

CALCUL AVEC LA METHODE DES ELEMENTS FINIS

UTILISATION DU LOGICIEL CASTEM 2000



Etude du quai du port de Bayonne soumis à des charges de grue

1) INTRODUCTION

Dans le programme de quatrième année, nous n'avons plus de cours mécanique "classique" comme ceux que nous suivions traditionnellement dans les années précédentes. Pourtant cet enseignement n'est pas complètement absent de nos programmes avec, notamment, une introduction aux éléments finis. Ce principe de calcul assez complexe devait être illustré au travers de l'utilisation du logiciel CASTEM 2000.

Pour cela chaque groupe devait choisir un projet et devait en réaliser l'étude complète à l'aide du logiciel. Le but étant bien sûr de comprendre la transmission et la répartition des sollicitations et des contraintes dans une structure chargée.

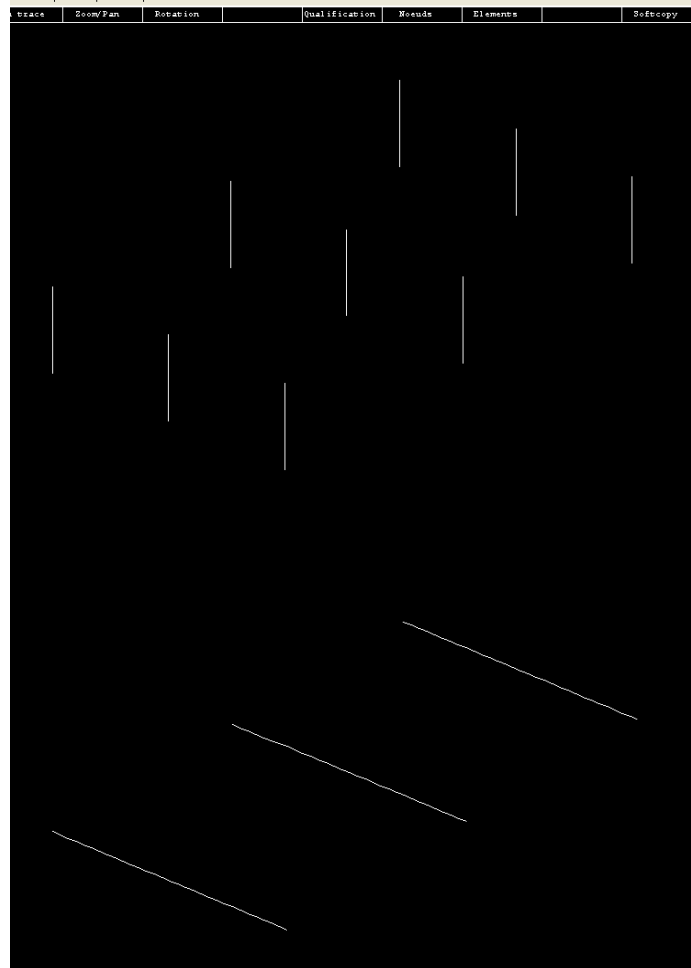
Nous avons choisi d'étudier l'effet d'une grue de port sur un quai. Nous nous sommes inspirés des plans du port de Bayonne dont une étude complémentaire a été réalisée par un autre groupe.

2) MODELISATION

Afin de définir l'impact de la grue nous avons pris une portion de quai. La grue transmet ses charges par des patins espacés de 10 mètres dans les deux sens. Ainsi, sur une surface de la largeur du quai (soit 22 mètres) et de longueur 12m (afin de couvrir trois pieux d'entraxes de 6 mètres), nous avons modéliser 4 forces ponctuelles correspondantes aux patins. Nous avons également pris en compte l'infrastructure en pieux, longrines et poutres.

