

# Abri de piscine

*Au début 1998, on m'a demandé d'analyser un abri de piscine sous l'aspect de la solidité aux contraintes naturelles, principalement le vent et la neige. L'idée de cette étude était plus une analyse de la combinaison des effets (formes et contraintes) qu'un justificatif d'assurance. Ce document devait servir aux concepteurs et ingénieurs comme ligne directrice au niveau technique.*

*C'est pour ces raisons que j'ai choisi une approche uniquement analytique afin que chacun puisse appréhender le plus directement possible les diverses influences des éléments. De plus, à l'époque je trouvais plus pratique de s'affranchir des méthodes de calcul informatique.*

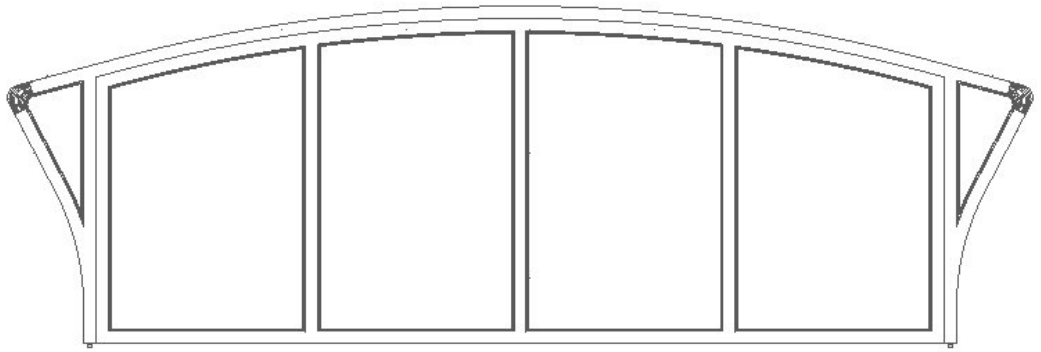
## Présentation de l'abri de piscine

*Je n'ai malheureusement pas de photo de l'abri de piscine complet et réel, mais cet abri ressemblait à ceux ci, c'est un empilage de tronçons gigognes :*

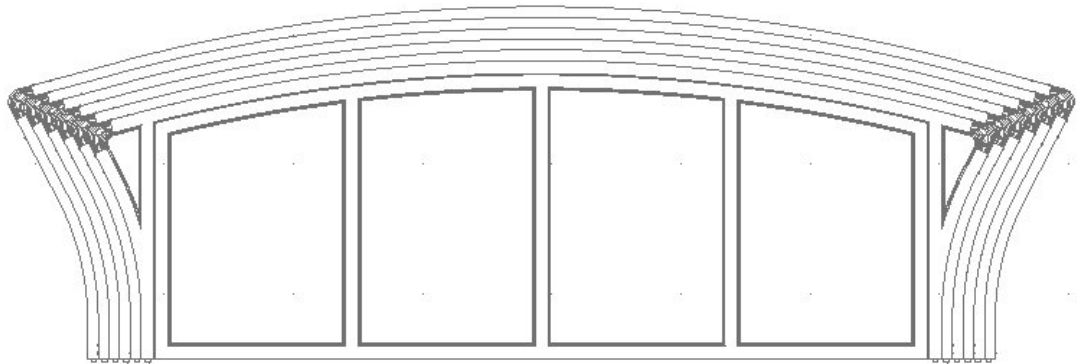


Voici les dessins techniques de cet abri de piscine :

Face avant avec porte



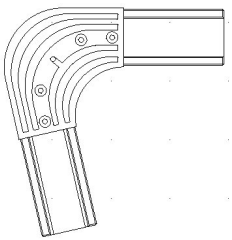
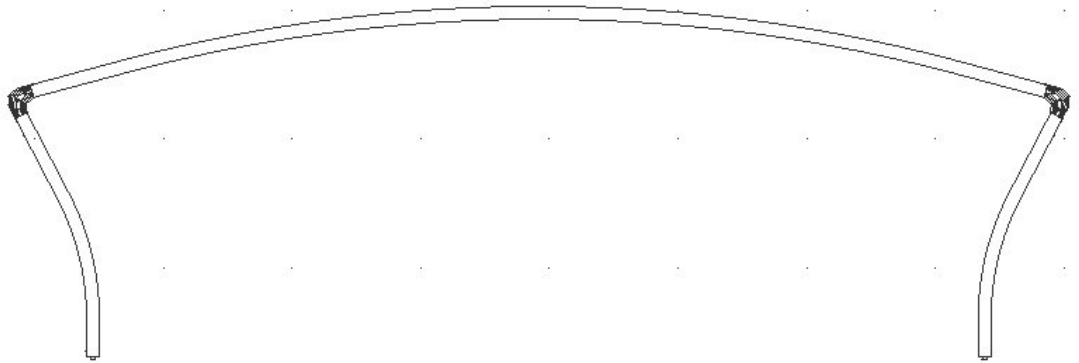
Vue de face avec plusieurs tronçons



