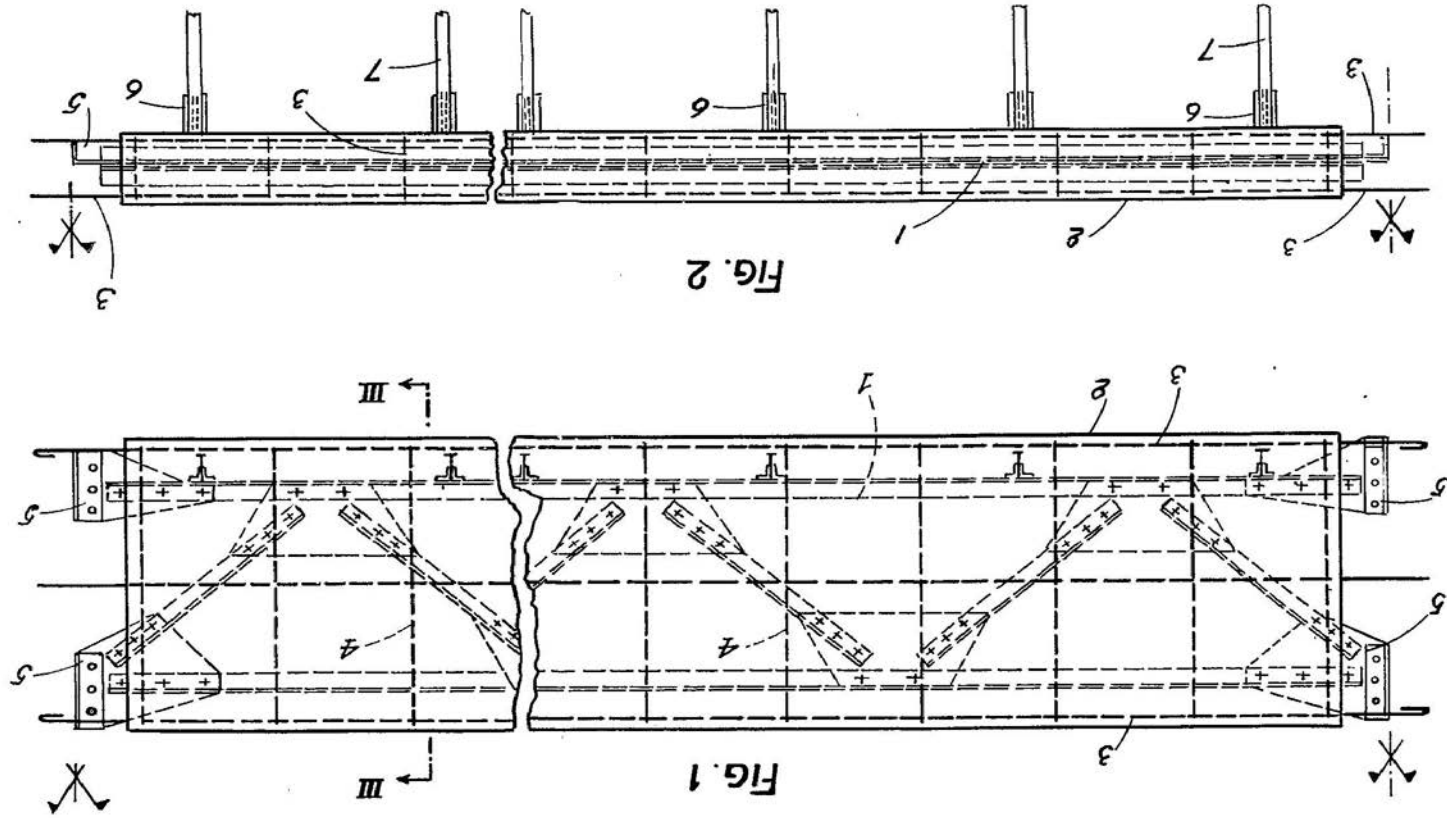
par contre, comme inconvénients, d'être lourde d'exécution et de ne pouvoir être érigée que d'une manière relativement lente. En ce qui concerne le troisième type d'ossature, si elle procure, par rapport à l'ossature monolithique en béton armé, l'avantage de ne nécessiter qu'un bétonage réduit en l'air le restant venant de préfabrication, elle présente, par contre, pour inconvénient, une difficulté de réalisation des assemblages nécessaires.

L'invention a pour but de permettre de concilier dans l'édification de bâtiments à étages les avantages respectifs de l'ossature métallique et de l'ossature en béton armé pour aboutir à un mode de construction plus économique.

L'élément de construction selon l'invention est caractérisé par le fait qu'il est constitué par une armature réalisée sous la forme d'une charpente métallique, cette armature étant enrobée dans du béton armé de façon que ses extrémités restent à nu, ces dernières constituant des organes permettant aussi bien l'assemblage entre eux de plusieurs éléments du même type, que l'assemblage d'éléments du type charpente métallique - béton armé avec des éléments en charpente métallique pure.

Le dessin annexé représente, à titre d'exemple, quelques formes d'exécution de l'élément de construction faisant l'objet de l'invention.

Brevet N° 325756
6 feuilles, N° 1



Légende

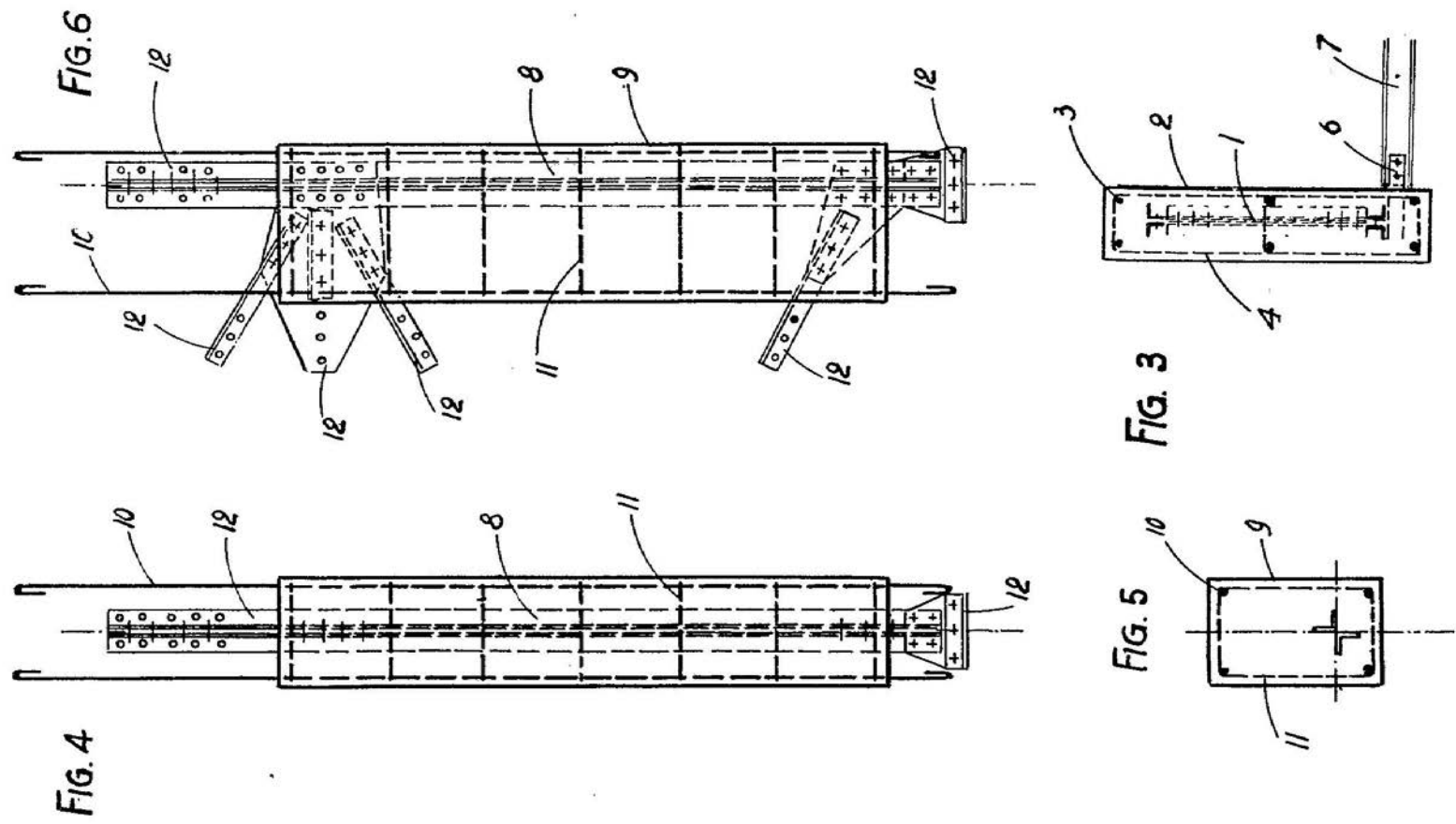
Fig 1 : Élévation d'une poutre de façade
Fig 2 : Vue en coupe de la poutre de façade
Fig 3 : coupe III - III de la fig 1

- 1 : âme interne en treillis métallique
- 2 : remplissage en béton
- 3 et 4 : armatures en acier du béton
- 5 : goussets d'assemblage principaux
- 6 : goussets d'assemblage secondaires
- 7 : solives métalliques

Fig. 3

ANNEXE 8 : Procédé ESTIOT

Brevet N° 325756
6 feuilles, N° 2.



