

EXPST 2019 -Sujets des projets

Éléments communs à tous les sujets

1. Chargements de référence :

La définition des chargements climatiques de référence sera effectuée suivant l'Eurocode 1, dont deux notes explicatives, éditées par *Techniques de l'Ingénieur*, sont mises à disposition sur educnet. S'agissant d'une étude de pré-dimensionnement, on s'attachera néanmoins à faire des hypothèses simplificatrices : les ordres de grandeurs des principaux efforts et la connaissance de leurs effets dans toutes les directions suffisent. Tous les bâtiments étant situés en région parisienne, on donne à titre indicatif les valeurs moyennes suivantes :

- *Charges permanentes* : elles sont évaluées en fonction des solutions techniques retenues ;
- *Charges d'exploitation* : les toitures sont considérées comme inaccessibles (et non chargées), les passerelles sont soumises à une charge de $5,0 \text{ kN/m}^2$;
- *Vent* : les pressions de vent (normales aux parois) sont de l'ordre de $\pm 1,2 \text{ kN/m}^2$, et ce dans toutes les directions ;
- *Neige* : la charge de neige uniforme est de l'ordre de $0,4 \text{ kN/m}^2$ et, pour les cas de répartition dissymétrique, pourra être réduite de moitié dans les zones considérées ;
- *Thermique* : une variation uniforme de température de $\pm 30^\circ\text{C}$ sera prise en compte.

Les principales combinaisons de charges à prendre en compte sont les suivantes :

- ELS : $(G + V^+)$ ou $(G + 0,5 V + N)$ ou $(G + V + 0,5 N)$
- ELU : $(G + 1,5 V^+)$ ou bien $(1,35 G + 1,5 (N \text{ ou } V \text{ ou } \ominus) + 0,75 (V \text{ ou } \ominus \text{ ou } N))$

2. Fondations :

Si le cours est dédié à la conception de la structure, on ne peut ignorer que les structures reposent sur des fondations, que l'on considérera comme superficielles (sauf indication contraire dans le sujet). La charge admissible étant de 1 MPa verticalement et de $0,5 \text{ MPa}$ horizontalement, on veillera par des calculs élémentaires à ce que l'emprise des fondations reste raisonnable.

3. Critères de déformation

Les flèches des éléments seront limitées aux ELS à $L/200$ pour les poutres ordinaires ($L/300$ pour les poutres portant des vitrages), $L/100$ pour les parties en porte-à-faux, $h/125$ pour les poteaux.

Pour les éléments très élancés, une analyse des fréquences propres conclura l'analyse numérique de façon à ce que la fréquence la plus faible se situe au-delà de 3 Hz .

4. Matériaux

Les matériaux de la structure principale seront soit le bois, soit l'acier, soit le béton (pour le bois et le béton, les phénomènes de fluage seront négligés dans un premier temps). À titre d'exemple, on pourra considérer :

- pour le bois, un GL24 avec $E_L = 12 \text{ GPa}$, $f_y = 24 \text{ MPa}$ en flexion et $\gamma_M = 1,25$;
- pour l'acier, un S235 avec $E = 210 \text{ GPa}$, $f_y = 235 \text{ MPa}$ et $\gamma_M = 1,0$ (pour les câbles $E = 190 \text{ GPa}$, $f_y = 1500 \text{ MPa}$ et $\gamma_M = 2$) ;
- pour le béton, un BHP60 avec $E_{c28} = 42 \text{ GPa}$, $f_{ck} = 60 \text{ MPa}$ et $\gamma_M = 1,5$.

Pour les matériaux de couverture ou d'enveloppe, de nombreuses possibilités existent : acier, béton, bois, verre, polymère et textiles. Pour ces derniers, on limitera la superficie des éléments indépendants à 200 m^2 et on veillera à ce que leur rayon de courbure maximal soit inférieur à 20 m (les réactions sur les éléments environnants se calculent alors à l'aide de la méthode des bandes indépendantes, cf *Annales ITBTP disponibles sur educnet*).