## Partie portique

*On peut voir que ces abris sont conçus en tronçons "indépendants". En fait il y a bien une interaction entre les tronçons, mais dans cette première analyse j'ai considéré les tronçons comme indépendants, ce qui est plutôt défavorable au point de vue la solidité de l'ensemble. En observant un tronçon seul, on constate qu'il est composé de deux arceaux ou portiques (avant et arrière) reliés entre eux par des traverses. Entre ces éléments on trouve des plaques de Plexiglas. J'ai donc commencé par analyser uniquement les arceaux en les isolant du reste du tronçon.*

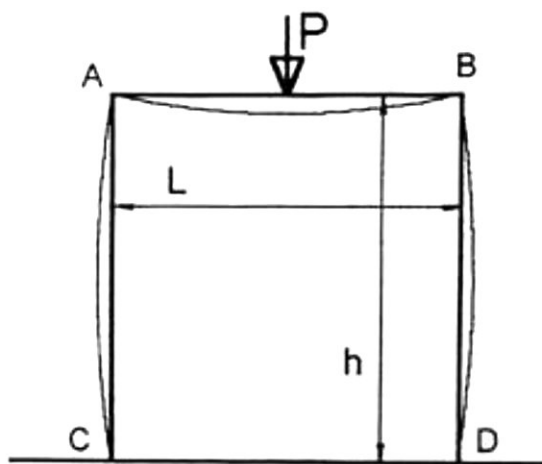
*Forme de l'arceau (portique) ainsi que le détail du raccord des poutres, pièce en aluminium moulé monobloc*



Il y a, dans la suite de l'article, quelques mots, concepts du domaine de la résistance de matériaux, vous trouverez en fin d'article un petit glossaire avec une courte explication simplifiée de ces notions. Les notions répertoriées sont mises en évidence en vert. Pour ce qui est des formules mathématiques, soit vous me faites confiance (ce qui n'est pas forcément la meilleure idée 😊), soit vous trouverez sur internet toutes les démonstrations concernant les cas étudiés. Quelques liens au hasard : [site 1](#), [site 2](#) et deux vidéos :

Je vais raisonner sur un portique simple (voir schéma ci-dessous, comme un but de football) afin de poser une première approche et comprendre le problème posé. Les lignes droites AC, AB et BD représente l'arceau sans l'effet de la charge P. Les lignes fines et courbes représente la forme du portique après la déformation du à la charge P.

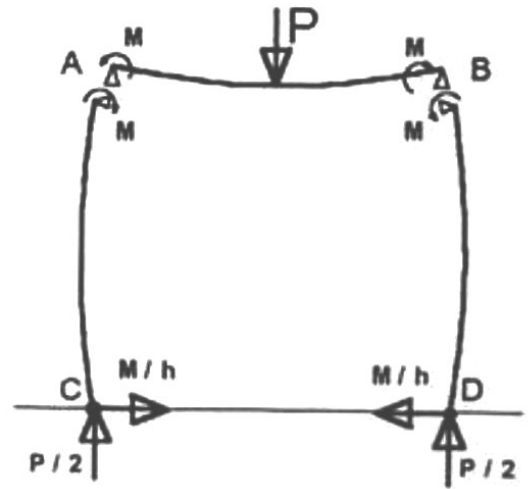
Pour résoudre ce problème classique on suppose :



- Les matériaux suivent la **loi de Hooke**
- La masse des éléments est négligeable
- Les appuis C et D sont des **rotules** (rotation libre)
- les sommets A et B sont indissociables
- Il n'y a pas de phénomène de **flambage**

Pour déterminer les efforts dans cet arceau (portique) **hyperstatique**, j'ai considéré ce portique comme un ensemble de trois poutres. La poutre horizontale AB est soumise en fait à

trois efforts, soit :



- La force extérieure  $P$ .
- Deux moments  $M$  qui représentent l'effet des poutres verticales  $AC$  et  $BD$  qui s'opposent à la libre rotation des extrémités.

La rotation de la poutre horizontale et celles des poutres verticales sont identiques. On constate que le seul élément statiquement indéterminé est  $M$ .

Donc en appliquant les formules traditionnelles, on trouve pour une poutre reposant sur deux appuis :

$$\alpha = \frac{PL^2}{12EI} - \frac{ML}{2EI}$$

Pour les poutres verticales  $AC$  et  $BD$ , une poutre reposant sur un appui et une rotule :

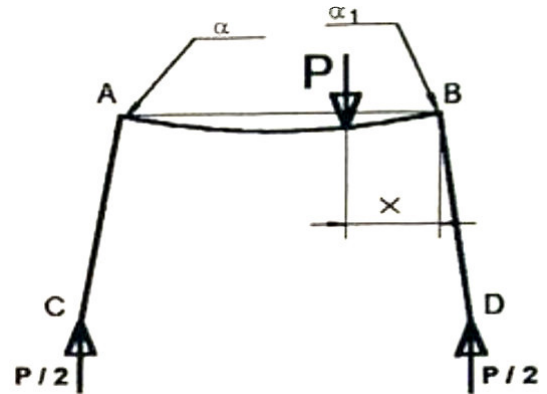
$$\alpha = \frac{Mh}{3EI_1}$$

Ce qui m'a permis de déterminer la valeur absolue de  $M$  :

$$M = \frac{PL}{8} \frac{1}{1 + \frac{2hl}{3LI_1}}$$

## PREMIERS "RECENTRAGES" VERS LA RÉALITÉ

Dans le cas de l'abri de piscine qui m'a été soumis, les points d'appui des poutres verticales ne peuvent pas être comparés à une rotule, car cet abri de piscine avait la particularité de ne pas avoir de rail de guidage, les roues posaient simplement sur le sol. Donc j'ai considéré les appuis aux sol comme "libre". C'est-à-dire que ces appuis n'empêchent pas le déplacement horizontal (latéralement et avant-arrière) des points C et D. De plus généralement la charge (force)  $P$  n'est pas centrée sur la poutre horizontale AB. Je repose donc le problème en ces termes :



