

Bulletin technique N° 1

GUIDE D'AIDE AU CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION POUR MAÎTRISER LA DURABILITÉ DES OUVRAGES EN BÉTON DESTINÉ AUX MAÎTRES D'OUVRAGE ET AUX MAÎTRES D'ŒUVRE

Le Guide est constitué de huit fascicules pour chaque grande catégorie d'ouvrages en béton.

Chaque fascicule distingue les principales parties d'ouvrages pertinentes au regard des différentes classes d'exposition XC, XS, XD, XF et XA à considérer. Elles sont indiquées pour chaque élément, pour chaque face exposée de chaque nature d'ouvrage sous forme de 4 tableaux :

- ▶ ouvrages situés à l'intérieur des terres en zones de gel faible ou modéré
- ▶ ouvrages situés à l'intérieur des terres en zones de gel sévère
- ▶ ouvrages situés à moins de 1 km (ou à moins de 5 km selon la topographie) de la côte (risque d'exposition à l'air véhiculant du sel marin)
- ▶ ouvrages situés à moins de 100 m (ou à moins de 500 m selon la topographie) de la côte (risque d'exposition aux embruns).

Tous les ouvrages ou parties d'ouvrages ne sont pas décrits dans ce guide, mais il est possible de procéder par analogie pour les mêmes conditions géographiques, atmosphériques, climatiques et de protection.

En cas de doute, ce sont les textes normatifs qui s'imposent : NF EN 1992-1-1, NF EN 206-1, NF EN 13369 et les normes de produits en béton avec leurs annexes nationales respectives

Ce guide a été rédigé par un groupe de travail de l'École Française du Béton, comprenant des représentants des Bureaux de contrôle, des entreprises, des Fédérations professionnelles, de l'Industrie cimentière et des industries du béton (BPE et préfabrication), des Laboratoires et organismes techniques publics et privés.

Fascicule 1 – Ouvrages de bâtiment : infrastructures, superstructures, parkings ouverts, fermés ou enterrés, piscines, réservoirs d'eau, station d'épuration et fosses à lisier. Eléments préfabriqués ou coulés sur site

Pour les **ouvrages et éléments préfabriqués de bâtiment**, voir aussi le site www.cerib.com, rubrique « ressources documentaires » « publications techniques » : [Les classes d'exposition - Aide à la prescription - Recommandations professionnelles](#). Le contenu de ce guide est inclus dans le fascicule 1 ci-dessus.

Fascicule 2 – Ouvrages d'art. Fondations, appuis et tablier, équipements, murs de soutènement.

Fascicule 3 – Ouvrages maritimes et fluviaux : ouvrages portuaires et digues, ouvrages côtiers et autres ouvrages à la mer, ouvrages fluviaux et de navigation intérieure.

Fascicule 4 – Ouvrages d'équipement de la route et chaussées. Dispositifs de sécurité, chaussées et trottoirs en béton, ouvrages d'assainissement routier, écrans acoustiques.

Fascicule 5 – Tunnels routiers creusés

Fascicule 6 – Tranchées couvertes, galeries, casquettes et caissons immergés.

Fascicule 7 – Ouvrages divers de génie civil (dont silos, ouvrages hydrauliques).

Fascicule 8 – Feuille de calcul Excel donnant, pour les classes choisies, les caractéristiques attendues du béton.

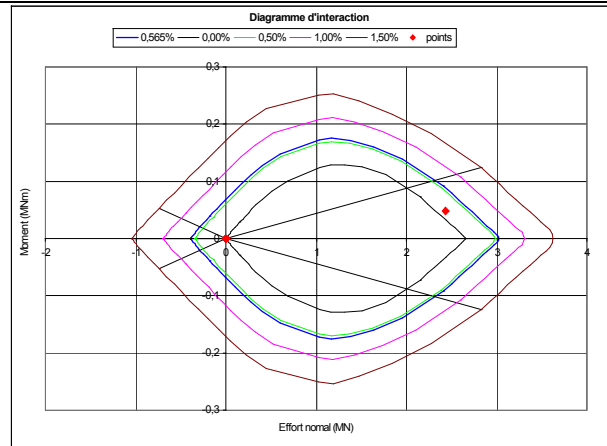
Programmes de calcul de béton armé

Ensemble de feuilles de calcul Excel destinées à faciliter l'utilisation de l'Eurocode 2-Béton.

1 – Interaction EC2 en ELU (DT0101)

Pour les calculs en flexion composée en état-limite ultime, cette feuille de calcul permet de vérifier si une section rectangulaire résiste à un moment de flexion et à un effort normal donnés pour un pourcentage d'armatures donné.