Modélisation des pieux

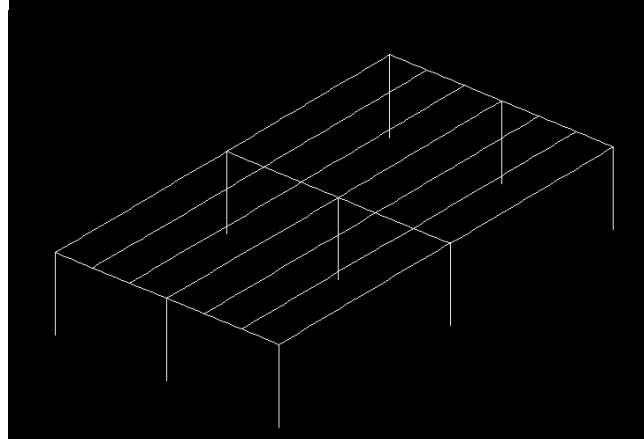
Modélisation des longrines



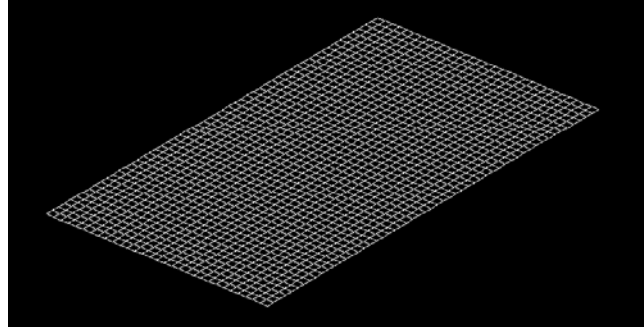
Modélisation des poutres



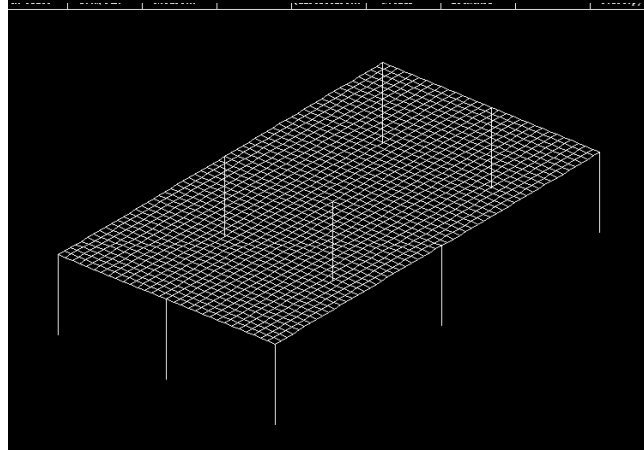
Infrastructure



Dalle



Modélisation finale du quai



Les étapes de cette modélisation sont reprises lors du lancement du fichier. Les différentes parties modélisées sont affichées au fur et à mesure du déroulement du programme.