L'augmentation de la distance C-D dépend directement du produit  $h \cdot (\alpha + \alpha_1)$ ,  $\alpha$  étant l'angle de rotation de la poutre. Le moment  $M$  est calculé comme précédemment, devient:

$$M = \frac{Px(L-x)}{2h} \frac{1}{1 + \frac{2hl}{3LI}}$$

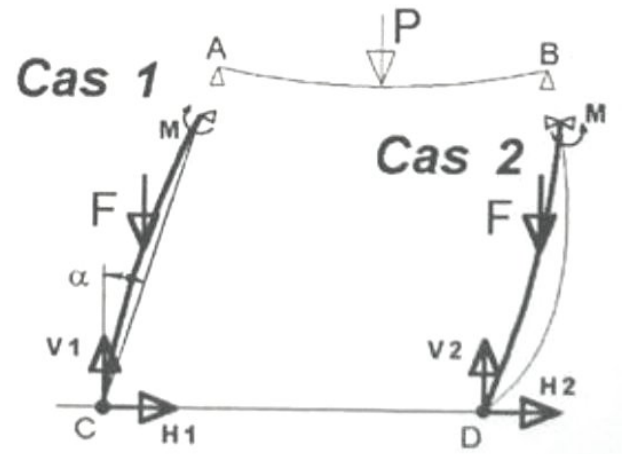
### REMARQUES :

- Dans tous ces calculs et hypothèses, il est clair que l'on parle de petites déformations, bien loin des schémas présentés.
- L'appui au sol du portique est en fait entre la rotule et l'appui glissant. Les roues qui soutiennent les tronçons ne roulent pas sur une surface parfaitement lisse. Ces roues ne glissent pas, car elles sont caoutchoutées, donc elles adhèrent au sol. On doit considérer ces appuis comme un entre deux (rotule fixe et appui glissant). Je reviendrais plus loin sur ce point.
- Quelques que soit les charges  $P$  (poids propre, neige, vent) on aura une tendance à

*courber les poutres verticales.*

## ANALYSE DES POUTRES VERTICALES

*En reprenant le portique étudié, on peut constater que suivant l'inclinaison de la poutre verticale (cas 1 et cas 2), l'effet de la force  $F$  provenant, par exemple de son poids propre, va soit dans le sens de la déformation soit en sens contraire.*



*On constate qu'au niveau des déformations :*

- CAS 1 : Les effets des charges s'opposent
- CAS 2 : Les effets des charges s'additionnent

*On peut tirer la première règle :*

*Un portique de forme "Cas 1" est plus stable qu'un portique "Cas 2" pour les charges verticales*

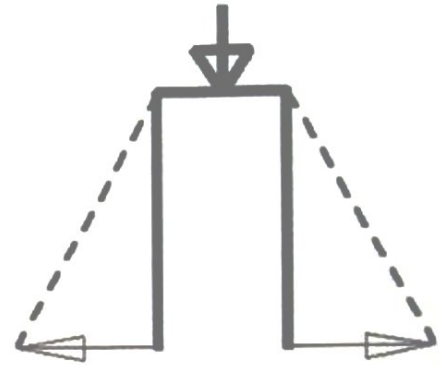
*En ce qui concerne les réactions aux niveaux des appuis C et D, on peut en admettant une inclinaison " $\alpha$ " faible dans les deux cas représentés :*

Appui C et appui D

$$V_2 = \frac{P}{2} + F \quad H_1 = -\frac{M}{h} \quad v_1 = \frac{P}{2} + F \quad H_2 = \frac{M}{h}$$

## FROTTEMENT PORTIQUE/SOL

Pour cet abri de piscine, les clients voulaient savoir si la forme Cas2 présente un inconvénient ou un avantage par rapport au Cas1 du point de vue de la tenue latérale au sol.



Pour déterminer le cas le “moins déformable”, j’ai comparé l’effort que le frottement statique devra compenser (bloquer) pour maintenir la forme en place. Pour ce faire j’ai considéré les portiques comme fixés au sol par des rotules.

Remarque : Il est cependant à noter que lorsque le portique se déplace le **coefficient de frottement** latéral diminue car le système roule. On remarquera que le portique a une tendance à “s’ouvrir/se fermer” latéralement assez facilement lors des manœuvres d’ouverture et fermeture de l’abri de piscine. Dans l’analyse demandée, on ne considère le système que statiquement.

nota : je ne me souviens plus pourquoi j’ai traité le sujet avec les coefficients de frottement plutôt qu’uniquement avec les forces horizontales mais en fin de compte c’est pareil.