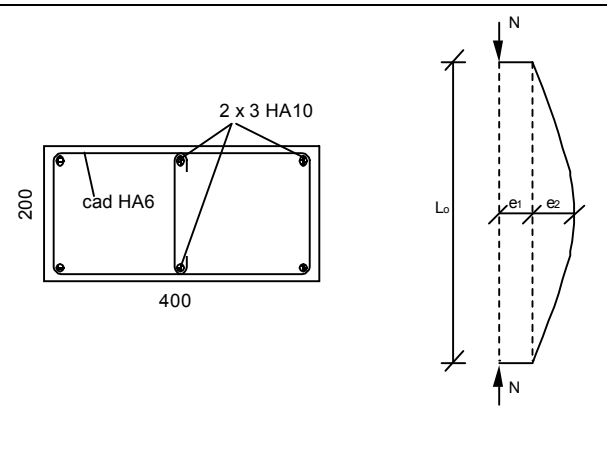
Le dessin des courbes d'interaction pour différents pourcentages donnés permet également une détermination des armatures nécessaires en flexion composée.



2 – Poteaux flambement EC2 (DT0102)

L'Eurocode 2 propose plusieurs méthodes de calcul : une méthode générale nécessitant l'utilisation d'un ordinateur et des méthodes simplifiées manuelles qui font néanmoins appel à un diagramme d'interaction (voir ci-dessus) et qui donnent des forces portantes plus faibles.

La feuille de calcul Excel permet de déterminer par la méthode générale et pour un poteau rectangulaire ou un voile, la force portante en fonction de sa longueur de flambement et des armatures mises en place.

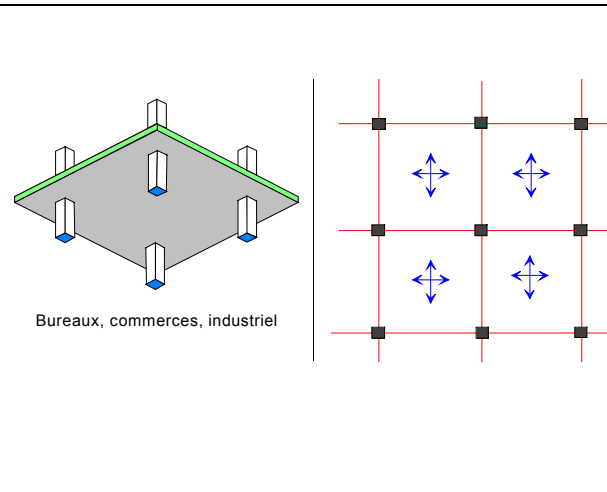


3 – Dalles précontraintes par post-tension (DT0103)

Ensemble de feuilles de calcul permettant de déterminer le tracé et l'effort de précontrainte nécessaire pour des torons adhérents ou non-adhérents.

On obtient des courbes des moments, des contraintes de compression et de traction, des sections d'armatures passives éventuellement nécessaires.

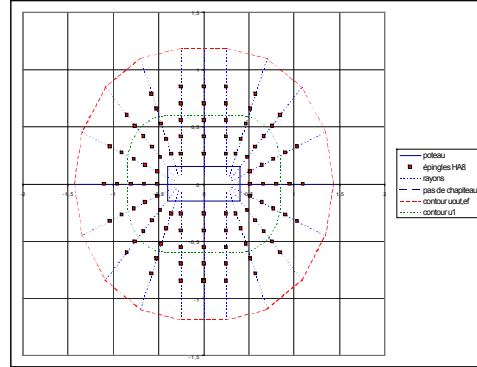
Les exigences de l'Eurocode 2 permettent de réaliser des dalles précontraintes de bâtiment plus économiques qu'avec les règles anciennes BAEL-BPEL.



4 – Poinçonnement des dalles par des poteaux rectangulaires (DT0104)

Ce programme effectue les vérifications au poinçonnement des dalles sur poteau, détermine les chapiteaux ou les armatures de poinçonnement éventuellement nécessaires.

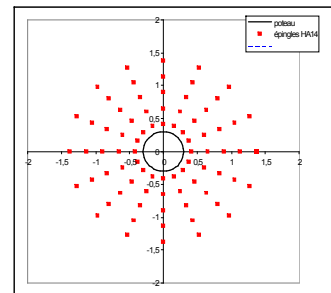
Dessin des positions des armatures de poinçonnement



5 – Poinçonnement des dalles par des poteaux circulaires (DT0105)

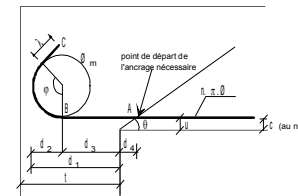
Application des mêmes dispositions que précédemment aux poteaux circulaires.