Voici les lignes de programme correspondant à la modélisation :

```
p1= 0. 0. 4.;
p2= 6. 0. 4.;
p3= 12. 0. 4.;
p4= 0. 11.03 4.;
p5= 6. 11.03 4.;
p6= 12. 11.03 4.;
p7= 0. 21.53 4.;
p8= 6. 21.53 4.;
p9= 12. 21.53 4.;
p10= 2. 0. 4.;
p11= 4. 0. 4.;
p12= 8. 0. 4.;
p13= 10. 0. 4.;
p14= 2. 11.03 4.;
p15= 4. 11.03 4.;
p16= 8. 11.03 4.;
p17= 10. 11.03 4.;
p18= 2. 21.53 4.;
p19= 4. 21.53 4.;
p20= 8. 21.53 4.;
p21= 10. 21.53 4.;
*
p01= 0. 0. 0.;
p02= 6. 0. 0.;
p03= 12. 0. 0.;
p04= 0. 11.03 0.;
p05= 6. 11.03 0.;
p06= 12. 11.03 0.;
p07= 0. 21.53 0.;
p08= 6. 21.53 0.;
p09= 12. 21.53 0.;
*
*
*définition des pieux
*
pieu1=droi p01 p1;
pieu2=droi p02 p2;
pieu3=droi p03 p3;
pieu4=droi p04 p4;
pieu5=droi p05 p5;
pieu6=droi p06 p6;
pieu7=droi p07 p7;
pieu8=droi p08 p8;
pieu9=droi p09 p9;
pieutot1= pieu1 et
pieu2 et pieu3 et
pieu4 et pieu5 et
pieu6;
pieutot2= pieu7 et
pieu8 et pieu9;
pieutot= pieutot1 et
pieutot2;
trac pieutot;
*
*longrines
*
```

```
long1= droi p1 p10;
long2= droi p10 p11;
long3= droi p11 p2;
long4= droi p2 p12;
long5= droi p12 p13;
long6= droi p13 p3;
longtot1= long1 et
long2 et long3 et
long4 et long5 et
long6;
long7= droi p4 p14;
long8= droi p14 p15;
long9= droi p15 p5;
long10= droi p5 p16;
long11= droi p16 p17;
long12= droi p17 p6;
longtot2= long7 et
long8 et long9 et
long10 et long11 et
long12;
long13= droi p7 p18;
long14= droi p18 p19;
long15= droi p19 p8;
long16= droi p8 p20;
long17= droi p20 p21;
long18= droi p21 p9;
longtot3= long13 et
long14 et long15 et
long16 et long17 et
long18;
*
longtot= longtot1 et
longtot2 et longtot3;
trac longtot;
*
*
*poutres
*
pout1= droi p1 p4;
pout2= droi p10 p14;
pout3= droi p11 p15;
pout4= droi p2 p5;
pout5= droi p12 p16;
pout6= droi p13 p17;
pout7= droi p3 p6;
pout8= droi p4 p7;
pout9= droi p14 p18;
pout10= droi p15 p19;
pout11= droi p5 p8;
pout12= droi p16 p20;
pout13= droi p17 p21;
pout14= droi p6 p9;
poutot= pout1 et
pout2 et pout3 et
pout4 et pout5 et
pout6 et pout7
```

```
et pout8 et pout9 et
pout10 et pout11 et
pout12 et pout13 et
pout14;
trac poutot;
tout1= poutot et
pieutot et longtot;
trac tout1;
*
*dalle
*
poutg= pout8 et
pout1;
poutd= pout7 et
pout14;
surf1= dall longtot1
poutd longtot3 poutg
'PLAN';
trac surf1;
*
*
*points d'application
des forces
*
w01= 1. 5.5 4.;
w1=surf1 point proch
w01;
w02= 11. 5.5 4.;
w2=surf1 point proch
w02;
w03= 11. 15.5 4.;
w3=surf1 point proch
w03;
w04= 1. 15.5 4.;
w4=surf1 point proch
w04;
*
*
*
tout= surf1 et poutot
et pieutot et
longtot;
elim tout 0.1;
trac tout;
```