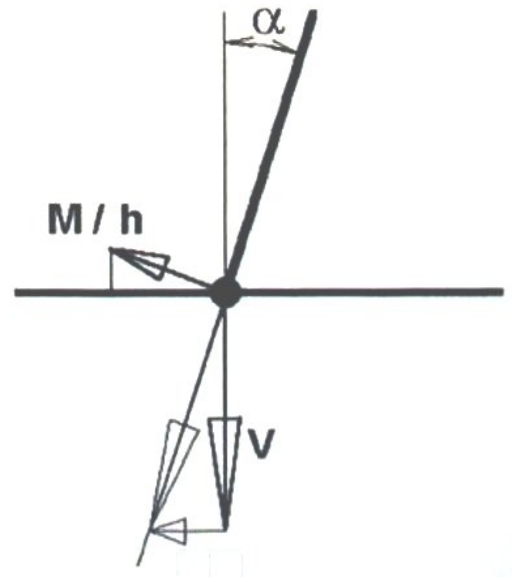
### Forme cas 1

Pour simplifier l’écriture des équations, les forces verticales seront admises que de type :



$V = \frac{P}{2} + F$  En décomposant les efforts sur la

rotule en un effort vertical  $E_v$  et un effort horizontal  $E_h$ . L'effort horizontal correspond lui à la force que doit représenter le frottement portique/sol si l'on veut que le portique ne s'ouvre pas. L'effet de l'inclinaison de la poutre verticale permet d'écrire, en admettant un portique infiniment rigide, donc la déformation des poutres est négligée.



$$E_h = \frac{M}{h} \cos \alpha + V \tan \alpha$$

$$E_v = -\frac{M}{h} \sin \alpha + V$$

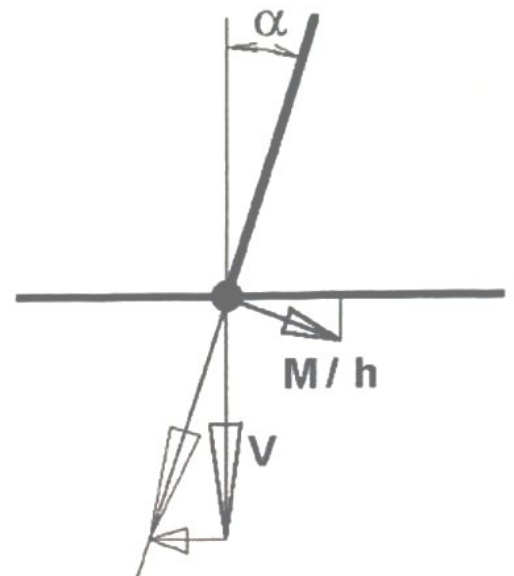
Dans ce cas de figure, on constate que le frottement doit "lutter" contre l'action conjuguée du couple  $M$  et de la force verticale  $V$ .

Le coefficient de frottement statique latéral sol/poutre est noté  $\mu_1$  et doit être au moins égal à pour éviter un glissement :

$$\mu_1 \geq \frac{E_h}{E_v} = \frac{V \tan \alpha + \frac{M}{h} \cos \alpha}{V - \frac{M}{h} \sin \alpha}$$

Forme cas 2

Comme pour le Cas1  $V$  représente les forces verticales et  $E_v$  et  $E_h$  les efforts horizontaux et verticaux sur la rotule.



L'effet d'inclinaison de la poutre verticale, en admettant un portique infiniment rigide, donc en négligeant la déformation des poutres :

$$E_h = -\frac{M}{h} \cos \alpha + V \tan \alpha$$

$$E_v = +\frac{M}{h} \sin \alpha + V$$

Dans ce cas de figure, on voit que le frottement doit "lutter" contre l'action de la force verticale  $V$  diminuée du couple  $M$ .

Le coefficient de frottement sol/poutre est noté  $\mu_2$  et doit être au moins égal à :

$$\mu_2 \geq \frac{E_h}{E_v} = \frac{V \tan \alpha - \frac{M}{h} \cos \alpha}{V + \frac{M}{h} \sin \alpha}$$

## COMPARAISON DES DEUX CAS

En comparant les coefficients de frottement (ou en comparant les forces horizontales) nécessaires pour le maintien du portique, j'ai obtenu :

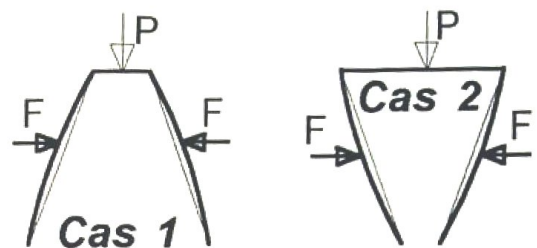
$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\frac{V \tan \alpha + \frac{M}{h} \cos \alpha}{V - \frac{M}{h} \sin \alpha}}{\frac{V \tan \alpha - \frac{M}{h} \cos \alpha}{V + \frac{M}{h} \sin \alpha}} = \frac{V \tan \alpha + \frac{M}{h} \cos \alpha}{V \tan \alpha - \frac{M}{h} \cos \alpha} > 1$$

Ce rapport  $\frac{\mu_1}{\mu_2} > 1$  signifie que la force de retenue nécessaire avec la forme "Cas2" est plus faible que dans le "Cas1".