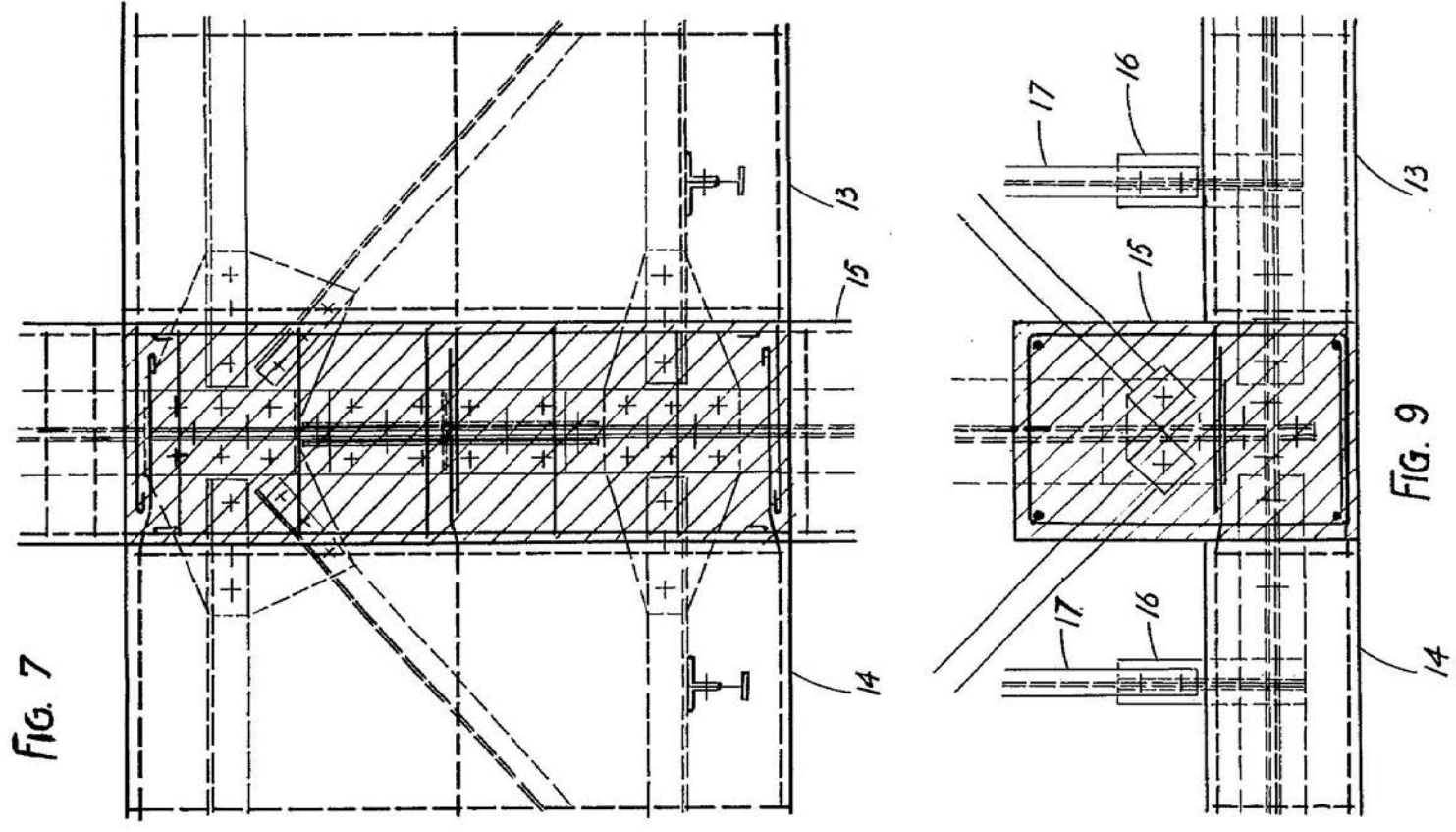
Légende

Fig 4 : élévation d'un poteau
Fig 5 : vue en plan d'un poteau
Fig 6 : vue de côté d'un poteau
Fig 7 : élévation d'un assemblage poteau-poutres

- 1 : âme interne en treillis métallique
- 2 : remplissage en béton
- 3 : armatures acier verticales du béton
- 4 : armatures acier horizontales du béton
- 5 : goussets d'assemblage principaux
- 6 : goussets d'assemblage secondaires
- 7 : solives métalliques
- 8 : âme (deux cornières assemblées)
- 9 : enrobage de béton
- 10 : armature de béton armé
- 11 : armature de béton armé
- 12 : élément d'assemblage

Les parties hachurées sont les nœuds bétonnés après assemblage du nœud métallique