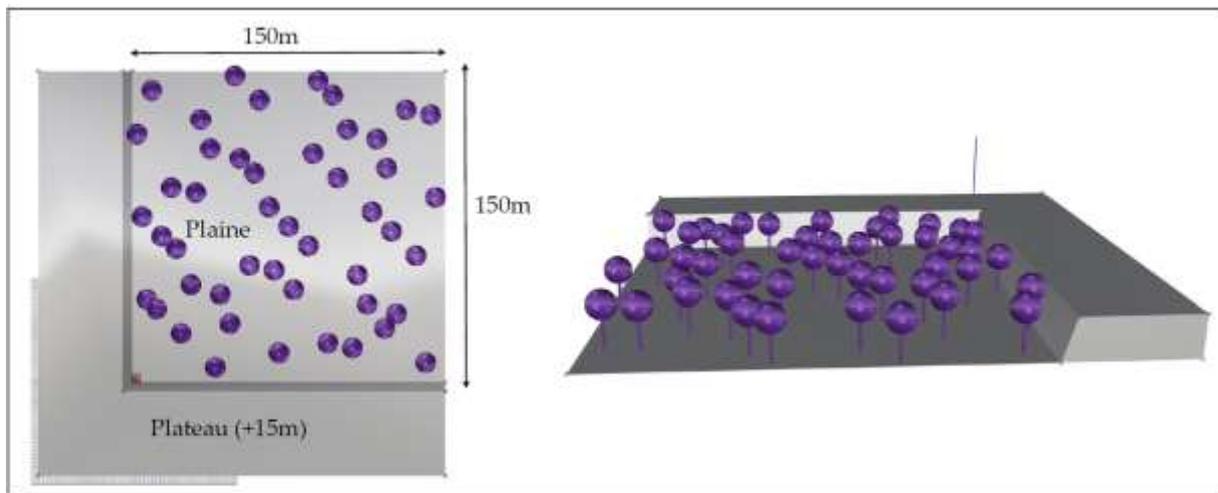
On rappelle enfin que l'accent est mis sur la structure et sa conception, pas sur les vérifications réglementaires des différents éléments et assemblages qui font l'objet d'autres cours.

Sujet A : Promenade dans les arbres

Projeter une passerelle reliant en pente douce un plateau au travers d'une plaine arborée. Le dénivelé à franchir est de 15 m, c'est-à-dire que, pour satisfaire les contraintes d'accessibilité d'une pente maximale de 5 %, l'ouvrage devra être d'une longueur supérieure ou égale à 300 m. Il devra en outre présenter deux points d'accès haut et deux points d'accès bas. La largeur de l'ouvrage est fixée à 3 m. Enfin, pour éviter d'endommager le système racinaire des arbres, on veillera à ce que les fondations de l'ouvrage soient toujours situées à plus de 5 m des troncs des arbres dont les implantations sont données dans le fichier annexe. Le tablier de l'ouvrage quant à lui sera situé à une distance minimale des troncs de 5 m dans la partie supérieure (entre 10 m et 15 m), de 3 m dans la partie intermédiaire (entre 5 m et 10 m) et de 1 m dans la partie basse (entre le sol et 5 m).

Les charges d'exploitation des passerelles sont prises égales à 5 kN/m².

Les fondations sont superficielles dans la plaine arborée avec une charge admissible de l'ordre de 1 MPa verticalement et de 0,5 MPa horizontalement. Dans le plateau en revanche ainsi que dans la falaise à 74° qui le borde, le sol est de meilleure qualité et des ancrages au rocher sont possibles.