Dessin des positions des armatures de poinçonnement



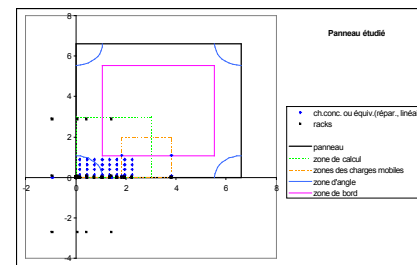
6 – Mandrins de cintrage EC2 (DT0106)

Dans certains cas, les mandrins de cintrage exigés par l'EC2 sont beaucoup plus importants que ceux utilisés jusqu'à maintenant. Le programme cherche à optimiser ce diamètre (recherche du diamètre de mandrin minimal).



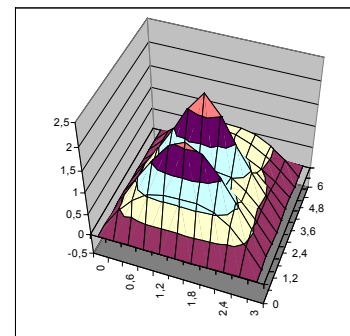
7 – Dallages suivant le DTU 13.3 (DT0107)

Les calculs de dallages ne sont pas prévus dans l'Eurocode2. On en est donc conduit à appliquer le DTU 13-3. La feuille de calcul est une application stricte de ce DTU. Il permet de prendre en compte les pieds de rack et même les charges mobiles (calculs longs).



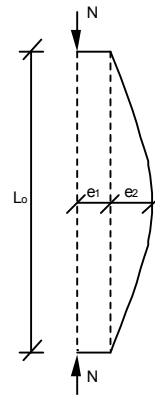
8 – Dalles rectangulaires selon Navier (DT0108)

Cette feuille de calcul permet de déterminer les sollicitations (moments et efforts tranchants) et déformations avec une représentation en bloc diagrammes en perspective.



9 – Force portante des poteaux BAEL (DT0109)

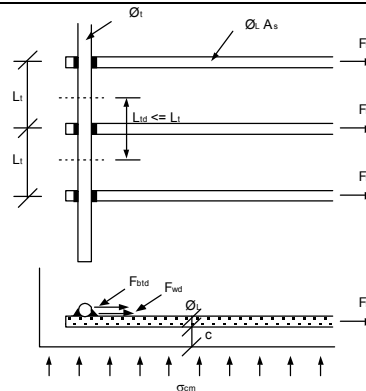
Bien que le BAEL ne soit plus une norme française, il a paru intéressant de pouvoir calculer des poteaux (pour la vérification de structures existantes par exemple).



10 – Ancrages soudés EC2 (DT0110)

L'Eurocode 2 donne les éléments nécessaires pour calculer les ancrages par barres soudées transversales (ce qui ne figurait pas dans le BAEL).

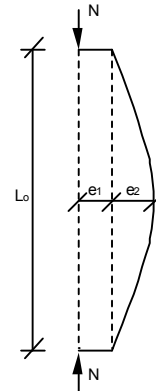
Utile si l'on ne dispose pas assez de place pour ces ancrages droits ou par crochets (par exemple des appuis de poutres cloisons).



11 – Poteaux comparaison selon EC2 (DT0111)

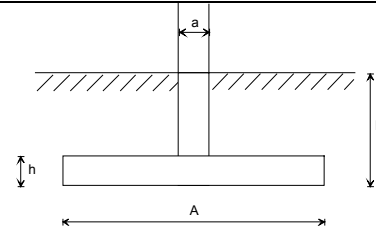
Pour le calcul de la force portante des poteaux, l'Eurocode 2 propose une méthode générale, deux méthodes simplifiées (rigidité nominale et courbure nominale), une méthode pour les faibles élancements.

Les Règles professionnelles proposent également une formule simplifiée du type de celle qui figurait dans la partie B du BAEL. Ce programme propose simultanément toutes ces méthodes, ce qui permet d'en comparer les résultats.



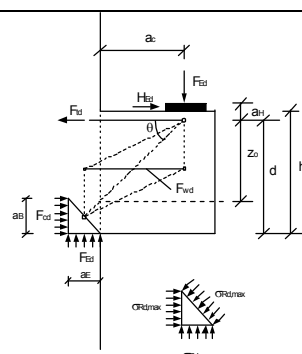
12 – Semelles rectangulaires (DT0112)