Brevet N° 325756
6 feuilles, N° 3



ANNEXE 9 : Façades et plan de la Tour des Énergies

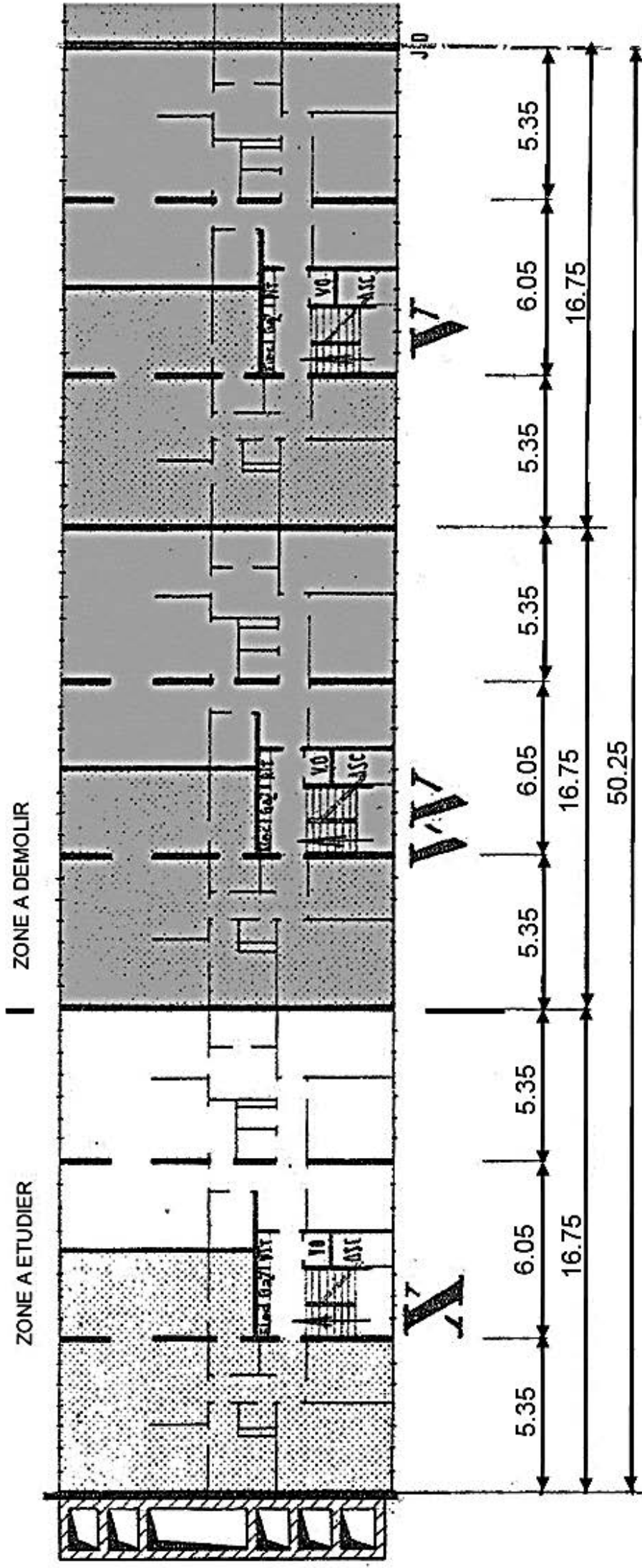


fig. 1 – localisation des études : vue en plan de l'étage courant

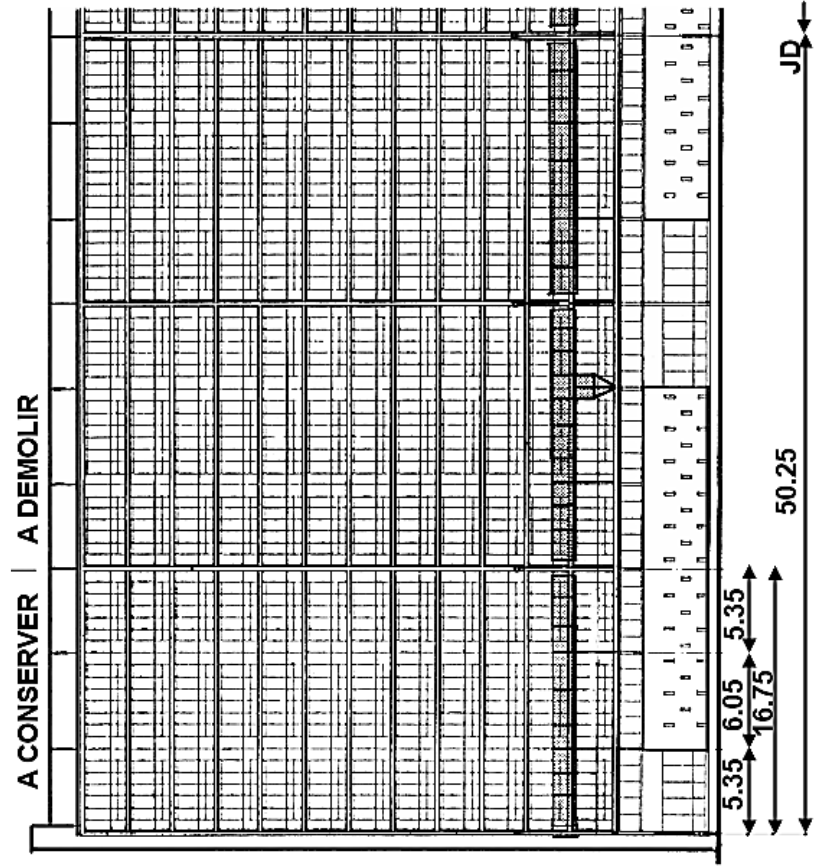


Fig 2: façade principale (vue partielle)

ANNEXE 10 : Éléments pour l'étude des stabilités (1/2)