Sujet B : Serre tropicale

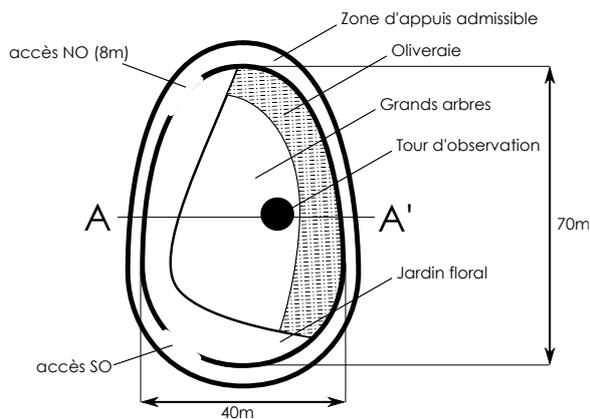
Projeter une tour d'observation et une couverture sur une surface de $2\,500\text{ m}^2$ appuyée sur son bord le long d'une bande de 5 m de large. La structure sert pour la protection et l'observation de plantes méditerranéennes et tropicales, pour abriter les visiteurs, qui doivent se trouver à l'intérieur hors d'eau et hors d'air. La tour peut servir d'appui à la toiture, mais les efforts horizontaux en pied doivent être limités.

La tour d'observation, d'une hauteur de 20 m, comporte deux plateformes de 50 m^2 , l'une à 20 m du sol, l'autre à 14 m. L'accès à ces plateformes se fait par l'intermédiaire d'un escalier de 2 m de large comportant des paliers tous les 2 m de dénivelé, ainsi que par un ascenseur. Les charges d'exploitation des plateformes et des escaliers sont prises égales à 5 kN/m^2 . La cage d'ascenseur quant à elle impose une flèche horizontale maximale au $1/1000$ de la hauteur pour des raisons de sécurité.

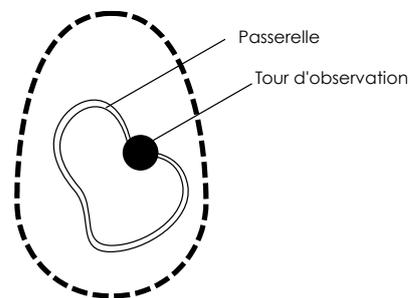
On doit prévoir deux accès au sol de 6 m de largeur et de 8 m de hauteur, selon le schéma ci-dessous. La serre comporte trois espaces et le volume doit dégager des hauteurs sous structure en conséquence :

- les grands arbres, gabarit de 25 m (1000 m^2)
- l'oliveraie, gabarit de 12 m (800 m^2)
- les jardins floraux, gabarit de 7 m (700 m^2)

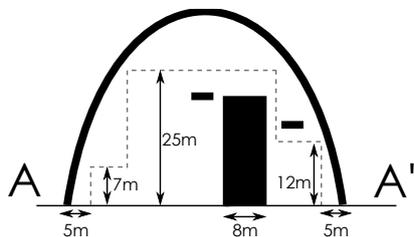
L'agencement entre les différents espaces est laissé libre pour chaque groupe pourvu qu'il respecte les surfaces spécifiées dans le cahier des charges. Les formes représentées ne sont qu'illustratives, on pourrait avoir un plan circulaire, rectangulaire, hexagonal, etc.



Plan de principe



Plan de principe à $z=15\text{ m}$



Coupe de principe

Sujet C : Couverture du Château Gaillard

Projeter la couverture de la cour du Château Gaillard aux Andelys dont le plan numérique est fourni dans un fichier. Cette couverture pourra s'appuyer sur les arases des murs d'enceintes et sur ceux du donjon, verticalement ainsi que parallèlement à ceux-ci. Les tractions, efforts horizontaux et moment d'encastrement perpendiculaires aux pans de la maçonnerie ne sont donc pas admis. Les murs ajourés des logis du Gouverneur côté nord, plus fragiles, ne seront impactés par aucun appui.