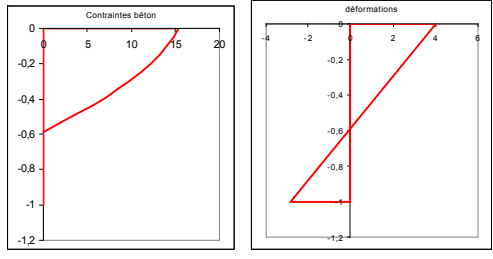
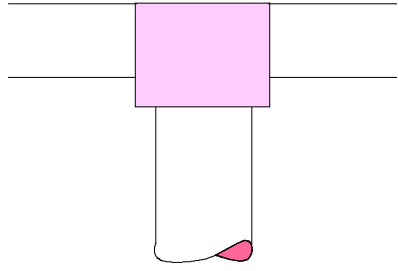
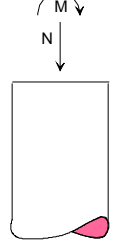
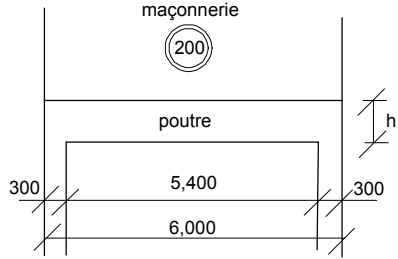
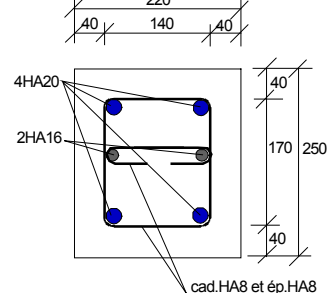
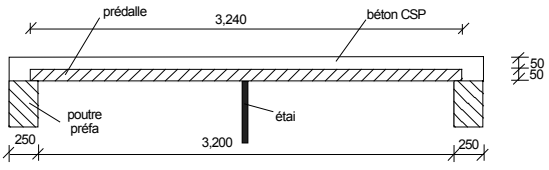
Pour des semelles rectangulaires, on détermine les sections d'armatures inférieures nécessaires et vérifie l'ancrage de ces armatures qui nécessitent ou non des crochets. Le poinçonnement est également vérifié.



13 – Corbeaux selon EC2 (DT0113)

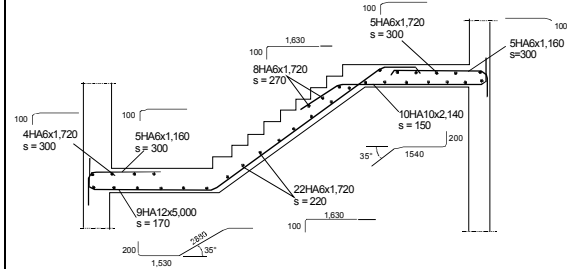
Le programme effectue les vérifications exigées par l'EC2 et détermine les armatures nécessaires.



<p>14 – Flexion – Contraintes béton-armatures (DT0114)</p> <p>Avec, au choix, le diagramme contrainte-déformation du béton parabo-rectangle ou le diagramme de Sargin, le programme calcule les déformations et les contraintes pour un moment et un effort normal donnés.</p>	
<p>15 – Pieux excentrés (DT0115)</p> <p>Calcul d'un pieu soumis à un moment en tête et redressé par des longrines éventuellement. Détermination des armatures de la longrine.</p>	
<p>16 – Pieux excentrés – Diagramme d'interaction (DT0116)</p> <p>Diagramme d'un pieu circulaire soumis à un effort normal et à un moment. Détermination de la section d'armature nécessaire.</p>	
<p>17 – Voûtes de décharge (DT0117)</p> <p>Voûtes en béton non armé ou en maçonnerie. Vérification des contraintes. Détermination des armatures longitudinales et transversales du tirant inférieur.</p>	
<p>18 – Tirants en traction sans flexion (DT0118)</p> <p>Vérification des contraintes. Calcul de l'ouverture des fissures. Détermination des armatures transversales dans les zones de recouvrement.</p>	
<p>19 – Prédalles (DT0119)</p> <p>Vérification et détermination des armatures de la prédalle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - seule - en phase de construction - en service 	

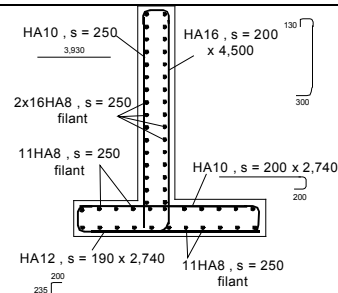
20 – Escaliers (DT0120)

Détermination des armatures et des crochets d'extrémités.



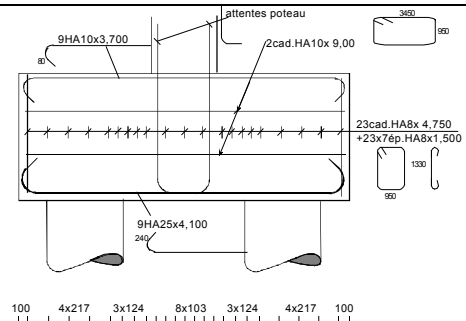
21 – Murs de soutènement (DT0121)

Calcul des sollicitations.
Calcul des contraintes du sol.
Détermination des armatures du fût et de la semelle.