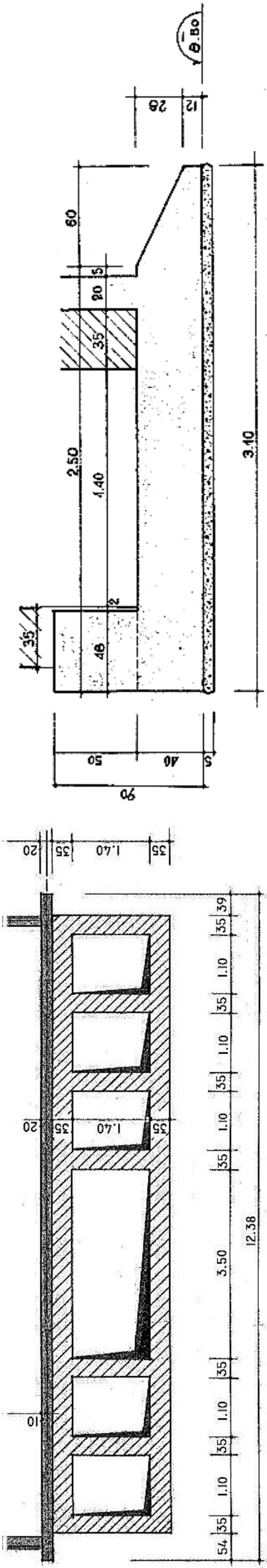


fig. 1 - coupe sur cheminée existante

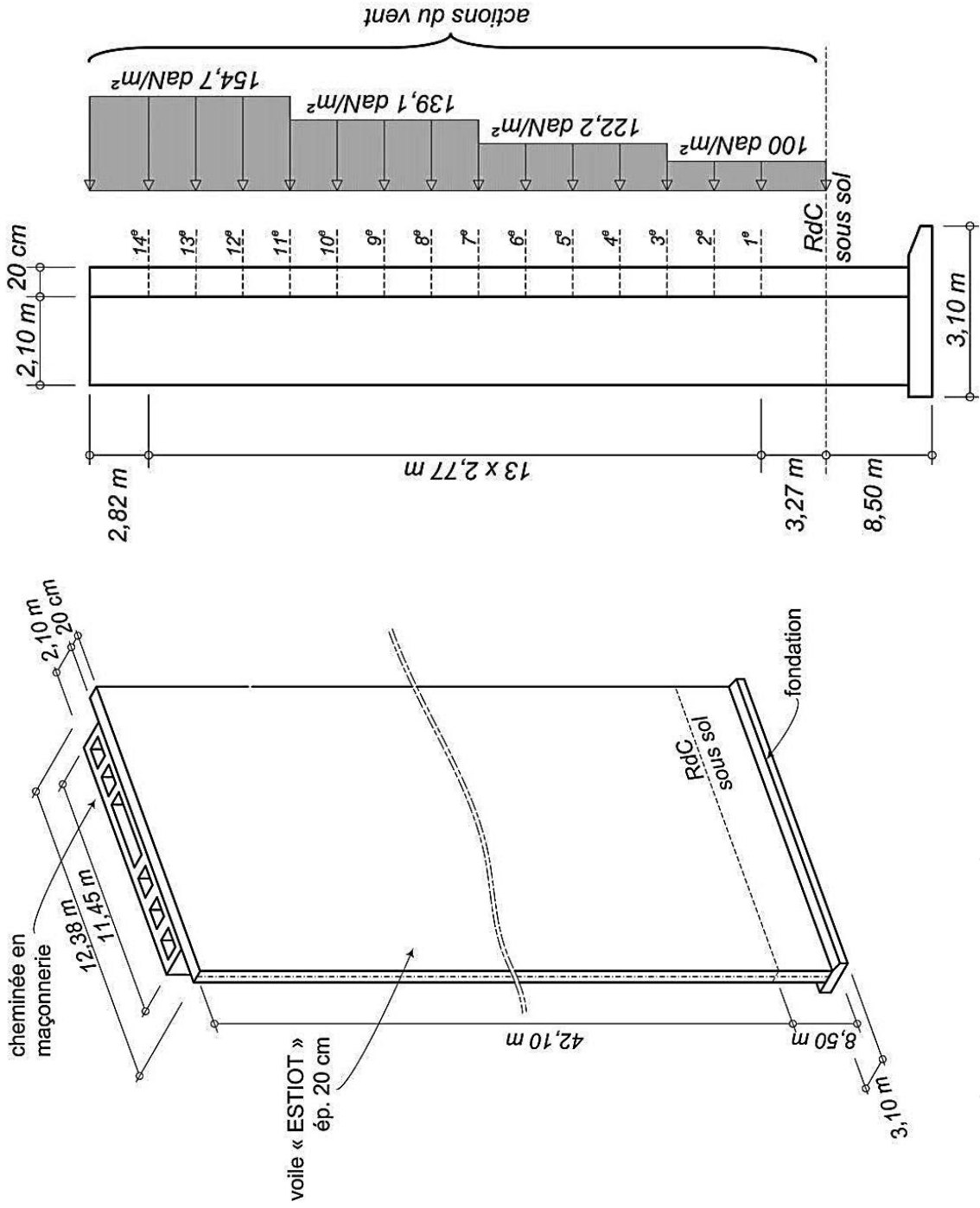


fig. 3 - dimensions {cheminée+voile pignon+semelle}

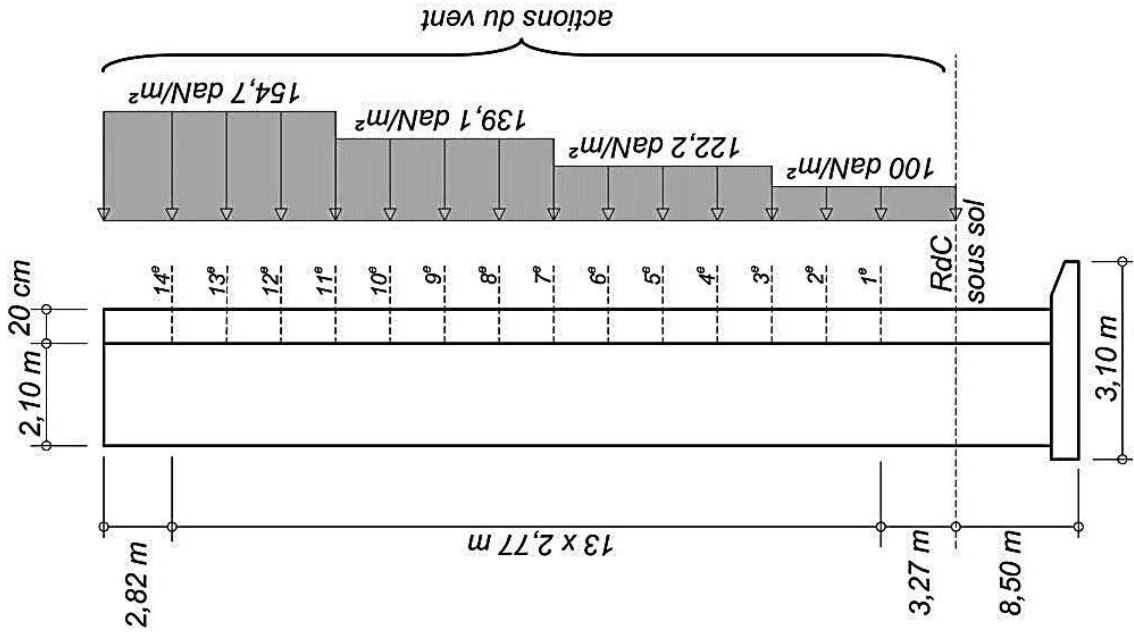


fig. 4 - actions du vent sur pignon

fig. 2 - coupe sur la fondation de la cheminée existante

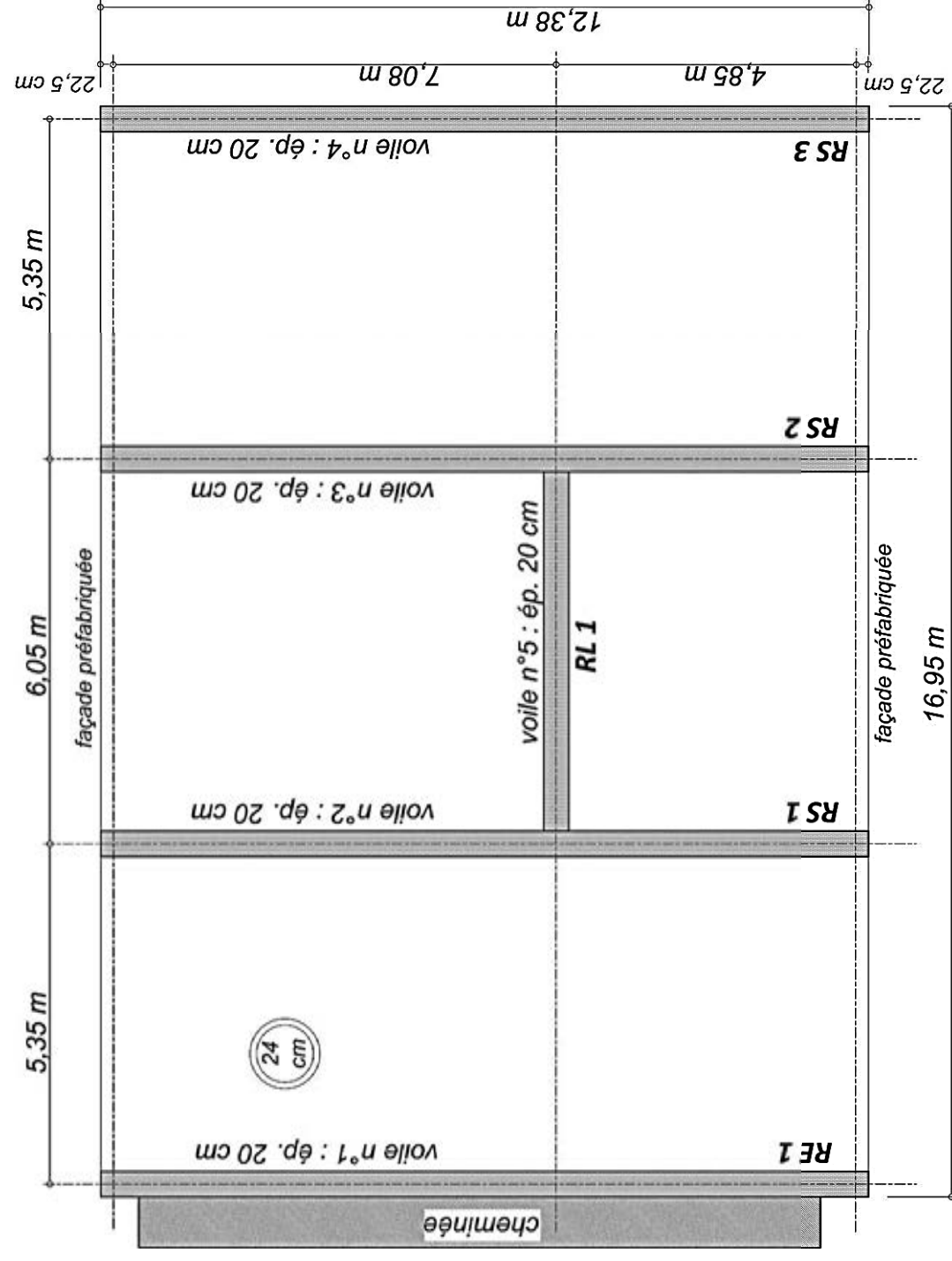
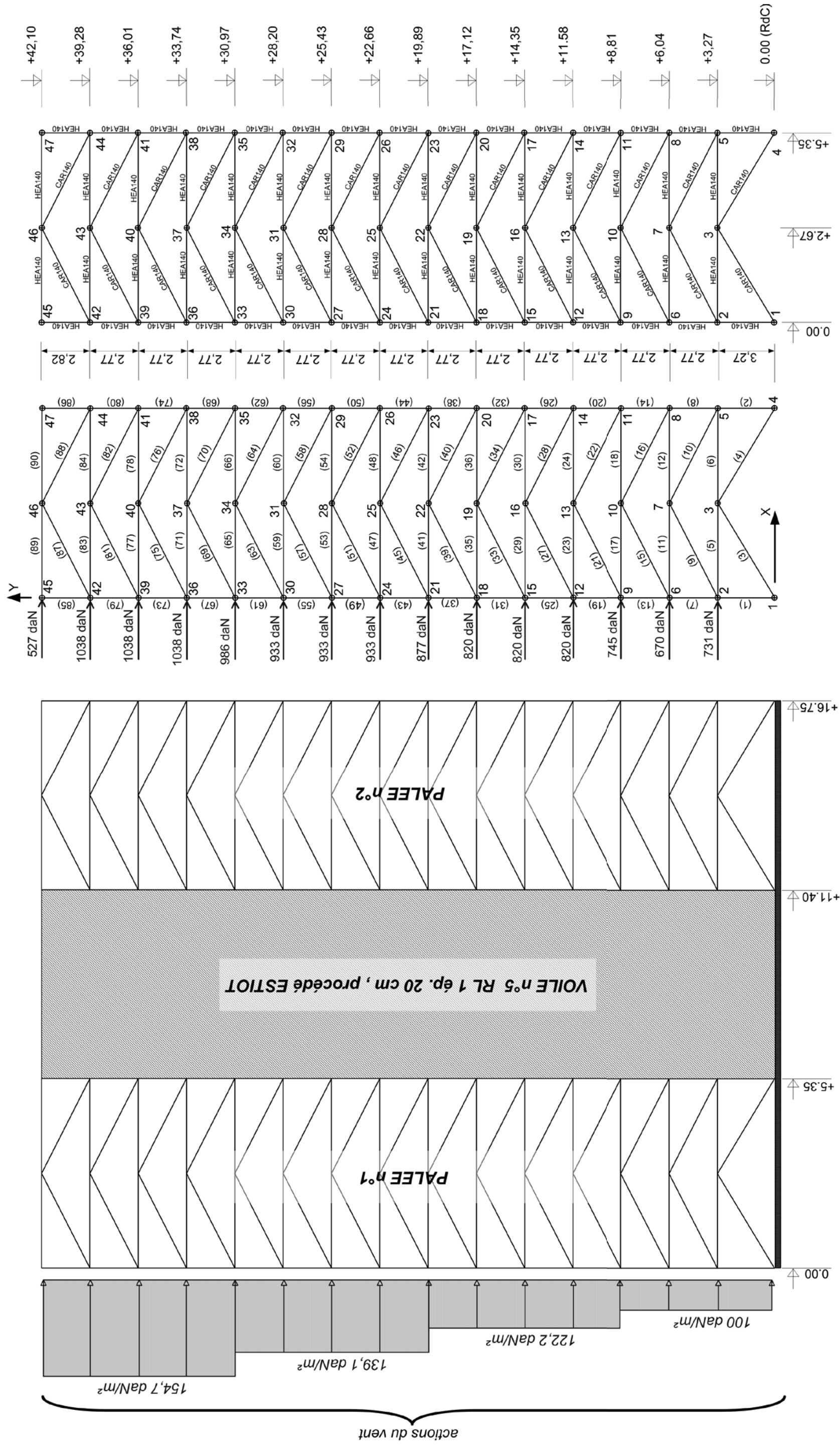


