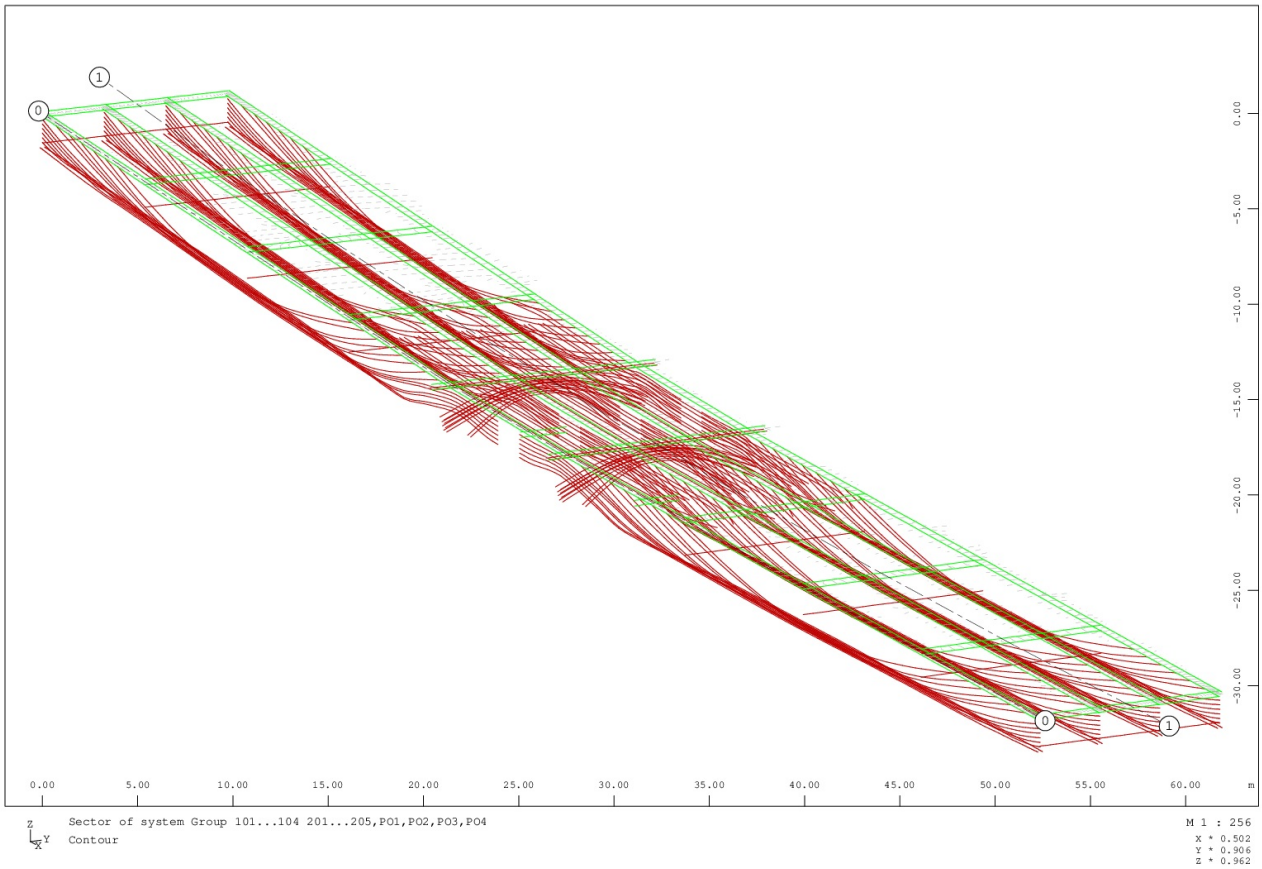
C.14 Compléments liés au béton précontraint

C.14 Compléments liés au béton précontraint

La modélisation fine de la précontrainte nécessite l'utilisation d'un logiciel spécifique gérant les tracés des câbles, le calcul des tensions (calcul des pertes) et la prise en compte de phasages datés et des lois de fluage.



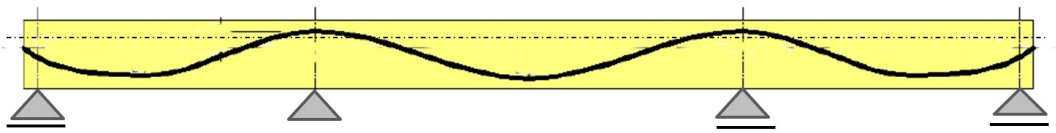
Exemple de câblage complexe

Il est cependant toujours possible, par exemple pour effectuer un calcul de prédimensionnement ou de vérification d'un calcul complexe, de modéliser la précontrainte de manière simplifiée.