*Un portique de forme "Cas 2" est moins sujet à "ouvrir/fermer" qu'un portique de forme "Cas 1".*

## FORCES HORIZONTALES

Quelques remarques sur l'effet des forces horizontales sur le portique. Les forces  $F$  vont diminuer les déformations dans les poutres verticales. Au niveau des réactions d'appuis sans faire de développement, on constate que dans le Cas1 les effets de  $F$  vont plaquer le portique au sol dans augmenter les composantes verticales tandis que le contraire se produit dans le Cas2.



Autrement dit, le Cas1 présente une meilleure "tenue au sol" que le Cas2. Il est à noter que cela est très sensible en cas de déséquilibre des forces  $F$  (prise au vent).

## CONCLUSION

*En cas de combinaison des forces  $F$  verticales et horizontales, il est très difficile de déterminer la forme de portique avantageuse. En effet cela dépend de l'intensité et de la direction de cette combinaison.*

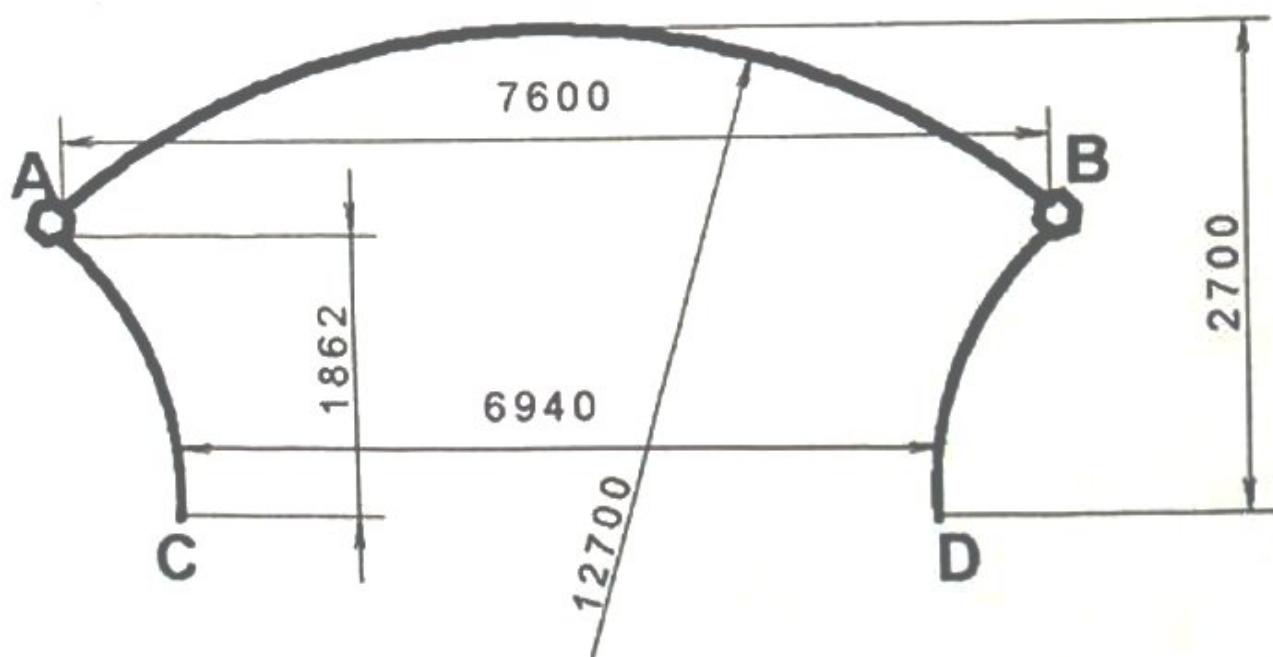
# Approche de la réalité

## Modèle

Dans cette partie je vais essayer de définir les "vrais" efforts sur un tronçon de l'abri de piscine. Une fois les dimensions des éléments fixées, on pourra définir les efforts extérieurs au tronçon, soit :

- la neige
- le vent
- l'humain (dans une moindre mesure)


Les autres sources de contrainte, par exemple les variations de températures, les séismes, etc ne seront pas abordés dans cette analyse. Ci-dessous le profil du portique défini par le client. Cette forme était importante autant pour une question d'esthétique que pour se démarquer de la concurrence.

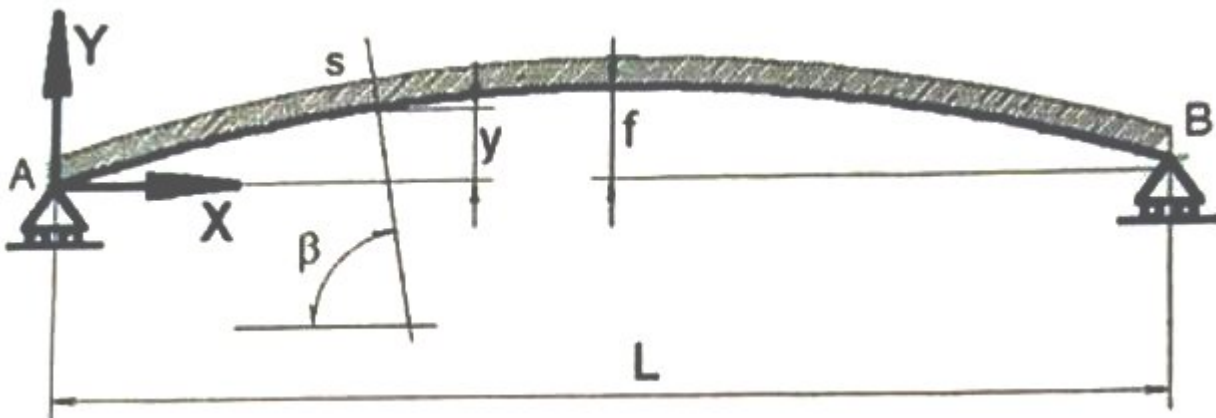


La forme et les principaux éléments constitutifs de chaque portique de chaque tronçon. La longueur (sens ouverture/fermeture) des tronçons est de 2.6m. Les portiques de chaque tronçon sont constitués de 5 éléments principaux, il y a deux portiques par tronçon :