fig. 5 - définitions des voiles de contreventement : étage courant (procédé ESTIOT)

Annexe 10 : Éléments pour l'étude des stabilités (2/2)



– fig. 6a – schéma de principe de reprise des efforts horizontaux

– fig. 6b – modélisation d'une palée

– fig. 6c – caractéristiques des barres

ANNEXE 11 : Extraits de la note de calculs du CONTREVENTEMENT de la tour des énergies (1/2)

Définition des charges ponctuelles						
Charge	Cas	Définition des charges ponctuelles				
		CFX (kg)	CFY (kg)	CMz (N*m)	Repere	TypElt
1	1	731.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
2	1	670.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
3	1	745.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
4	1	820.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
5	1	820.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
6	1	820.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
7	1	877.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
8	1	933.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
9	1	933.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
10	1	986.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
11	1	1038.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
12	1	1038.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
13	1	1038.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
14	1	1038.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud
15	1	527.00	0.00	0.00	GLOBAL	Noeud

Déplacements des noeuds	
Noeud	: Numéro du noeud
Cas	: Numéro du cas de charge
DX	: Déplacement suivant l'axe global X
DY	: Déplacement suivant l'axe global Y
RZ	: Rotation autour de l'axe global Z
D	: Déplacement global

Noeud	Déplacements des noeuds				
	Cas	DX (cm)	DY (cm)	RZ (°)	D (cm)
1	1	0.00	0.00	-0.02	0.00
2	101	0.00	0.00	-0.04	0.00
3	101	0.20	0.24	-0.06	0.31
4	101	0.34	0.42	-0.10	0.55
5	101	0.17	0.00	-0.05	0.17
6	101	0.30	0.00	-0.09	0.30
7	101	0.00	0.00	-0.02	0.00
8	101	0.19	-0.24	-0.04	0.31
9	101	0.34	-0.42	-0.10	0.73
10	101	0.59	0.42	-0.18	1.27
11	101	1.04	0.74	-0.09	0.57
12	101	0.57	0.00	-0.16	0.99
13	101	0.99	-0.42	-0.10	0.72
14	101	0.59	-0.74	-0.18	1.27
15	101	1.03	0.57	-0.13	1.30
16	101	1.16	1.00	-0.24	2.27
17	101	2.04	1.00	-0.12	1.14
18	101	1.14	0.00	-0.22	1.99
19	101	1.99	0.00	-0.13	1.30
20	101	1.16	-0.57	-0.24	2.27
21	101	2.03	-1.00	-0.16	2.01
22	101	1.89	0.70	-0.15	3.52
23	101	3.30	1.23	-0.29	1.86
24	101	1.86	0.00	-0.26	3.26
25	101	3.26	0.00	-0.16	2.01
26	101	1.88	-0.70	-0.19	3.52
27	101	3.30	-1.23	-0.33	2.85
28	101	2.73	0.81	-0.17	4.99
29	101	4.78	1.42	-0.30	2.71
30	101	2.71	0.00	-0.17	4.75
31	101	4.75	0.00	-0.30	4.75

17	1	2.73	-0.81	-0.19	2.85
18	101	4.78	-1.42	-0.33	4.98
19	1	3.68	0.90	-0.21	3.79
20	101	6.45	1.58	-0.36	6.64
21	101	3.66	0.00	-0.19	3.66
22	101	6.41	0.00	-0.34	6.41
23	1	3.68	-0.90	-0.21	3.79
24	101	6.44	-1.58	-0.36	6.63
25	1	4.71	0.97	-0.22	4.81
26	101	8.25	1.70	-0.39	8.42
27	101	4.70	0.00	-0.21	4.70
28	101	8.22	0.00	-0.36	8.22
29	101	4.71	-0.97	-0.22	4.81
30	101	8.24	-1.70	-0.39	8.42
31	101	5.81	1.03	-0.23	5.90
32	101	10.17	1.80	-0.41	10.32
33	101	5.79	0.00	-0.22	5.79
34	101	10.14	0.00	-0.38	10.14
35	101	5.81	-1.03	-0.23	5.90
36	101	10.16	-1.79	-0.41	10.32
37	101	6.95	1.07	-0.24	7.03
38	101	12.16	1.87	-0.42	12.30
39	101	6.93	0.00	-0.23	6.93
40	101	12.13	0.00	-0.40	12.13
41	101	6.94	-1.07	-0.24	7.03
42	101	12.15	-1.87	-0.42	12.30
43	101	8.12	1.09	-0.24	8.19
44	101	14.21	1.91	-0.43	14.34
45	101	8.11	0.00	-0.23	8.11
46	101	14.18	0.00	-0.41	14.18
47	101	8.11	-1.09	-0.24	8.19
48	101	14.20	-1.91	-0.43	14.33
49	101	9.31	1.11	-0.25	9.37
50	101	16.29	1.95	-0.43	16.40
51	101	9.30	0.00	-0.24	9.30
52	101	16.27	0.00	-0.42	16.27
53	101	9.30	-1.11	-0.25	9.37
54	101	16.28	-1.95	-0.43	16.40
55	101	10.50	1.12	-0.25	10.56
56	101	18.38	1.96	-0.43	18.48
57	101	10.49	0.00	-0.24	10.49
58	101	18.36	0.00	-0.42	18.36
59	101	10.50	-1.12	-0.25	10.56
60	101	18.37	-1.96	-0.43	18.48
61	101	11.70	1.13	-0.25	11.75
62	101	20.47	1.97	-0.43	20.56
63	101	11.69	0.00	-0.24	11.69
64	101	20.45	0.00	-0.42	20.45
65	101	11.69	-1.13	-0.25	11.75
66	101	20.46	-1.97	-0.43	20.55
67	101	12.88	1.13	-0.24	12.93
68	101	22.54	1.97	-0.43	22.63
69	101	12.88	0.00	-0.24	12.88
70	101	22.53	0.00	-0.42	22.53
71	101	12.88	-1.13	-0.24	12.93
72	101	22.53	-1.97	-0.43	22.62
73	101	14.05	1.13	-0.24	14.10
74	101	24.60	1.97	-0.42	24.67
75	101	14.05	0.00	-0.24	14.05
76	101	24.59	0.00	-0.42	24.59
77	101	14.05	-1.13	-0.24	14.10
78	101	24.59	-1.97	-0.42	24.67
79	101	24.60	1.97	-0.42	24.67
80	101	0.00	-1.97	-0.43	0.00

ANNEXE 11 : Extraits de la note de calculs du CONTREVENTEMENT de la TOUR DES ENERGIES (2/2)

Actions aux appuis

Element	: Numéro de l'élément
Noeud	: Numéro du noeud associé
Cas	: Numéro du cas de charge
FX	: Effort suivant l'axe global X
FY	: Effort suivant l'axe global Y
MZ	: Moment suivant l'axe global Z

Cas de charge actifs :

1	101
---	-----

Element	Groupe 1		
	Noeud	Cas	
1	1	1	
2	4	1	
Maxi.			
Mini.			