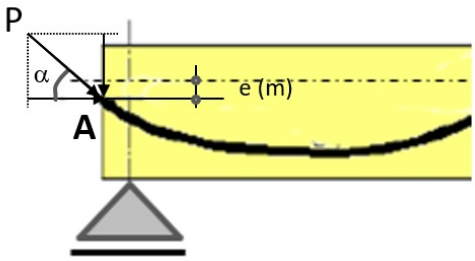
Les poutres (et coques) doivent être décrites au niveau de leur centre de gravité pour garantir le bon positionnement des câbles dans la section.

Les deux sous-sections suivantes présentent la modélisation simplifiée d'un câble intérieur au béton puis d'un câble extérieur. Elle suppose la connaissance d'un tracé *a priori* et une tension constante dans le câble (après pertes instantanées ou à long terme, par exemple). Il est utile de préciser que la modélisation des pertes de précontrainte se ferait suivant la même logique mais avec un signe opposé à l'action de la précontrainte initiale.

C.14.1 Câble intérieur au béton



La méthode des forces externes permet d'appréhender les effets des câbles, en les modélisant comme des forces concentrées aux abouts et par des pressions (poussées) le long du câble.



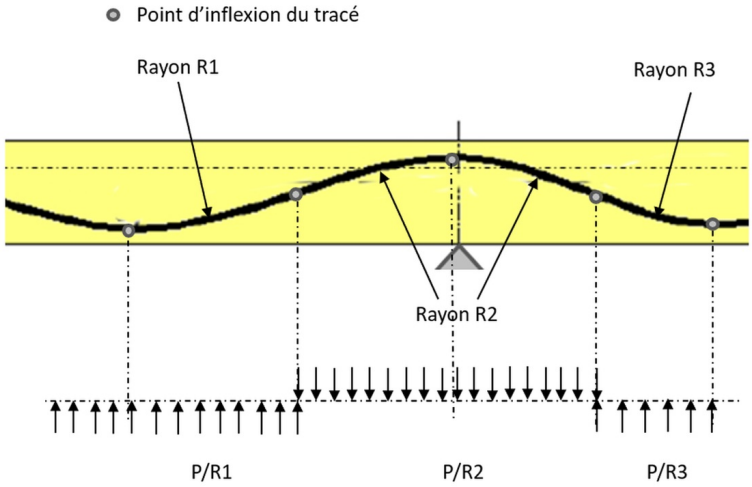
Ancrages d'abouts ou ancrages noyés, nous aurons :

- un effort horizontal $H_A = P.\cos(\alpha)$
- un effort vertical $V_A = P.\sin(\alpha)$
- un moment $M_A = H_A.e$

(avec la convention de signes adaptée au logiciel)

Le long de la poutre, un câble exerce des poussées radiales, que l'on peut, dans le cas général, supposer verticales. Elles valent $pi \approx P/Ri$. Il s'agit de la poussée au plein des câbles. Elles s'appliquent comme des charges réparties classiques.

Les segments rectilignes ne produisent pas de poussée ($R=\infty$).



On confond fréquemment H_A et P, cos(α) étant souvent proche de 1.00.

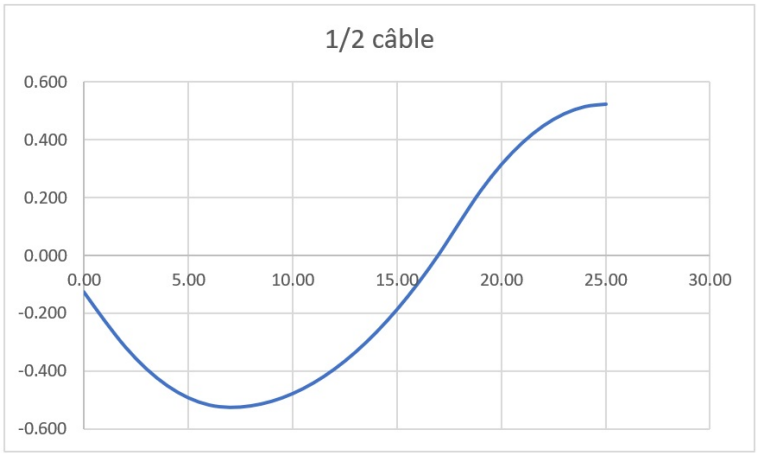
Exemple de définition manuelle simplifiée d'un câble.