Nous avons ensuite défini le mode de calcul et les matériaux par familles d'éléments : les pieux, longrines et poutres sont calculés en poutres, la dalle du quai en coque ; les matériaux ont été définis pour l'ensemble des poutres identiques, ainsi que pour chaque rangée de pieux et longrines de même sections.

```
*définition des modes de calcul
*
mopieu1= mode pieutot1 mecanique elastique poutre;
mopieu2= mode pieutot2 mecanique elastique poutre;
molong1= mode longtot1 mecanique elastique poutre;
molong2= mode longtot2 mecanique elastique poutre;
molong3= mode longtot3 mecanique elastique poutre;
mopout= mode poutot mecanique elastique poutre;
modall= mode surf1 mecanique elastique coq4;
motot= mopieu1 et mopieu2 et molong1 et molong2 et molong3
et mopout et modall;
*
*
*données géométriques des pieux
*
*pieu7 pieu8 pieu9
iy1= (3.14*(d1/2)**4)/4;
tor1= iy1*2;
*
*pieu1 pieu2 pieu3 pieu4 pieu5 pieu6
iy2= (3.14*(d2/2)**4)/4;
tor2= iy2*2;
*
*
*données géométriques des poutres
*
*pout1 pout2 pout3 pout4 pout5 pout6 pout7
iy3= 14*(h**3)/12;
iz3= h*(14**3)/12;
tor3= h*(14**3)*(16/3-3.36*(14/h)*(1-((14/h)**4)/12));
*
*
*données géométriques des longrines
*
*long1 long2 long3 long4 long5 long6
iy4= 11*(h**3)/12;
iz4= h*(11**3)/12;
tor4= h*(11**3)*(16/3-3.36*(11/h)*(1-((11/h)**4)/12));
*
*long7 long8 long9 long10 long11 long12
iy5= 12*(h**3)/12;
iz5= h*(12**3)/12;
tor5= h*(12**3)*(16/3-3.36*(12/h)*(1-((12/h)**4)/12));
*
*long13 long14 long15 long16 long17 long18
iy6= 13*(h**3)/12;
iz6= h*(13**3)/12;
tor6= h*(13**3)*(16/3-3.36*(13/h)*(1-((13/h)**4)/12));
*
*
*matériaux
*
mapieu1= mate mopieu1 youn 30.e9 nu 0.2 rho 2500 sect (3.14*(d2/2)**2)
inry iy2 inrz iy2 tors tor2 'VECT' (-1. 0. 0.);
mapieu2= mate mopieu2 youn 30.e9 nu 0.2 rho 2500 sect (3.14*(d1/2)**2)
inry iy1 inrz iy1 tors tor1 'VECT' (-1. 0. 0.);
```

```

malong1= mate molong1 youn 30.e9 nu 0.2 rho 2500 sect (l1*h) inry iy4
inrz iz4 tors tor4 'VECT' (0. 0. 1.);
malong2= mate molong2 youn 30.e9 nu 0.2 rho 2500 sect (l2*h) inry iy5
inrz iz5 tors tor5 'VECT' (0. 0. 1.);
malong3= mate molong3 youn 30.e9 nu 0.2 rho 2500 sect (l3*h) inry iy6
inrz iz6 tors tor6 'VECT' (0. 0. 1.);
mapout= mate mopout youn 30.e9 nu 0.2 rho 2500 sect (l4*h) inry iy3
inrz iz3 tors tor3 'VECT' (0. 0. 1.);
madall= mate modall youn 30.e9 nu 0.2 epai e rho 2500;
matot= mapieul et mapieu2 et malong1 et malong2 et malong3 et mapout
et madall;
*
```

L'étape suivante a été la définition des conditions de liaison (ancrage des pieux) et des charges appliquées (poids propre et forces exercées par les patins).

```

rig1= rigi motot matot;
mass1= mass motot matot;
chg= manu chpo tout uz -9.81;
fg= mass1*chg;
blo1= bloq (p01 et p02 et p03 et p04 et p05 et
p06 et p07 et p08 et p09) depl rota;
ritot= rig1 et blo1;
AMPF=-12000.;
f1=force Fz AMPF w1;
f2=force Fz AMPF w2;
f3=force Fz AMPF w3;
f4=force Fz AMPF w4;
ftot= fg et f1 et f2 et f3 et f4;
```

Les points d'application des forces ponctuelles exercées par les patins ont été définis lors de la modélisation. Les forces sont appliquées aux points du maillage de la dalle les plus proches des points réels d'application (cf lignes de programme plus haut).