Efforts des fileires aux extrémités

Element	: Numéro de l'élément
Cas	: Numéro du cas de charge
LieuRes	: Lieu du résultat sur l'élément
FX	: Effort normal suivant l'axe local x
FY	: Effort tranchant suivant l'axe local y
Mz	: Moment de flexion autour de l'axe local z

Cas de charge actifs :

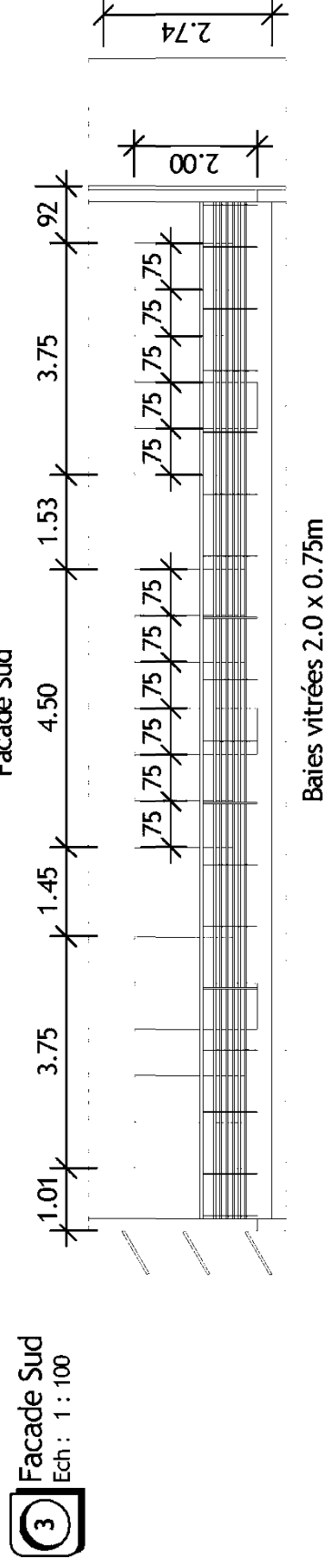
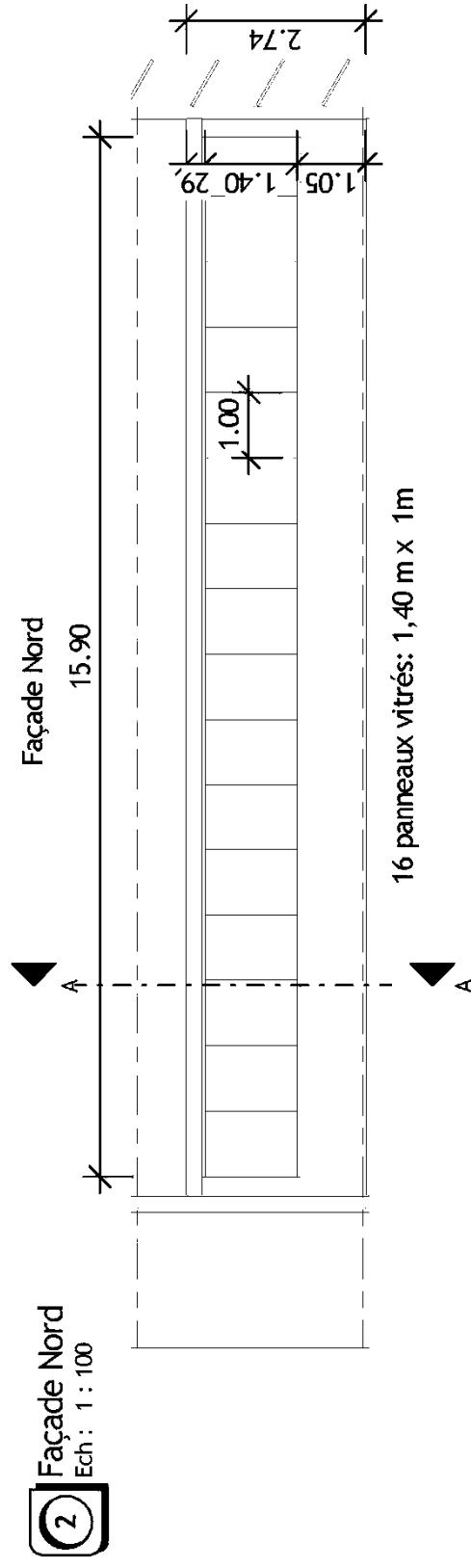
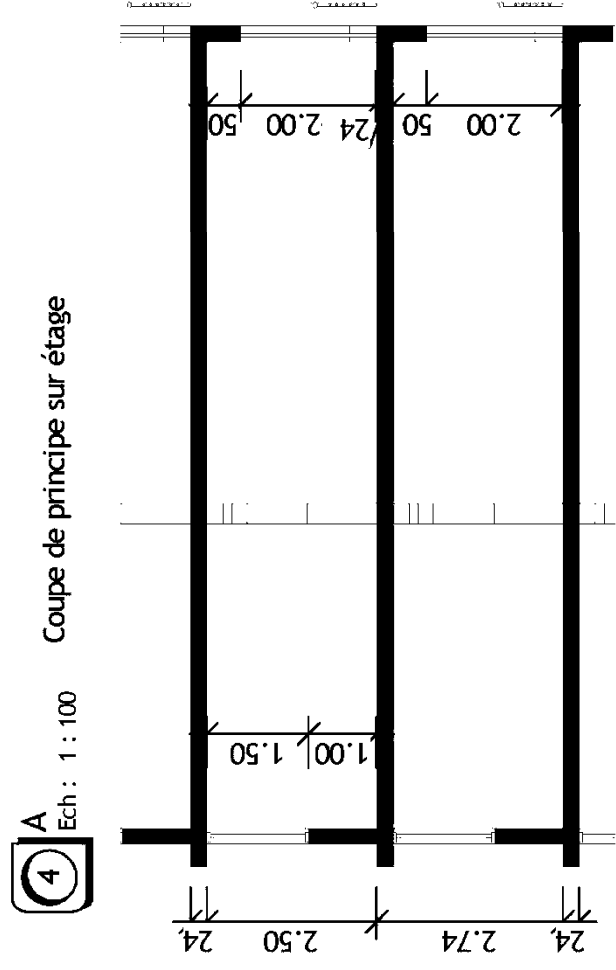
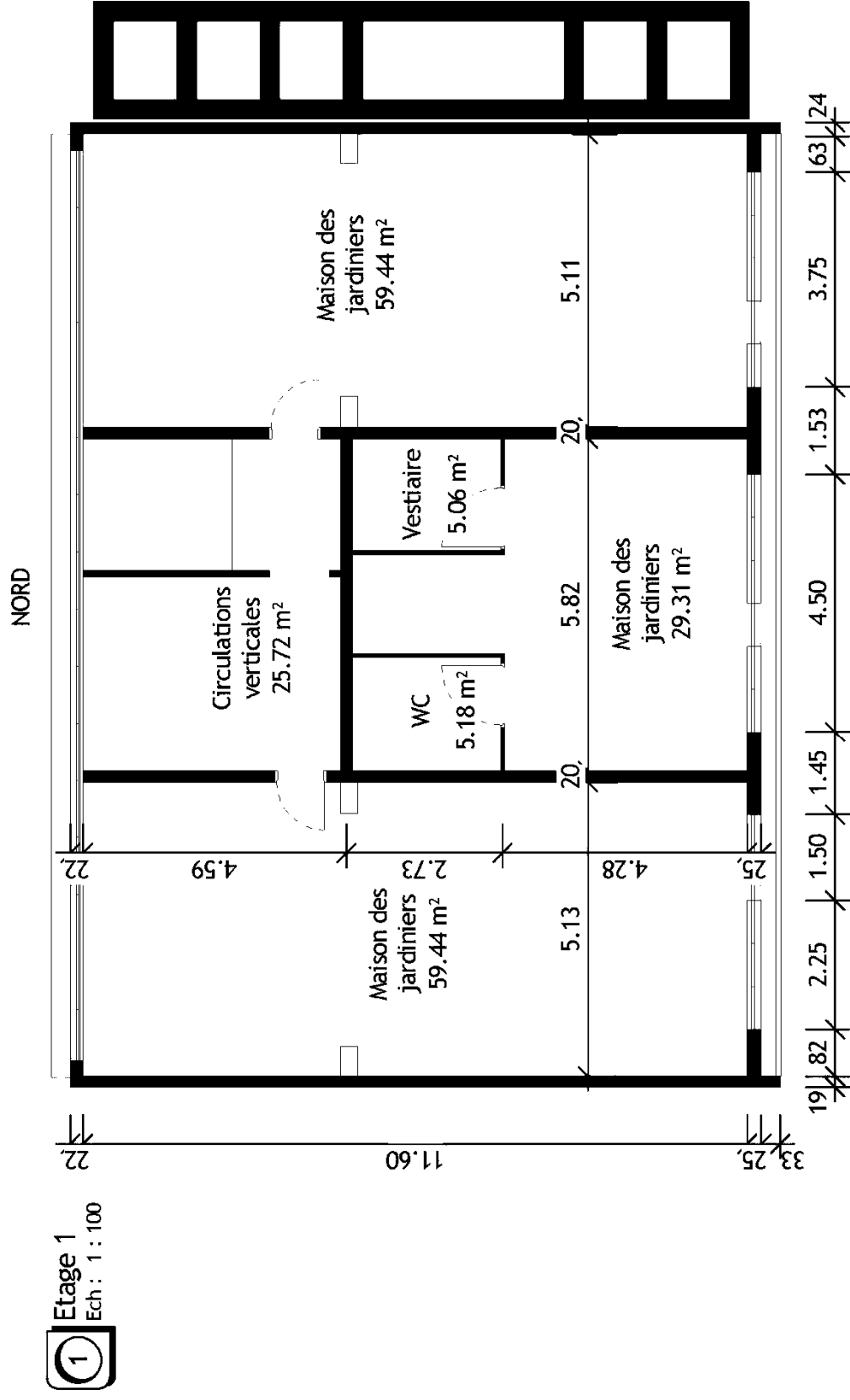
1	101
---	-----

