

1. MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT GÉNÉRALE DE LEVAGE

Cette Méthode de dimensionnement a pour but d'évaluer la charge à laquelle seront soumises les ancrs ou douilles scellées dans des pièces préfabriquées en béton armé en vue du choix de ces ancrs ou douilles.

Cette méthode ne permet de traiter que des cas les plus courants.

De plus, il est essentiel que les hypothèses retenues soient communiquées aux entreprises qui assureront les opérations de manutention et de levage des produits ; ceci dans le but que ces entreprises s'assurent de l'adéquation entre ces hypothèses et les conditions réelles de manutention et de levage.

Exemple : Angle de levage, résistance du béton...

1.1. Hypothèses de calcul

Pour déterminer les charges auxquelles sont soumises les ancrs ou douilles de levage, il est indispensable de tenir compte de l'ensemble des points suivants :

- le plan de la pièce et la cinétique de manutention (Voir § 1.2)
- le poids de la pièce (et des éléments de coffrage et accessoires levés avec la pièce) (Voir § 1.3)
- les efforts d'adhérence au coffrage au démoulage (Voir § 1.4)
- le nombre de points de levage efficaces (et non le nombre de points de levage réels) (Voir § 1.5)
- le coefficient d'angle d'élingue (Voir § 1.6)
- le coefficient dynamique (Voir § 1.7)

Pour déterminer l'ancre ou la douille à utiliser (type, longueur,...), il est indispensable de connaître également :

- la résistance du béton au moment du levage (Voir § 1.9)

Il est d'autre part nécessaire de distinguer la manutention en usine de préfabrication, et sur chantier. Tous les calculs doivent être faits dans les deux cas. L'ensemble de ces points est détaillé dans les paragraphes suivants.

1.2. Dessin de la pièce et cinétique de manutention envisagée

Il est important, en premier lieu, de bien définir le plan de la pièce étudiée et de bien connaître la manutention à opérer avec cette pièce.

Il est nécessaire de distinguer la cinématique en usine de préfabrication, et sur chantier.

1.3. Poids de la pièce (P)

Il est indispensable de calculer le poids réel à lever. Cela comprend notamment :

- le poids de l'élément en béton (volume x masse volumique).

La masse volumique du béton armé est généralement égale à 2500 daN/m³ (ou 25 kN/m³) :

- le poids des éléments de coffrage et accessoires levés avec la pièce

1.4. Effort d'adhérence au démoulage (A)

L'effort d'adhérence dépend de 2 facteurs :

- la surface coffrée de l'élément (S en m²)

Les surfaces à prendre en compte sont toutes les surfaces en contact (inclinaées ou non) entre le béton et le coffrage.

- l'état de surface du moule.

Cet état de surface implique une contrainte d'adhérence (qadh en daN/m²). Cet effort est uniquement à prendre en compte lors du démoulage des pièces.

L'effort d'adhérence : **A = qadh x S**

Cet effort d'adhérence vient s'ajouter au poids réel à lever.

Dans certains cas, les efforts peuvent être nuls si le béton n'est pas en contact avec le moule (les poutres précontraintes par exemple).

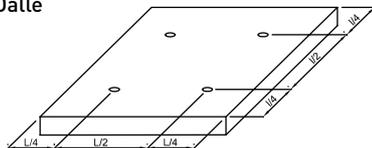
Type de coffrage	Contrainte d'adhérence qadh
Moule en acier huilé, contre-plaqué enduit de plastique huilé	100 daN/m ²
Moule en bois verni huilé	200 daN/m ²
Moule en bois rugueux huilé	300 daN/m ²
Matrice polyuréthane	Consulter le fournisseur de la matrice

1.5. Position et détermination du nombre de points de levage efficaces (n)

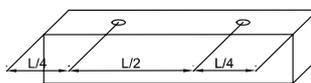
Positionner les points de levage de manière symétrique par rapport au centre de gravité.