La couverture et sa structure devront laisser une vue dégagée sur les méandres de la Seine dans une bande de 3 m au-dessus de tous les murs (enceinte et donjon). Cette bande de 3 m sera protégée d'une façade vitrée qui fera partie intégrante du projet de couverture. En outre, la couverture présentera une forme en plan et une inclinaison permettant le rejet des eaux pluviales par-delà les murs d'enceinte.



Vue du site depuis la colline

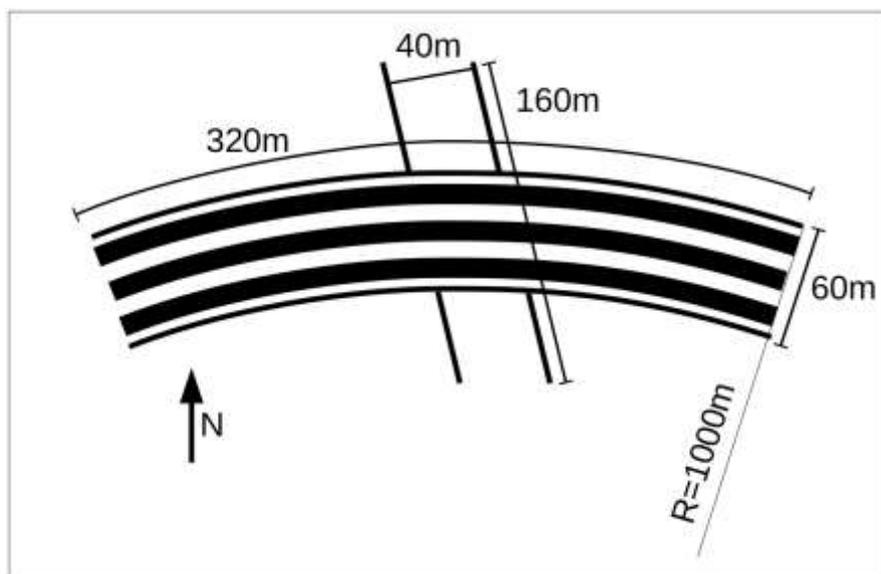


Zone d'appuis interdits

Sujet E : Couverture d'une gare sur un nœud ferroviaire

Projeter la couverture de l'ensemble des quais d'une gare de transit située au croisement de deux grands axes : l'un nord-sud et l'autre est-ouest. L'axe principal en courbe comporte six voies d'est en ouest réparties autour de trois quais en viaduc (côte +8 m). L'axe secondaire comporte quatre voies réparties autour de deux quais en tranchée (côte -8 m). Le niveau du sol (côte 0 m) est réservé aux circulations (piétons et automobiles) et aux diverses activités de la gare. La couverture doit procurer un abri aux voyageurs sur les quais ainsi qu'une protection au vent adéquate. Pour ce faire, la couverture du faisceau est-ouest ne devra pas comporter d'ouverture au-dessus du gabarit ferroviaire (fixé ici à 6 m au-dessus des quais) et celle du faisceau nord-sud commencera à partir du niveau du sol, quitte à ce qu'un système de façades verticales y soit ajouté.

Dans la direction nord-sud, la largeur du faisceau est de 40 m et la couverture de 160 m de long ne peut s'appuyer que le long des bords de la tranchée dans une bande de 3 m de large située au niveau du sol (côte 0 m). Dans la direction est-ouest, la largeur du faisceau est de 60 m et la couverture de 320 m de long peut s'appuyer sur chaque quai de 11 m de large ainsi qu'en bordure de faisceau sur une bande de 2 m de large (côte +8 m). Compte tenu de la présence de trémies d'accès de 5 m de large au centre des quais et de la nécessité de ne pas construire le bord du quai sur 2 m, la zone d'appui est limitée à deux bandes de 1 m de part et d'autre des trémies. Au niveau du croisement, aucun appui n'est permis. Le rayon de courbure moyen de l'axe principal est de 1000 m. L'angle entre les deux faisceaux est de 15°.



Figures : plan d'implantation des appuis (en haut), coupe N-S (à bas)