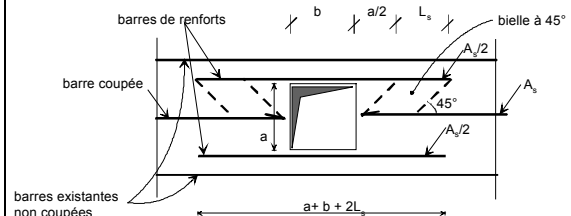
22 – Semelles sur 2 pieux (DT0122)

Calcul suivant 5 méthodes :
- méthode des bielles EC2 avec nœud hydrostatique
- méthode des bielles EC2 avec nœud de hauteur minimale
- méthode des bielles EC2 avec nœud partiellement dans le poteau
- méthode des Recommandations Professionnelles
- méthode de flexion (poutre si $H \leq e/2$)



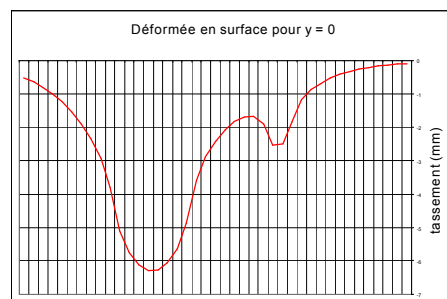
23 – Ouvertures dans les âmes de poutre (DT0123)

Pour ouvertures de taille moyenne :
- vérification de la flexion et de l'effort tranchant
- détermination des armatures de renforcement supérieures et inférieures
- déterminations des cadres
- nombres, diamètres et longueurs des armatures



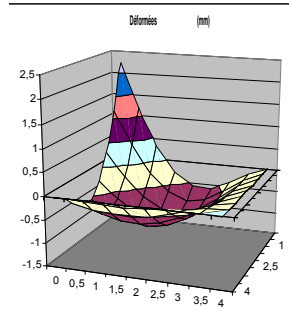
24 – Tassement des sols multicouches (DT0124)

Pour 1 à 3 couches de sols, calcul des tassements en tout point en position et en profondeur en tenant compte de l'interaction des semelles voisines selon formules Boussinesq



25 – Tassement d'un dallage selon Boussinesq (DT0125)

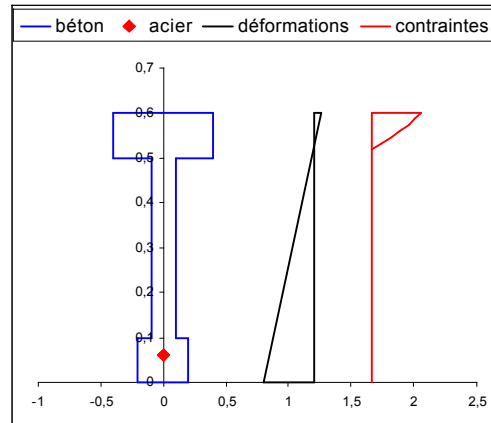
Calcul des efforts tranchants, moments et déformations d'un dallage sous charges concentrées ou réparties sur un sol tricoche.



26 – Calcul de contraintes et déformations pour une section fléchie (DT0126)

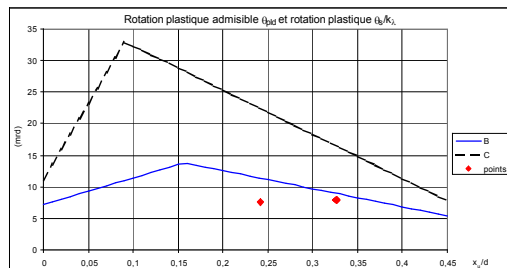
Calcul des déformées et des contraintes béton et acier pour une section en I et un ferrailage donné en flexion simple ou composée, section entièrement tendue avec au choix un diagramme parabole-rectangle ou Sargin, section entièrement tendue, partiellement tendue ou entièrement comprimée.

Il peut être nécessaire de déterminer les contraintes du béton et des armatures pour des sollicitations données. Par exemple, sous des sollicitations ELU peu importantes, les contraintes limites du béton et de l'acier ne sont pas atteintes et l'on peut être dans le domaine élastique. Les deux diagrammes parabole-rectangle et Sargin sont disponibles.