Voici quelques exemples types de positionnement des points de levage :

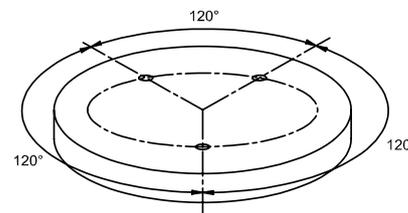
Dalle



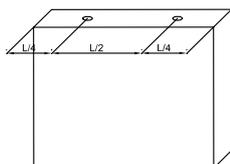
Poutre



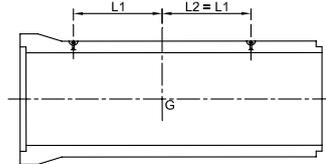
Pièce de révolution



Panneau



Tuyau



En fonction du type d'ancres ou de douille qui sera choisi, la position de certains points de levage peut ne pas convenir. Il est indispensable de tenir compte en particulier des distances minimales entre points

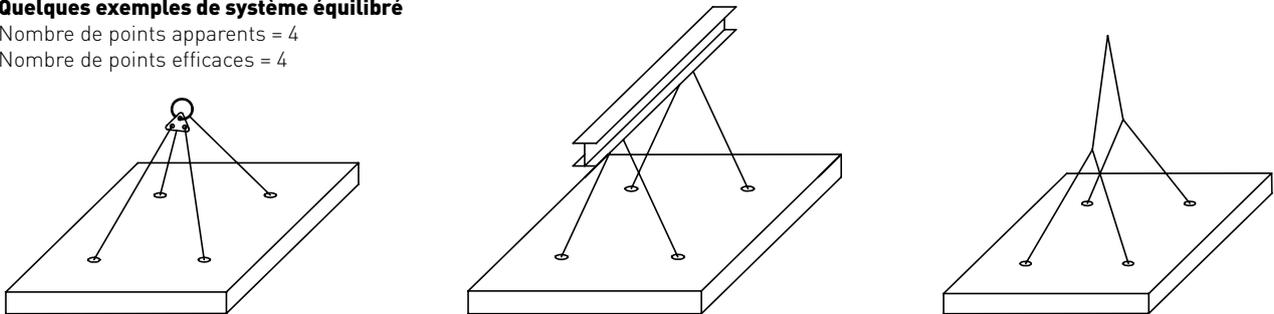
de levage, et des distances minimales au bord béton. Un enrobage minimal peut également être demandé.

En fonction du nombre de points de levage réels, et de l'utilisation ou non d'un système de levage équilibré (comme par exemple un palonnier), le nombre de points de levage efficaces se définit comme suit :

Nombre de points apparents	Nombre de points efficaces (n)	
	avec système équilibré	autre moyen de levage
4	4	2
3	3	2
2	2	2

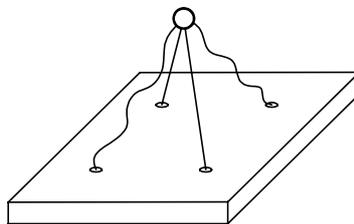
Quelques exemples de système équilibré

Nombre de points apparents = 4
 Nombre de points efficaces = 4



Système non équilibré

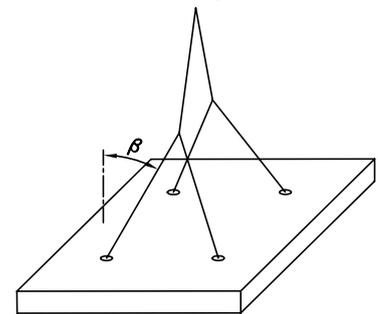
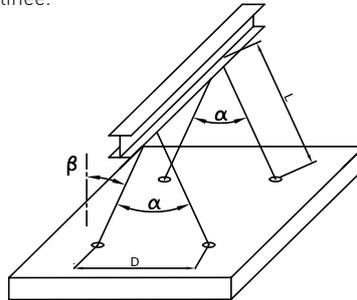
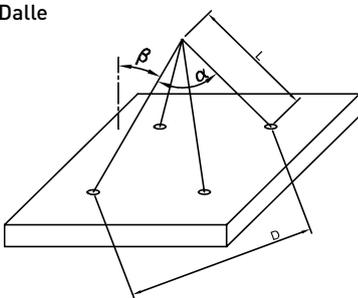
Nombre de points apparents = 4
 Nombre de points efficaces = 2