- 1x poutre courbe AB
- 2x poutre courbe AC et BD
- 2x pièces de liaison en A et en B

## Poutre AB

C'est une poutre courbe posée sur deux appuis "rotule libre", qui peut être symbolisée comme : . Je ne tiens pas compte de la liaison au point A et B ou plutôt je la considère comme infiniment rigide.



Dans le cas d'une poutre plane, le moment  $M_v$  dû à la présence des poutres verticales, est déterminé par l'égalité des rotations en A ou B et vaut :

$$M_v = qL^2 \frac{1}{1 + \frac{2hl}{3LI_1}}$$

Dans le présent cas, la poutre est courbe, mais j'ai admis ce résultat comme correct, car la courbure est relativement faible et l'effet du rayon de courbure montre que la valeur calculée serait légèrement inférieure. Ce qui revient à dire que l'effet de la poutre horizontale seule sur une poutre verticale correspond au moment  $M_v$  et la force verticale  $qL/2$

## Contrainte et déformation

*J'ai donc pris 4 efforts en considération sur cette poutre à savoir :*

*le vent  $V$ , la neige  $n$ , le poids propre  $q$  et l'effet des poutres verticales  $M_v$*

*nota : le poids propre englobe l'ensemble de la structure. (l'ensemble de l'abri de piscine)*

### contrainte de flexion

*J'ai admis une poutre plane soumise à une force  $P$  et un moment  $M_v$ . Ces efforts donnent un moment maximum  $M=PL/2+M_v$  et donc une contrainte de flexion  $\sigma=Mn/l$ . Il est à noter que je n'ai pas pris en compte d'éventuels efforts sur les parois verticales, qui seraient naturellement repris par la poutre horizontale AB. Avec les valeurs du profilé envisagé ( $I=1132500\text{mm}^4$  et  $n=55\text{mm}$ ) la contrainte vaut  $\sigma=588\text{kg/mm}^2$ .*

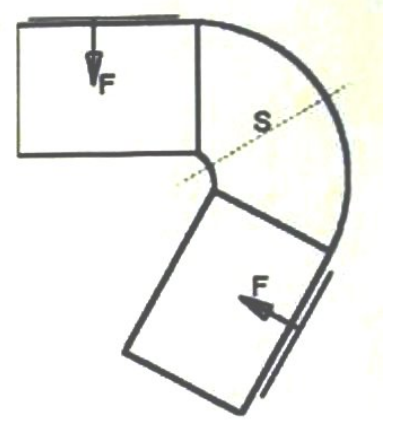
*Cette contrainte est à comparer avec une résistance à la rupture ( $R_m$ ) de l'aluminium qui vaut approximativement de 5 à 15  $\text{kg/mm}^2$ .*

### Conclusion

*Le profilé est très fortement sollicité à la flexion. Il est conseillé d'analyser plus finement les efforts et contraintes que subit cette poutre car le profilé ne semble pas convenir aux efforts en présence.*

### Pièce de liaison AB

Cette pièce qui doit reprendre le moment  $M_v$  est de forme ci-contre. Pour déterminer la contrainte dans la section  $S$ , on suppose que le moment  $M_v$  s'applique au début de la partie courbe de la pièce. La section prise en considération de la partie courbe est :



$$R=70\text{mm}, R_{\text{int}}=41.5\text{mm}, R_{\text{ext}}=91.5\text{mm} \text{ soit } A=(91.5-41.5)*22.5=1125\text{mm}^2$$

Pour définir les contraintes de compression et de traction dans la pièce, on définit préalablement la valeur  $e$  (distance *axe neutre - centre de gravité*)

$$e = \frac{h^2}{12R} \left( 1 + \frac{4}{15} \left( \frac{h}{2R} \right)^2 \right) = 3.08$$

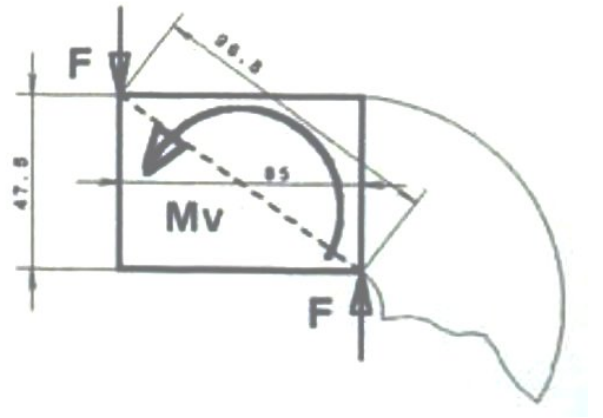
et on détermine les contraintes maxi de compression  $\sigma_c$  et de traction  $\sigma_t$

$$\sigma_c = \frac{M_v * h_1}{A * e * R_{\text{int}}} = 1855 \text{ kg/mm}^2 \quad \sigma_t = -\frac{M_v * h_2}{A * e * R_{\text{ext}}} = -1070 \text{ kg/mm}^2$$

Emmanchement pièce de liaison - profilé

La pièce de liaison doit "s'enfiler" dans le profilé des poutres, donc pour essayer de contrôler l'emmanchement des pièces, j'ai considéré que la partie de l'emmanchement aura fatalement du jeu. Ceci conduit à admettre que le profilé est soumis à un effort de style comme la figure ci-contre.