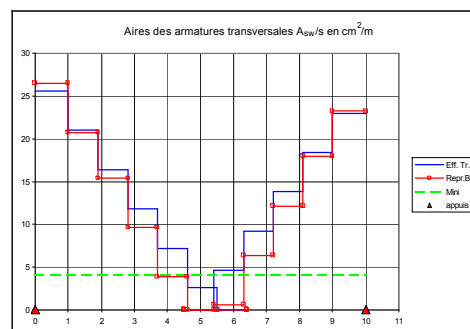
27 – Vérification de la capacité de rotation sur appui selon l'EC2, art. 5.6 - Analyse plastique (DT0127)

Pour un ferrailage longitudinal donné, le programme calcule la capacité de rotation des sections sur appuis d'une poutre continue et vérifie avec la capacité résistante d l'EC2.



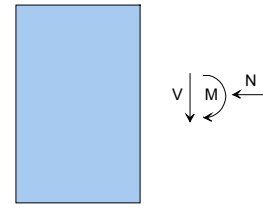
28 – Reprise de bétonnage des poutres (DT0128)

Détermination des armatures d'effort tranchant et des armatures de reprise de bétonnage à la jonction âme et table des poutres en T.



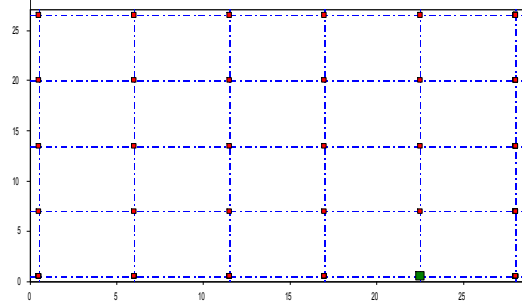
29 – Section rectangulaire avec M, N, V et T (DT0129)

Vérification des résistances et détermination des armatures d'une section rectangulaire soumise à un moment, un effort tranchant, un effort normal et un moment de torsion



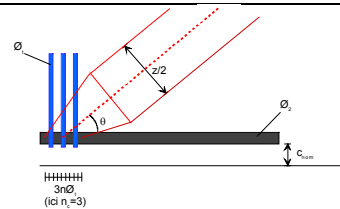
30 – Planchers-dalles (DT0130)

Calcul des moments et détermination des armatures de flexion sur appui et en travée, calcul au poinçonnement au droit des poteaux, détermination du coefficient de majoration β des poteaux (intérieurs, rives, angles), dessin des armatures de poinçonnement éventuellement nécessaires.



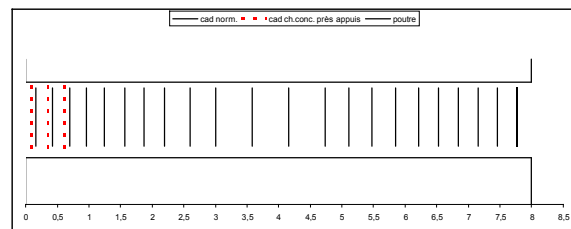
31 – Tirants avec flexion (DT0131)

Tirant soumis à un effort de traction centré, un moment de flexion et un effort tranchant. Vérification des dimensions et des armatures longitudinales et transversales avec espacement égaux à $0,75 d$ (Décision de la Commission EC2 française)



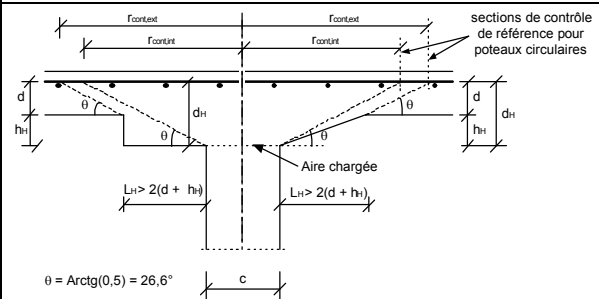
32 – Effort tranchant avec charges près des appuis (DT0132)

Poutre soumise à des charges concentrées près des appuis. Vérification d'un ferrailage transversal donné pour l'ensemble de la travée. Schéma de ferrailage des armatures transversales.



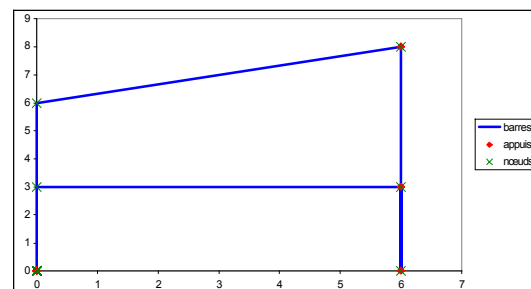
33 – Dimensionnement de poinçonnement

Pour poteau intérieur de bâtiment, dimensions des chapiteaux éventuellement nécessaires. Détermination du ferrailage éventuellement nécessaire.