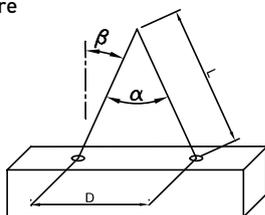
1.6. Angle d'élingage et coefficient multiplicateur (Ce)

Un coefficient d'élingue Ce est engendré par la projection des efforts verticaux (poids) sur les élingues. Pour le calcul l'angle β à considérer est l'angle entre la verticale et l'élingue la plus inclinée.

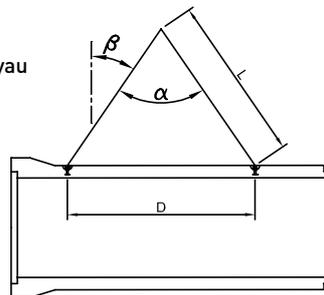
Dalle



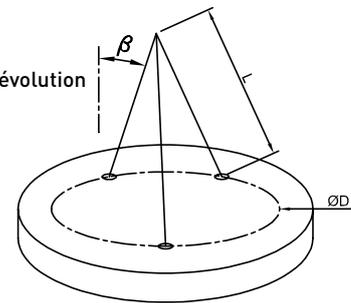
Poutre



Tuyau



Pièce de révolution



β	0	15°	22,5°	30°	45°	60°
$\alpha = 2\beta$	0	30°	45°	60°	90°	120°
Ce	1	1,035	1,082	1,155	1,414	2
L	-	2 D	1,3 D	D	0,7 D	0,6 D

Autre angle :

$$Ce = \frac{1}{\cos(\beta)} = \frac{1}{\cos(\frac{\alpha}{2})}$$

β = angle entre la vertical et l'élingue la plus inclinée.

Il est nécessaire de considérer le cas le plus défavorable, c'est-à-dire l'angle β le plus important.

1.7. Hypothèses de calcul

Les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous sont indicatives.

Le mode de levage prévu et les valeurs retenues doivent être notifiés aux utilisateurs (usine et chantier).

Engin de levage et de manutention	Vitesse de levage	Coefficient dynamique Cd
Grue fixe ou sur rails	< 1 m/s	1,15
Grue fixe ou sur rails	> 1 m/s	1,30
Pont roulant	< 1 m/s	1,15
Pont roulant	> 1 m/s	1,60
Levage et transport sur terrain plat		2
Levage et transport sur terrain accidenté		≥ 4

Coefficient dynamique recommandé par type de pièce :

Type de pièce	Coefficient dynamique Cd
Tuyau et assainissement	2
Cadre inférieur à 12T	1,60
Cadre de 12 à 20T	1,30
Cadre supérieur à 20T	1,15
Murs	1,30
Poutre inférieure à 12T	1,60
Poutre de 12 à 20T	1,30
Poutre supérieure à 20T	1,15

1.8. Charge résultante par point de levage (F)

La charge résultante par point est égale à :

$$F = \frac{(P + A) \times Ce \times Cd}{n}$$

Ce calcul doit impérativement être fait en usine de préfabrication, et sur chantier et lors de toute autre étape de manutention.

Note :

Les douilles de levage utilisées plus de 10 fois, ne doivent pas être sollicitées à plus de 0,6 fois leur Charge Maximale d'Utilisation. Il est nécessaire de vérifier dans ce cas que $F < 0,6 \times CMU$ [Douille].

1.9. Résistance du béton (fck)

La résistance du béton doit être déterminée :

- au premier levage de la pièce
- au transport et à la mise en oeuvre sur chantier

La résistance minimale admissible du béton est de 15 MPa.

2.0. longueur recommandée du cône d'arrachement

- Indique la longueur minimum de l'ancre à respecter, dans un béton à 15 Mpa minimum, pour obtenir une résistance à l'arrachement supérieure à la charge maximum d'utilisation de l'ancre. Dans les conditions d'un cône d'arrachement maximal.
- Valeur d'arrachement **inférieure** à la valeur minimum recommandée.
- Valeur d'arrachement **supérieure** à la valeur minimum recommandée.