- Résultats exprimés dans le repère du super-élément

Element	Groupe 1			Fx (kg)	Fy (kg)	Mz (N*m)
	Cas	LieuRes				
1	1	DEBUT		48774.17	24.03	0.00
		FIN		48774.17	24.03	770.94
	101	DEBUT		85354.80	42.06	0.00
		FIN		85354.80	42.06	1349.14
2	1	DEBUT		-48774.17	24.40	0.00
		FIN		-48774.17	24.40	782.66
	101	DEBUT		-85354.80	42.70	0.00
		FIN		-85354.80	42.70	1369.66
3	1	DEBUT		10232.14	0.00	0.00
		FIN		10232.14	0.00	0.00
	101	DEBUT		17906.24	0.00	0.00
		FIN		17906.24	0.00	0.00
4	1	DEBUT		-10232.14	-0.00	0.00
		FIN		-10232.14	-0.00	0.00
	101	DEBUT		-17906.24	-0.00	0.00
		FIN		-17906.24	-0.00	0.00
5	1	DEBUT		-6843.25	0.00	0.00
		FIN		-6843.25	0.00	0.00
	101	DEBUT		-11975.69	0.00	0.00
		FIN		-11975.69	0.00	0.00
6	1	DEBUT		6114.18	0.00	0.00
		FIN		6114.18	0.00	0.00
	101	DEBUT		10699.81	0.00	0.00
		FIN		10699.81	0.00	0.00
7	1	DEBUT		42482.43	-12.25	770.94
		FIN		42482.43	-12.25	437.94
	101	DEBUT		74344.25	-21.45	1349.14

74	1	DEBUT	-1083.21	-0.54	-6.31
	101	DEBUT	-1895.63	-0.95	-11.04
		FIN	-1895.63	-0.95	-36.85
75	1	DEBUT	1871.95	0.00	0.00
		FIN	1871.95	0.00	0.00
	101	DEBUT	3275.91	0.00	0.00
		FIN	3275.91	0.00	0.00
76	1	DEBUT	-1873.85	0.00	0.00
		FIN	-1873.85	0.00	0.00
	101	DEBUT	-3279.24	0.00	0.00
		FIN	-3279.24	0.00	0.00
77	1	DEBUT	-1819.67	0.68	17.98
		FIN	-1819.67	0.68	0.00
	101	DEBUT	-3184.42	1.20	0.00
		FIN	-3184.42	1.20	31.46
78	1	DEBUT	782.40	-0.68	17.98
		FIN	782.40	-0.68	0.00
	101	DEBUT	1369.20	-1.20	31.46
		FIN	1369.20	-1.20	0.00
79	1	DEBUT	275.12	-1.01	-18.40
		FIN	275.12	-1.01	-45.89
	101	DEBUT	481.45	-1.77	-32.20
		FIN	481.45	-1.77	-80.31
80	1	DEBUT	-273.75	-0.57	-21.06
		FIN	-273.75	-0.57	-36.66
	101	DEBUT	-479.05	-1.00	-36.85
		FIN	-479.05	-1.00	-64.16
81	1	DEBUT	1124.35	0.00	0.00
		FIN	1124.35	0.00	0.00
	101	DEBUT	1967.61	0.00	0.00
		FIN	1967.61	0.00	0.00
82	1	DEBUT	-1126.26	0.00	0.00
		FIN	-1126.26	0.00	0.00
	101	DEBUT	-1970.95	0.00	0.00
		FIN	-1970.95	0.00	0.00
83	1	DEBUT	-1299.66	0.69	17.99
		FIN	-1299.66	0.69	0.00
	101	DEBUT	-2274.40	1.20	0.00
		FIN	-2274.40	1.20	31.48
84	1	DEBUT	263.76	-0.69	17.99
		FIN	263.76	-0.69	0.00
	101	DEBUT	461.57	-1.20	31.48
		FIN	461.57	-1.20	0.00
85	1	DEBUT	0.68	1.69	-45.89
		FIN	0.68	1.69	0.00
	101	DEBUT	1.20	2.96	-80.31
		FIN	1.20	2.96	0.00
86	1	DEBUT	0.68	1.35	-36.66
		FIN	0.68	1.35	0.00
	101	DEBUT	1.20	2.36	-64.16
		FIN	1.20	2.36	0.00
87	1	DEBUT	380.55	-0.00	0.00
		FIN	380.55	-0.00	0.00
	101	DEBUT	665.97	-0.00	0.00
		FIN	665.97	-0.00	0.00
88	1	DEBUT	-382.46	0.00	0.00
		FIN	-382.46	0.00	0.00
	101	DEBUT	-669.30	0.00	0.00
		FIN	-669.30	0.00	0.00
89	1	DEBUT	-528.69	0.68	17.97
		FIN	-528.69	0.68	0.00
	101	DEBUT	-925.21	1.20	0.00
		FIN	-925.21	1.20	31.44
90	1	DEBUT	1.35	-0.68	17.97
		FIN	1.35	-0.68	0.00
	101	DEBUT	2.36	-1.20	31.44
		FIN	2.36	-1.20	0.00
Maxi.			85354.80	42.70	1369.66
Mini.			-85354.80	-22.55	-80.31

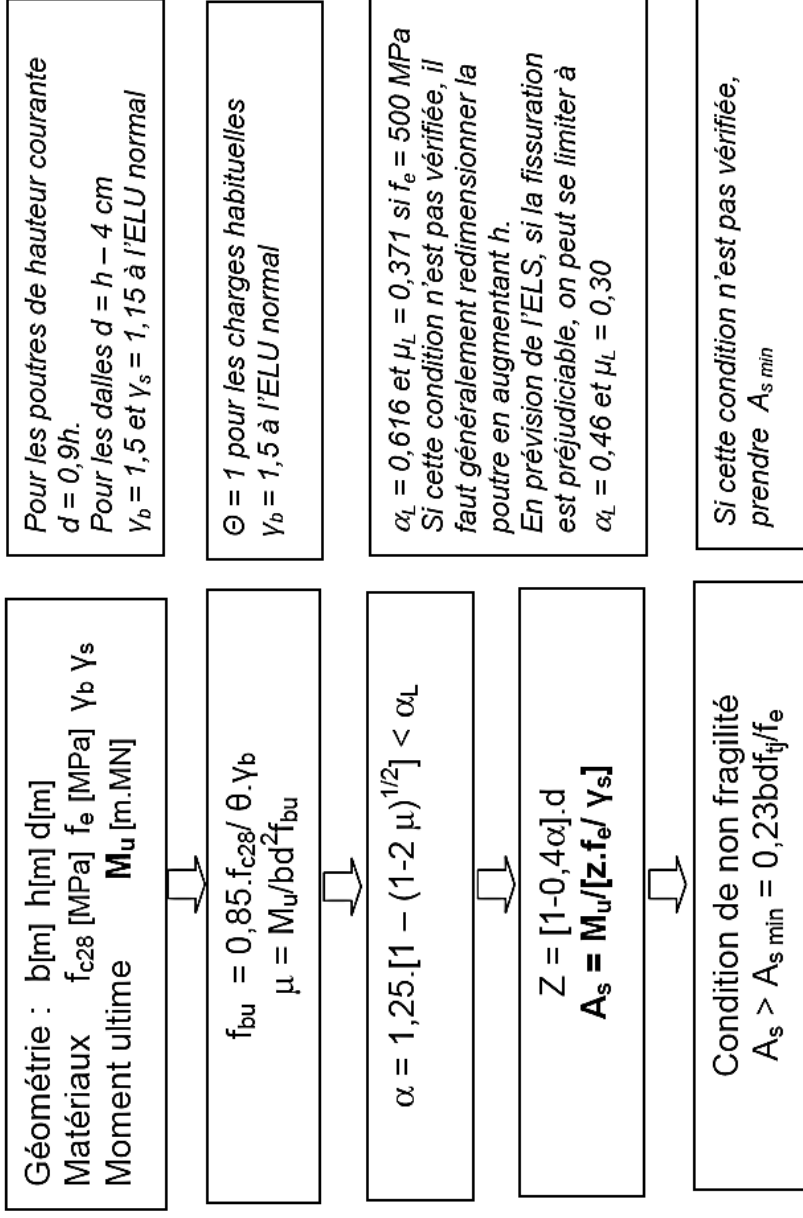
ANNEXE 12 : Dimensions de l'étage 1 pour l'étude thermique