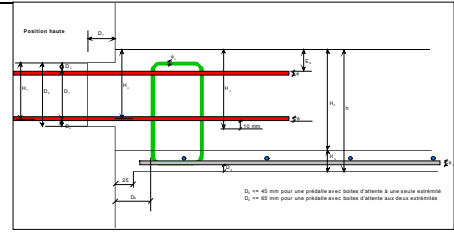
34 – Calcul de portiques

Portique quelconque jusqu'à 33 barres et 34 nœuds sous charges quelconques, à nœuds fixes ou déplaçables. Détermination des déplacements, déformations, contraintes et ferrillages (pas de calcul au flambement).



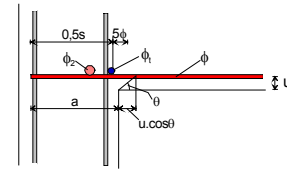
35 – Prédalles suspendues

Vérification des contraintes et armatures conformément aux Recommandations Professionnelles.



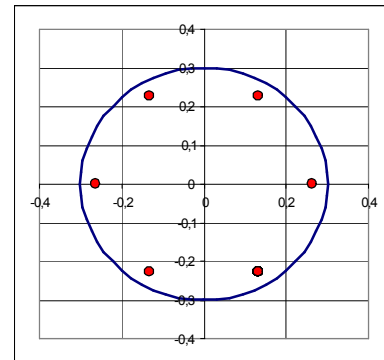
36 – Ancrages des treillis soudés

Suivant 3 méthodes conformes à l'Eurocode 2.



37 – Section circulaire – Diagramme d'interaction

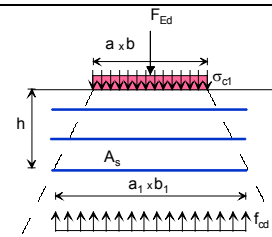
Vérification pour des couples moment-effort normal donnés et pour des pourcentages d'armatures donnés.



38 – Charge localisée et béton confiné

EC2 - § 6.7 et § 3.1.9

Détermination des contraintes limites et armatures nécessaires dans les deux cas.

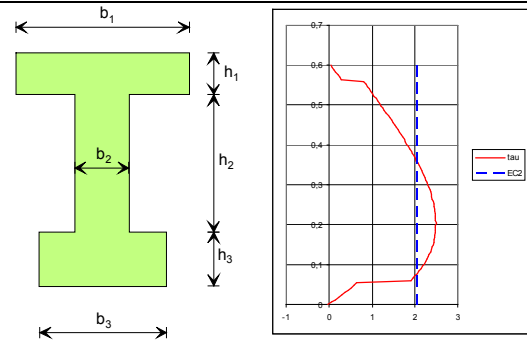


39 – Cisaillement de section en double T en ELU

Calcul de la contrainte de cisaillement en ELU par intégration de la différence de compression de la section en diagramme de Sargin (Eq. 3.14 d el'EC2)