Enfin, pour finir nous avons défini les résultats à tracer (contraintes, déformée) et nous avons commandé le traçage.

```

depl= resou ritot ftot;
def1= defo depl tout;
sig1= sigma depl motot matot;
trac sig1 motot matot def1;
```

3) RESULTATS

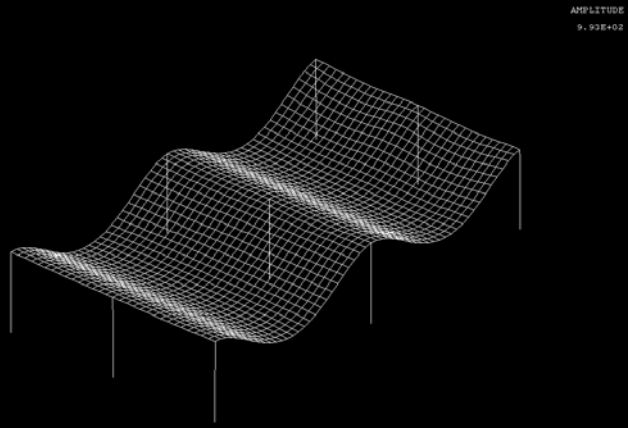
Pour vérifier la validité de notre programme, nous avons souhaité, dans un premier temps, appliquer l'équivalent de la somme du poids de la grue et de sa charge sur chaque patin. Nous pensions être dans une configuration « extrêmement » défavorable vis à vis de la répartition réelle de cette charge par les quatre patins. Cela avait pour but d'avoir un aperçu de la déformation et de la répartition des contraintes sans être toutefois réaliste.

Nous nous sommes alors aperçu que la charge que nous avons apportée était déjà négligeable vis à vis du poids propre de la structure du quai dimensionnée pour supporter d'autres efforts plus conséquents (accostage d'un bateau, pression de l'eau, stockage de marchandises, etc.).

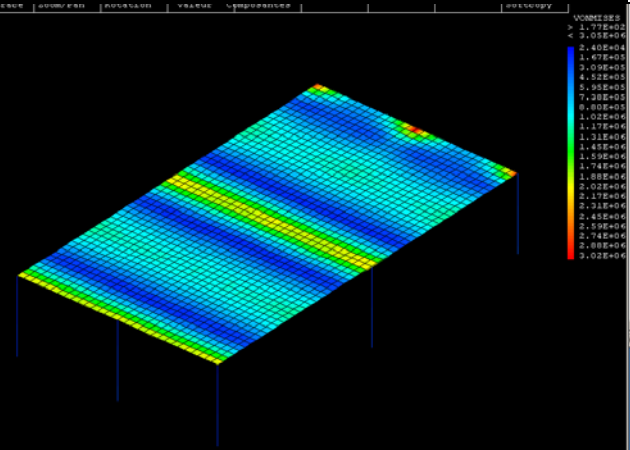
Nous avons alors été contraints d'abandonner l'étude de la variation des charges réelles sur les patins en fonction de charges et positions de flèche différentes.

Nous pourrions toutefois commenter l'effet du poids propre et grossir démesurément les charges de la grue pour voir une influence sur la dalle.

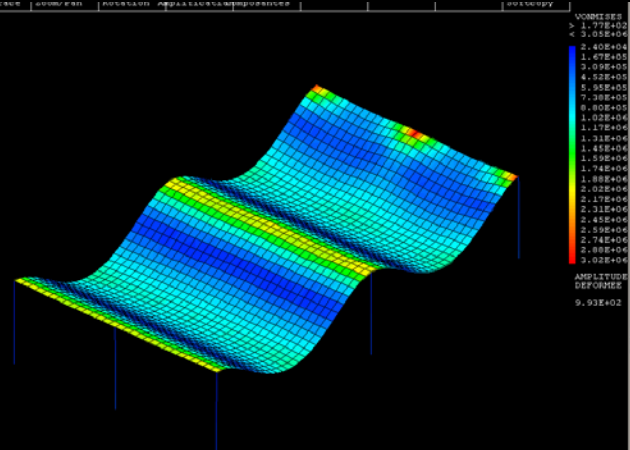
Déformée sous l'effet du poids propre et d'une charge de 12000 KN sur chaque patin