La poutre comprend deux travées de 25 m. La section est symétrique et a une hauteur de 1.25 m (pour fixer les limites du câble).

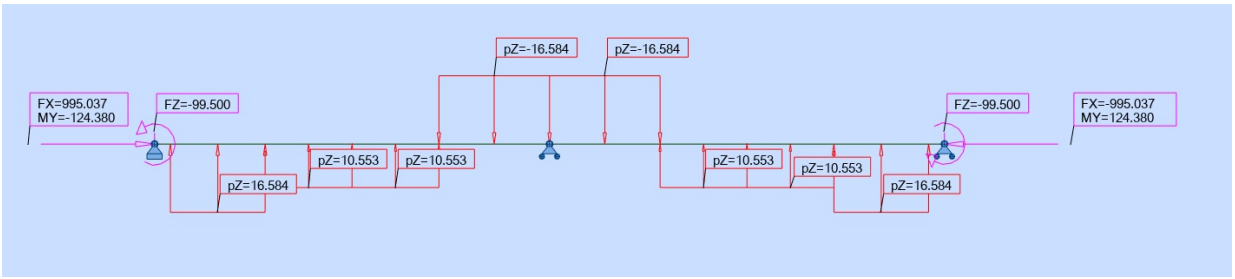
Données d'entrées du câble.

On vérifie que le câble reste dans la poutre (la limite est fixée à 10 cm des faces supérieures et inférieures pour ce cas d'école) et que les raccords aux points d'inflexions ont bien la même pente.

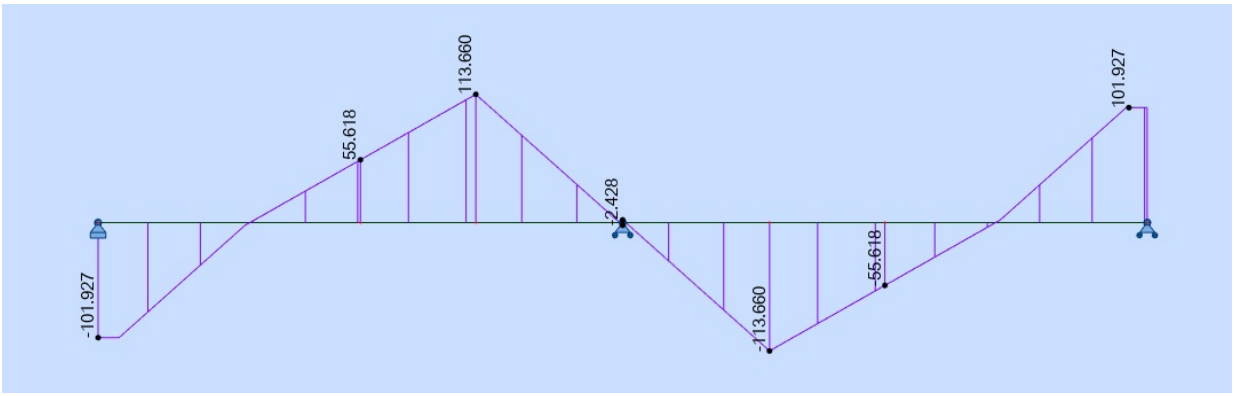
Pour la travée de gauche						
tan(α)=	0.100					
P (kN)=	1000.00		**HA=**	**995.037**	**kN**	
		d'où	**VA=**	**99.504**	**kN**	
eo (m)=	-0.125		**MA=**	**-124.380**	**kN.m**	
Définition du câble et des poussées						
x (m)	**Δx (m)**	**R (m)**	**p (kN/m)**	**ΔZ (m)**	**exc (m)**	**pente**
0.00					-0.125	
	1.00	oo	0.000	-0.10		0.1000
1.00					-0.225	
	6.00	60.000	16.584	-0.30		0.1000
7.00					-0.525	
	11.00	94.286	10.553	0.64		0.1167
18.00					0.117	
	7.00	60.000	-16.584	0.41		0.1167
25.00					0.525	
				$\Delta Z=\Delta x^2/(2R)$		**pente=ΔZ/R**