Je fais une analyse sous deux aspects soit : pression de contact et arrachement. Dans le cas de la pression de contact (pression de Hertz), c'est la déformation locale de la pièce, tandis que l'arrachement c'est une section du profil du profilé qui est arraché, voici le schéma des cas de charges étudiés.



### Pression de contact

Cas de contact cylindre contre plan (le bout de la pièce de liaison est arrondi  $r=1.5\text{mm}$ ). Sur les dessins de la pièce, c'est mentionné un chanfrein de  $1 \times 45^\circ$ , mais j'ai admis que pour une pièce coulée ce chanfrein "ressemble" à un rayon.

$$\mu=0.3, \quad F=Mv/L=12'125'000/96.5=125'000\text{kg}$$

$$b = \sqrt{128(2 - 2\mu^2) \frac{Fr}{LE}} = 164\text{mm}$$

la demi-largeur de contact  $b=164\text{ mm}$

ce qui correspond à une pression de contact  $p = 3F/4Lb = 2540\text{ kg/mm}^2$ . La valeur habituellement prise en compte comme pression admissible pour de l'aluminium est environ  $10\text{ kg/mm}^2$

### Arrachement

A : section résistante, 2 cotés du profilé,  $110 \times 2.5 \times 2 = 550\text{ mm}^2$

F : force d'arrachement ,  $125'000\text{kg}$

Soit une contrainte  $\sigma = F/A = 227\text{ kg/mm}^2$ . Cette contrainte est à comparer avec une résistance à la rupture admissible de l'aluminium qui se situe entre  $10$  et  $15\text{ kg/mm}^2$



## Conclusions

Flexion : La pièce est très fortement sollicitée, il est conseillé d'analyser plus finement les efforts et contraintes que subit cette pièce.

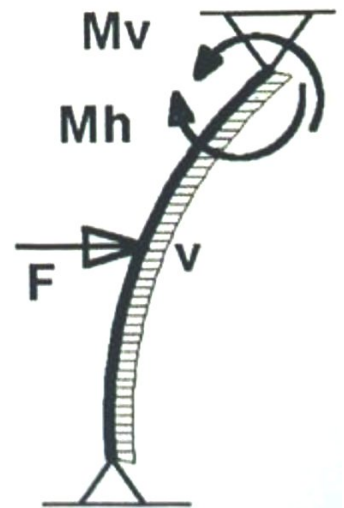
Pression contact : La pression de contact est telle, qu'une déformation apparaîtra très rapidement. Cette déformation permettra l'application d'un contact plan/plan qui diminuera les pressions de contact. Mais attention, les valeurs trouvées par rapport aux valeurs admissibles sont notablement différentes.

Arrachement : Pour la vision de l'arrachement, il est probable que l'hypothèse du calcul, la tranche verticale du profilé seule "travaille" est peut-être trop sévère. Mais la différence entre la contrainte probable et la contrainte admissible est telle qu'il est nécessaire de se pencher sur ce problème.

## Poutres AC et BD

Ces poutres seront considérées comme des poutres courbes de rayon  $R=2m$ . Les efforts particuliers sont en fait ; le vent et les personnes qui s'appuient sur la paroi.

Cas de charge pris en considération :



- La force  $F$  ponctuelle; une personne qui s'appuie sur la structure ( $F=80kg$ ), cette force peut-être négative ou positive
- La force  $V$  répartie ; le vent extérieur
- Le moment  $M_h$  ; l'effet de la reprise des efforts de la poutre AB
- Le moment  $M_v$  ; la reprise des contraintes que subi la poutre AB

## Traduction en valeurs numériques

Le vent  $V$ , effort normal  $Kn=Cn*q*k*F= 1.9*70*4.8=638.4kg$  soit un effort réparti sur les

deux poutres de chaque tronçon  $V=171kg/m$

$$Mh = h \frac{8vh \pm F}{8} \frac{1}{1 + \frac{2Ll}{3hl_1}}$$

soit  $Mh=160kgm$  à  $\pm 5kgm$ . Dans le cas de charge considéré (voir sur le schéma), on remarque que  $Mh$  et  $Mv$  sont opposés et donc que le moment à prendre en considération est en fait :  $Mt=Mv-Mh=12125-160=11965$  soit que le moment  $Mh$  (reprise des efforts) est négligeable environ 1.5% pour le moment résultant.

$$\sigma = \frac{Mn}{I_1} \quad \text{avec } M = \frac{Fh}{2} + Mt - \frac{vh}{8}$$