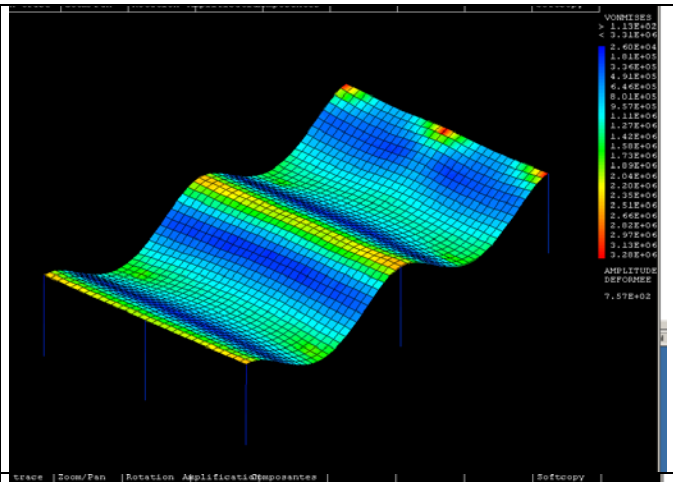
Contraintes sous l'effet du poids propre et d'une charge de 12000 KN sur chaque patin



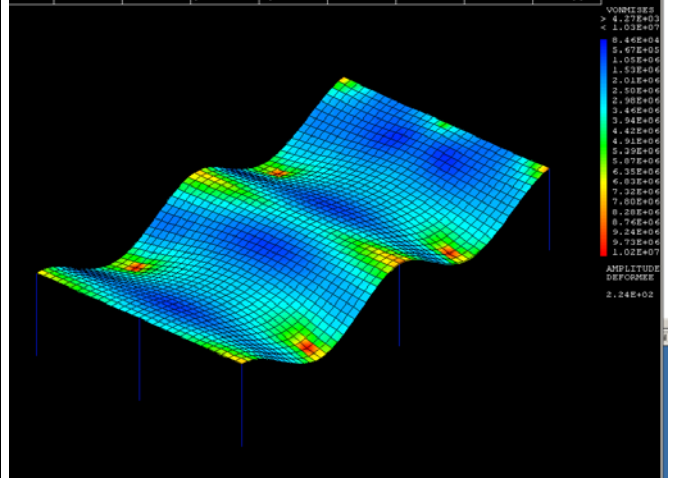
Somme des résultats



Résultat sous l'effet du poids propre et d'une charge de 120000 KN sur chaque patin



Résultat sous l'effet du poids propre et d'une charge de 1200000 KN sur chaque patin



4) COMMENTAIRES

On observe que les contraintes maximales de Von Mises se situent en milieu de travée et sur appui central. Les contraintes sont réparties sur la longueur des deux premières files de pieux, et ponctuellement au droit des pieux sur la troisième. Cette particularité s'explique peut-être par des charges plus faibles sur cette dernière : moins de poids de la structure, grue décalée sur l'autre partie. Ainsi les principales contraintes sont apportées par les pieux.

L'influence de la grue n'est pas apparente, elle n'est visible qu'en augmentant dix ou cent fois la charge sur chaque patin. On observe alors un poinçonnement et des contraintes locales plus importantes. Les contraintes au droit des pieux les plus proches des patins augmentent aussi.

5) CONCLUSION.

Notre étude s'est révélée peu explicite, la structure ayant été calculée pour un ensemble de conditions plus défavorables que la simple mise en place d'une grue. Nous avons tout de même pu avoir un aperçu de l'effet du poids-propre et nous familiariser avec le logiciel Castem. Nous aurions peut-être dû conserver notre idée de départ : l'étude de l'effet local d'un patin.