$$\tau(y).b(y).\Delta x = \int_0^y b(z).[\sigma(x + \Delta x) - \sigma(x)].dz$$

Contrainte de cisaillement τ et cisaillement conventionnel EC2

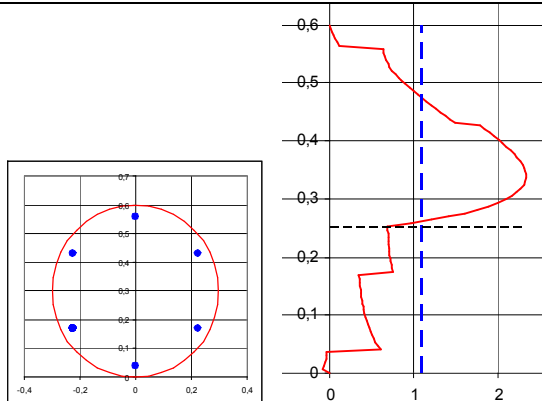


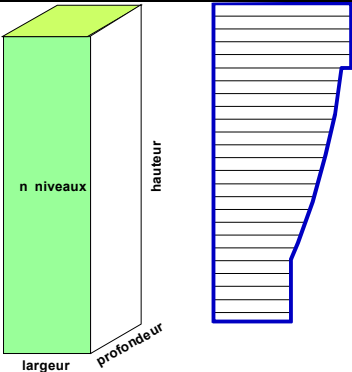
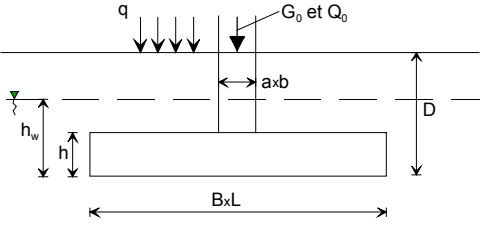
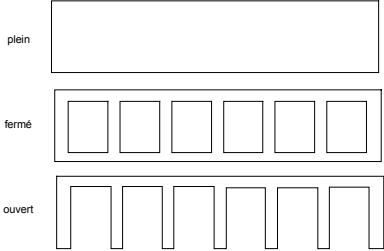
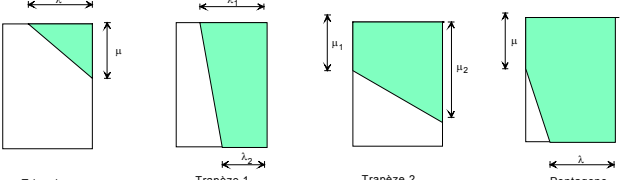
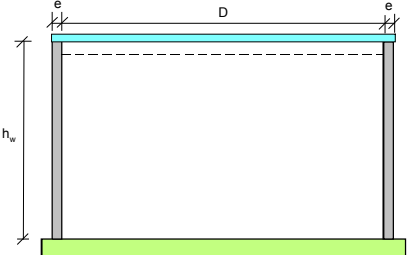
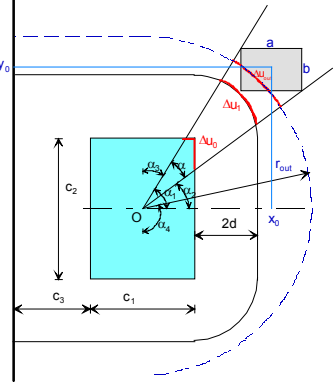
40 – Cisaillement de section circulaire en ELU

Calcul de la contrainte de cisaillement en ELU par intégration de la différence de compression de la section en diagramme de Sargin (Eq. 3.14 d el'EC2)

$$\tau(y).b(y).\Delta x = \int_0^y b(z).[\sigma(x + \Delta x) - \sigma(x)].dz$$

Contrainte de cisaillement τ et cisaillement conventionnel EC2



<p>41 – Prédalles suspendues</p> <p>Bâtiment parallélépipédique rectangle. Calcul la pression du vent en fonction des dimensions, de la zone de vent, des conditions locales. Cartes de vent, description des zones suivant EC1-4. Calcul de la période de vibration propre. Le bâtiment est calculé suivant le modèle du pendule inversé.</p>	
<p>42 – Force portante des semelles isolées rectangulaires</p> <p>Calcul de la force portante de semelles superficielles par la méthode analytique, conformément à l'Eurocode 7 et à la norme NF P 94-262.</p>	
<p>43 – Torsion d'un multitube à parois minces</p> <p>Pour une section rectangulaire ou une section multitube ouverte (plancher nervuré) ou fermée (dalle alvéolée), calcul du moment d'inertie de torsion et des contraintes de cisaillement de torsion.</p>	
<p>44 – Semelle rectangulaire en flexion déviée</p> <p>Détermination des contraintes du sol, de la surface au contact du sol, de la surface à l'intérieur du cône de poinçonnement. Cisaillement. Diagrammes de Navier ou de Meyerhof. Selon Eurocode 2.</p>	
<p>45 – Réservoir circulaire en béton armé</p> <p>Calcul de l'ouverture des fissures. Vérification des contraintes béton et acier. Selon Eurocode 2-1-1 et Eurocode 2-3.</p>	
<p>46 – Poinçonnement des dalles avec présence de trémie près du poteau</p> <p>Vérification du poinçonnement au nu du poteau et sur le contour de contrôle de référence. Détermination et dessin du ferrailage radial nécessaire. Poteau intérieur et poteau de rive. Selon Eurocode 2-1-1.</p>	

Bulletin technique N° 3

DOCUMENTS D'AIDE A L'UTILISATION DES EUROCODES

DT0021 – Eurocode 2 – Guide d'application et d'interprétation – En attendant le document en cours de préparation de la Commission EC2

DT0022 – Eurocode 2 - Réponses aux questions posées sur l'interprétation de l'Eurocode 2 par la Commission Eurocode 2 française

DT0023 – Étude de l'effort tranchant en ELU pour des sections en T, double T ou circulaires en flexion simple ou composée, partiellement tendues ou entièrement comprimées

DT0024 – Étude de l'effort tranchant pour des charges près des appuis des poutres

DT0025 - Charges localisées - Béton confiné – Force portante

DT0026 - Ancrage des treillis soudés sur appuis

DT0027 - Semelles superficielles – Les raisons du 0,15 b de l'EC2

DT0028 - Semelle filante – Différentes méthodes de calcul

DT0029 - Semelle rectangulaire – Différentes méthodes de calcul

DT0029bis - Reprise de l'excentricité des pieux avec ou sans longrines de redressement

DT0044 - Dalle en béton armé – Étude du poinçonnement des poteaux intérieurs, de rive ou d'angle. Détermination du ferrailage ou du chapiteau éventuel

DT0045 – Dalles précontraintes – Guide SEDIP