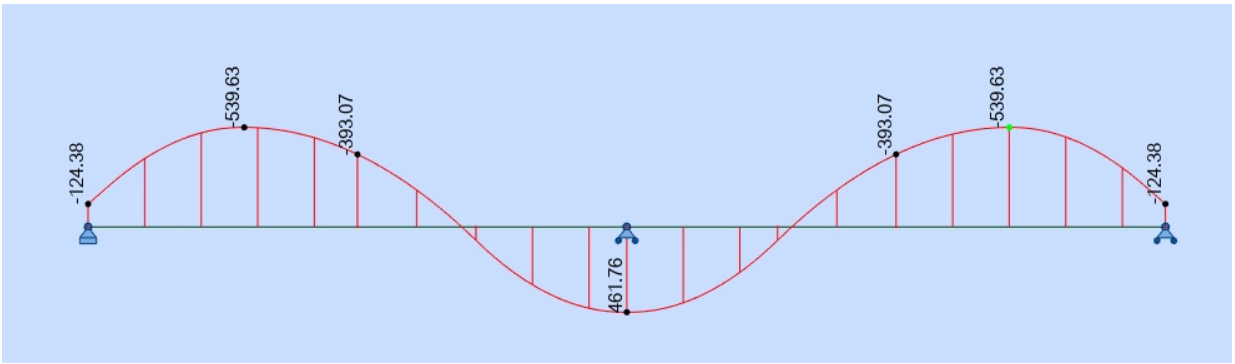
Traduit en chargement sur la poutre:



L'effort tranchant résultant, i.e. qui tient compte de l'hyperstaticité du système:



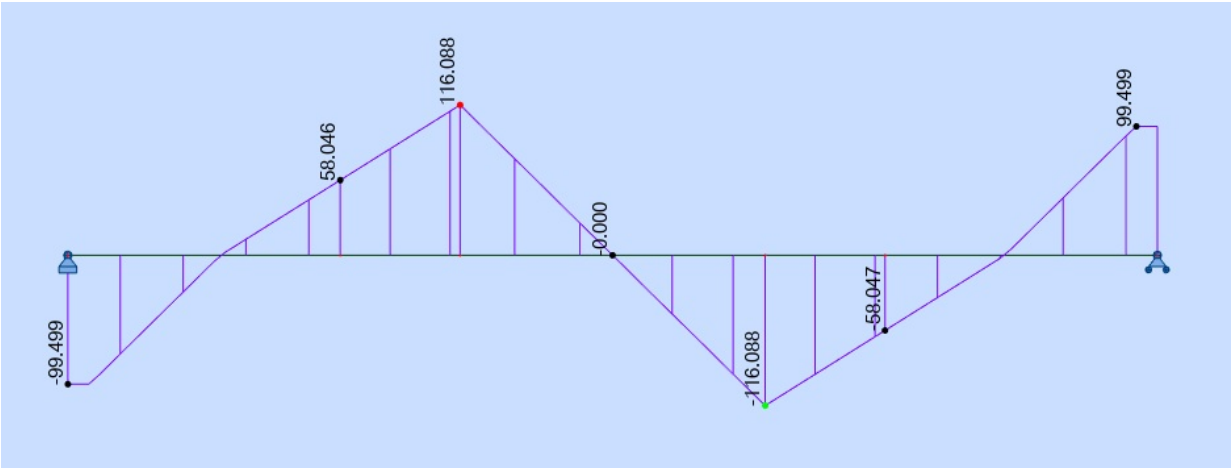
Le moment:



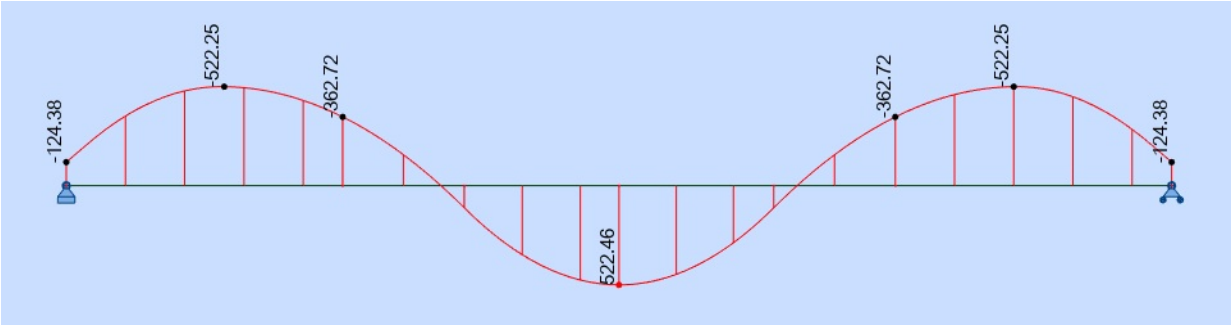
A des fins de contrôles, on peut :