L'ancrage est réalisé dans le béton grâce au pied de l'ancre qui crée un cône d'arrachement. La résistance de l'ancrage dépend donc :

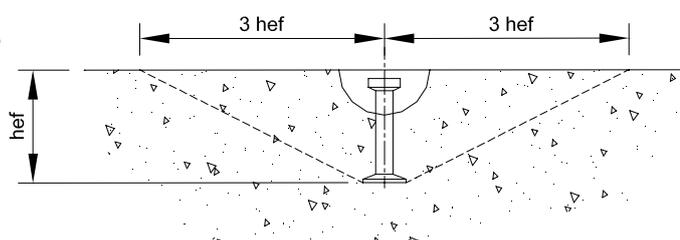
- de la résistance du béton,
- de la longueur de l'ancre à pied,
- des distances aux bords béton,
- des distances entre ancres.

(voir méthode de dimensionnement générale et schéma ci-dessous)

Cône d'arrachement et espacement entre ancre

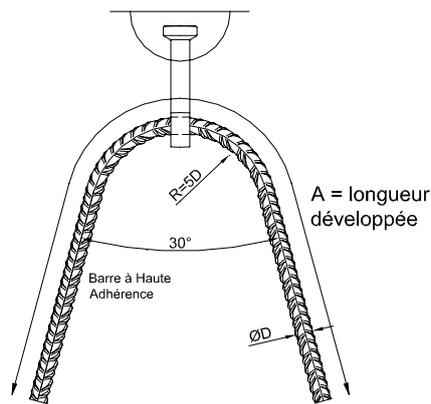
Plus le cône d'arrachement est important, plus l'ancrage est résistant.

Il est maximal lorsque l'entraxe des ancres est supérieur à 6 fois la profondeur d'ancrage (hef) et les distances aux bords béton sont supérieures à 3 fois hef.



2.1. Dimensionnement de l'armature de renfort obligatoire

Armature à Haute Adhérence FeE500, (selon norme NF A 35-016).



	1,3 T	2,5 T	5 T	10 T	20 T	32 T
Diamètre de l'armature (mm)	8	10	16	20	32	40
Béton à 10 MPa	A= 930	1380	1790	2760	3570	4550
Béton à 15 MPa	A= 770	1140	1490	2280	2970	3780
Béton à 20 MPa	A= 670	980	1290	1960	2570	3270
Béton à 25 MPa	A= 590	870	1140	1730	2280	2900
Béton à 30 MPa	A= 530	780	1030	1560	2060	2620
Béton à 35 MPa	A= 490	710	950	1420	1900	2410
Béton à 40 MPa	A= 460	660	880	1310	1760	2240

Il est souhaitable de réaliser une armature en V à 30°.

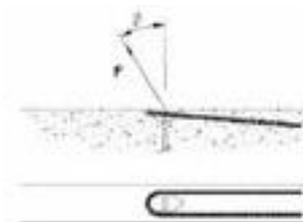
Dans le cas où l'élément béton ne le permet pas, il est possible de faire revenir l'armature à l'horizontal en forme de moustache.

2.2. Étrier de cisaillement en cas d'effort oblique

La Charge Maximale d'Utilisation des ancrés et des douilles est donnée pour un effort de traction avec un angle d'inclinaison de traction de 30° maximum par ancre et de 15° maximum pour les douilles.

En cas d'effort oblique ≥ un étrier de cisaillement est nécessaire.

Il doit être placé le plus près possible de la réservation.



Développé des étriers de cisaillement

Charge max.	Charge max. de l'anneau	Ø Etrier (mm)	L (mm)
1,4 T	2,5 T	6	720
2,5 T		8	1020
4 T	5 T	10	1490
5 T		12	1800
7,5 T	10 T	14	1980
10 T		16	1980



Armature à Haute Adhérence FeE500