Organigrammes de calcul d'une poutre béton armé

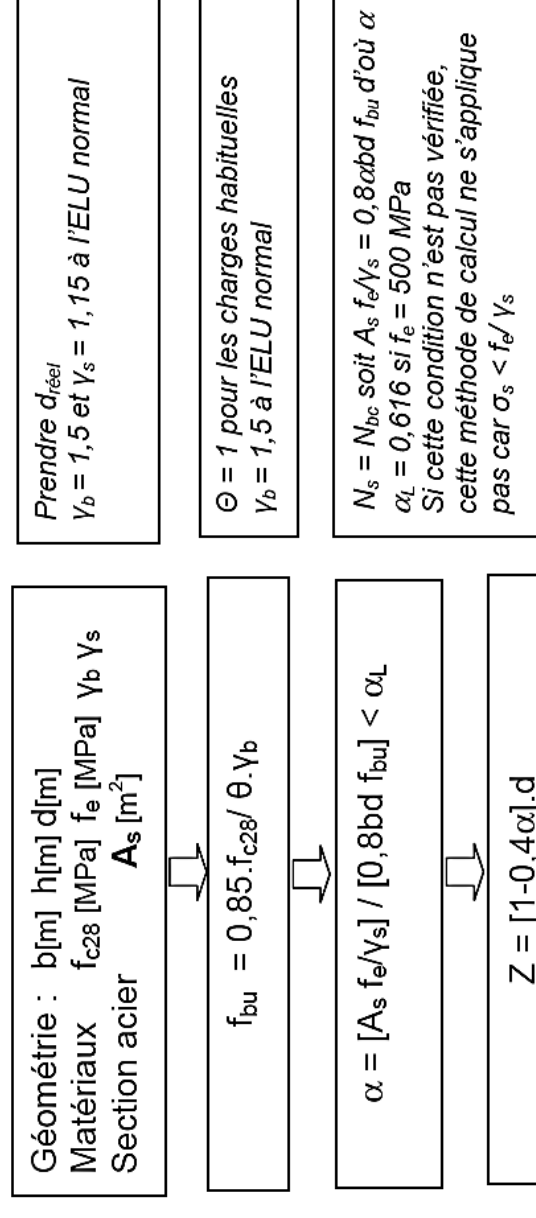
Organigramme 1

Vérification des cotes de la section béton d'une poutre et Calcul des aciers longitudinaux d'une poutre en flexion simple à l'ELU



Organigramme 2

Calcul du moment résistant d'une poutre en flexion simple à l'ELU



Formulaire de calcul d'une poutre continue sur 4 appuis équidistants

Géométrie et chargement	Moment sur appui et réaction d'appui
	$M_1 = -\frac{3}{10}Pl$ $M_2 = \frac{3}{40}Pl$ $Y_{A_0} = \frac{1}{5}P$ $Y_{A_1} = \frac{47}{40}P$ $Y_{A_2} = -\frac{9}{20}P$ $Y_{A_3} = \frac{3}{40}P$
	$M_1 = -\frac{3}{40}Pl$ $M_2 = -\frac{3}{40}Pl$ $Y_{A_0} = -\frac{3}{40}P$ $Y_{A_1} = \frac{23}{40}P$ $Y_{A_2} = \frac{23}{40}P$ $Y_{A_3} = -\frac{3}{40}P$
	$M_1 = -\frac{1}{10}ql^2$ $M_2 = -\frac{1}{10}ql^2$ $Y_{A_0} = \frac{2}{5}ql$ $Y_{A_1} = \frac{11}{10}ql$ $Y_{A_2} = \frac{11}{10}ql$ $Y_{A_3} = \frac{2}{5}ql$

Nom :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Prénom :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° d'inscription :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Né(e) le :

		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

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

Concours

Section/Option

Epreuve

Matière



--	--	--

--	--	--	--

--	--	--	--

--	--	--

EAE SIC 3

DR1

DIAGRAMME PSYCHRO

Repère	Température sèche		Température humide		Température de rosée		Humidité relative		Masse d'eau		Enthalpie		Volume massique	
	Ts	°C	Th	°C	Tr	°C	φ	%	x	kg/kg _{as}	h	kJ/kg _{as}	v	m ³ /kg _{as}

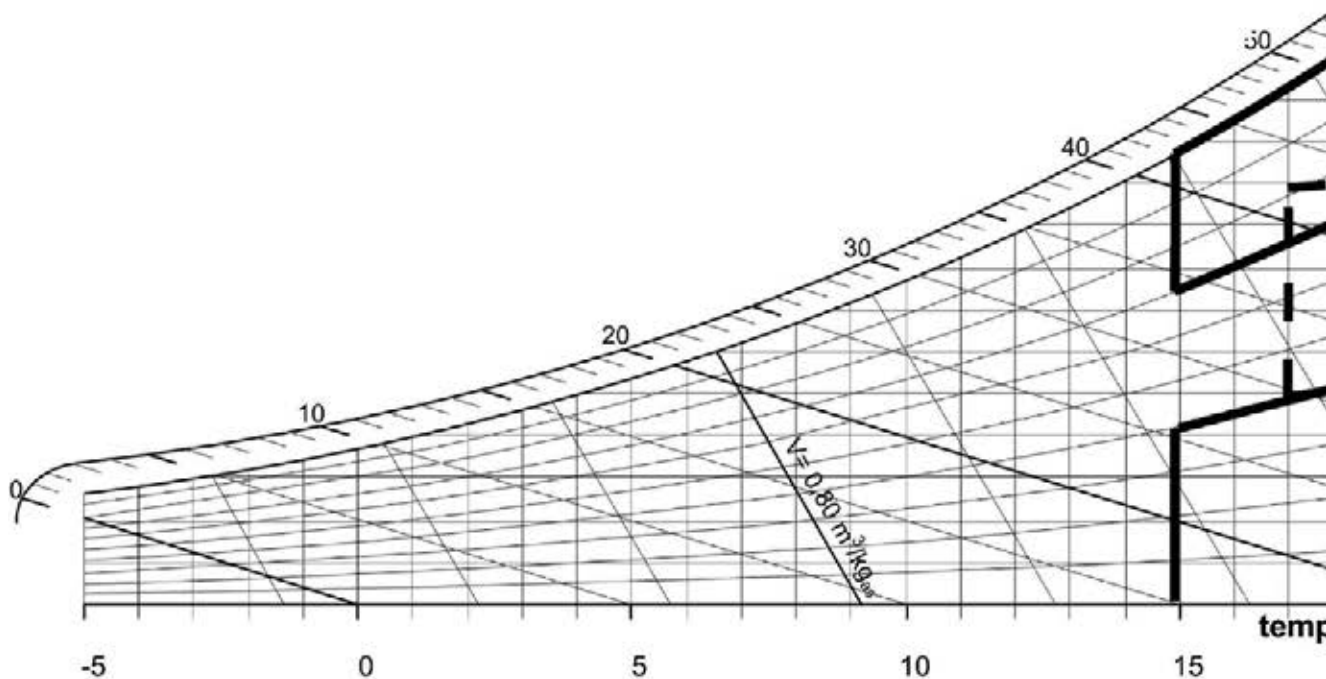
Zones de confort considérées dans l'étude

Zone 1 : à éviter (sécheresse)

Zone 2 : à éviter (bactéries ...)

Zone 3 : à éviter (acariens ...)

Zone 4 : zone de confort hygrothermique



PSYCHROMÉTRIQUE