- toujours se ramener à un système isostatique (ici en supprimant l'appui central) ;
- calculer le moment isostatique à mi portée (ou dans n'importe quelle section), par la somme des forces à gauche ou à droite. Les écarts ne doivent être supérieurs au % ;
- sur cet exemple, vérifier que les résultats sont symétriques puisque la structure et la précontrainte le sont.

Courbe de tranchant “isostatique”:



Courbe de moment “isostatique” (la courbe divisée par H_A est le tracé du câble):



On peut s’assurer que les réactions d’appuis du cas de charges précontrainte “isostatique” sont nulles:

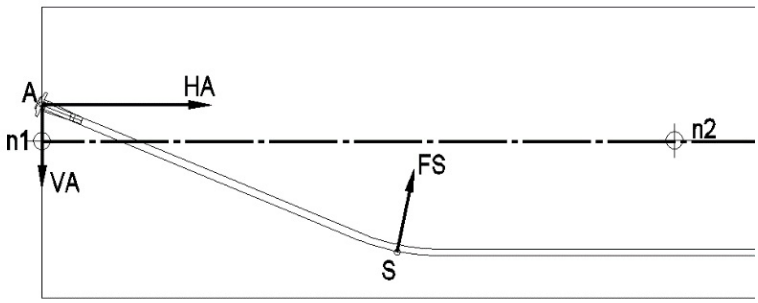
Noeud/Cas	FX [kN]	FZ [kN]	MY [kNm]
1/ 100	0.000	0.001	0.00
2/ 100	0.0	0.001	0.00
Cas 100	Précontrainte		
Somme totale	0.000	0.002	0.00
Somme réaction	0.000	0.004	-0.06
Somme efforts	0.0	-0.004	0.06
Vérification	0.000	-0.000	-0.00
Précision	4.06587e-15	1.55643e-17	

Calcul à l'aide d'un logiciel spécifique :

Cet exemple a été traité à l'aide d'un logiciel permettant de modéliser directement les câbles de précontrainte. La comparaison des résultats est disponible dans le document Exemple de précontrainte et excentrement.

C.14.2 Câble extérieur : forces aux ancrages et aux déviateurs

Comme ci-avant, en supposant une tension uniforme pour tout le câble, la méthode des forces externes permet d’appréhender les effets d’un câble de précontrainte en le modélisant comme une suite de forces concentrées.



Au niveau de l’ancrage A, le câble applique sur le nœud n1 du modèle le torseur (H_A,V_A,M_A), M_A étant le couple produit par H_A au nœud 1. A chaque point de déviation, le câble applique la force FS sur la barre n1-n2. On procède ainsi pour toutes les déviations du câble en terminant par l’ancrage d’extrémité.

C.14.3 Modélisation de la précontrainte dans les dalles

L’étude de la précontrainte dans les dalles s’effectue selon le même principe que pour les poutres, mais sur des éléments de coques.

L’utilisation d’un logiciel spécifique est bien sûr souhaitable sinon nécessaire. Il faudra s’assurer que la modélisation

des éléments est bien réalisée à leur centre de gravité, et que la somme des réactions d’appui du cas de charge précontrainte est nulle.

C.14.4 Mise en tension des câbles (côté, ordre)

Attention au fait que les efforts apportés par la précontrainte, après pertes par frottement et recul d’ancrage, dépendent fortement du mode de mise en tension (par un seul côté, des deux côtés). Pour des câbles très longs, l’erreur peut s'avérer importante.

De même pour des structures fortement précontraintes, l’ordre de mise en tension peut avoir un impact et il n'est pas inutile de vérifier la structure à certaines phases intermédiaires de mise en tension.

Révision #1
★Créé 11 December 2023 17:30:13 par Paul Terrasson Duvernon
✎Mis à jour 11 December 2023 17:32:08 par Paul Terrasson Duvernon