La contrainte de flexion dans une poutre droite, qui représente approximativement la poutre courbe est égale à Soit en fin de calcul  $\sigma=583 kg/mm^2$

## Conclusion

*Cas de contrainte élevée, même remarque que pour la poutre AB.*

## Remarque finale

*Cette remarque ne faisait pas partie du rapport de l'époque.*

*L'intérêt de cette première approche, a surtout été de montrer que la forme de la structure, les tronçons de l'abri de piscine, présentait des avantages également sur le plan de la solidité (ce que beaucoup ne pensaient pas), pour autant que la taille des profilés soient adaptés aux conditions météorologiques du plateau Suisse. L'autre atout du rapport était la démonstration des éléments à prendre en compte et comment les manipuler pour adapter les formes et structures pour obtenir l'optimum.*

---

# Annexes

## Valeurs pour les calculs

*L'ensemble des valeurs sont tirées de la norme SIA n°160 édition de 1970*

### Matériaux :

*Alliage d'aluminium masse volumique 2700 kg/m<sup>3</sup> (§2.3)*

*Dilatation aluminium : 0.024 ‰ (§25.2)*

*Module d'élasticité 7200 kg/mm<sup>2</sup>*

*Polycarbonate PC, masse volumique 1.2 g/cm<sup>3</sup> (plaque de 6mm épaisseur)*

### Charges :(§16.1, §16.2)

*Élément de toiture charge ponctuelle de 100kg*

*Effort horizontal hauteur main 80Kg*

*Neige (§23.1, §23.3, §23.4, §23.5)*

*altitude inférieure à 2000m  $ps=40+(H/55)^2$  mais au minimum 90 kg/m<sup>2</sup>, si l'inclinaison toit inférieure à 45°  
 $ps=ps*\cos(\alpha)$  si la neige peut glisser ? Il est possible 1/2 toit avec 1/2 neige autre 1/2 toit libre neige mouillée 400kg/m<sup>3</sup>*

*Vent (§26.1, §26.3, §26.6)*

*La pression dynamique  $q=70\text{kg/m}^2$*

*pression extérieure  $pa=Cpa*q$   $Cpa=0.9(p27 \alpha=0 A)$*

*effort tangentiel  $Kt=Ct*q*k*F$   $Ct=0.95 (p33 \alpha=0 \text{ cas } 1)$*

*effort normal  $Kn=Cn*q*k*F$   $Cn=1.9 (p33 \alpha=0 \text{ cas } 1)$*

*effort de frottement  $R=Cr*q*F$   $Cr=0.05 (p25)$*

*Divers*

*vent et séisme non conjugué (§22.9)*

*vent et neige sont simultanés (§23.8)*

*variation de température +/-30° (§25.1)*

*Séismes intensité VII Rosi-Forel (CH) déplacement horizontal acc  $b=g/50$  (§22.1,§22.3)*

## Valeurs numériques

*Le vent V*

*Le frottement du vent  $R=Cr*q*F=0.05*70*20=70\text{Kg}$  est également réparti sur les poutres AB du tronçon de l'abri de piscine. Soit par poutre une force tangentielle de 35kg,  $Vt=35\text{Kg}$ . La pression extérieure elle correspond à  $pa=Cpa*q=0.9*70=63\text{kg/m}^2$  soit ramenée aux poutres AB une force de  $63*20*1/2=630\text{kg}$  pour chaque poutre, que l'on peut également transformer en charge linéique  $v=83\text{kg/m}$ .*

### La neige n

La surface prise en compte  $F=7.6*2.6=20m^2$  est pour une neige "standard" à l'altitude moyenne de 500m (plateau Suisse)  $p_s=40+(500/55)^2=122.6kg/m^2$ . Poids de la neige  $20*122.6=2452kg$  à répartir sur le système de poutre AB (la partie latérale reposant sur ces poutres)  $n=1226kg$  réparti de façon uniforme, soit une charge linéique  $n=161.3kg/m$ .

### Le poids propre q

Pour estimer cette valeur, il faut évaluer le poids des divers éléments en présence: La plaque de plexiglas  $P1=1200kg/m^3*20m^2*0.006m*1/2=72kg$ . La poutre AB profil de 45x110 ép2.5mm soit 0.00078m<sup>2</sup> de section  $P2=0.00078*7.6*2700=16kg$ . Les traverses, même profil que la poutre AB  $P3=0.00062*2.6*2700=4.4kg$ . Les liaisons A et B que l'on approxime à 3kg. Ces poids sont répartis sur l'ensemble de la poutre AB (ce raisonnement peut sembler abusif pour les pièces de liaison A et B, mais pour cette première approche je pense que cela ne modifie pas vraiment le résultat). Le poids vaut  $72+16+4.4+3=95.4kg$  et donc  $q=13.5kg/m$ .

### L'effet de la poutre verticale Mv

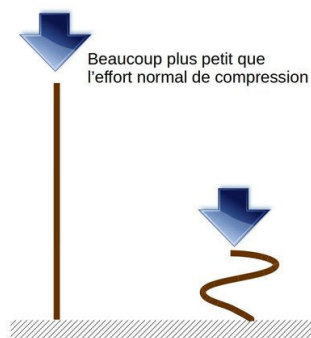
Les valeurs des moments d'inertie des poutres seront considérés comme identiques  $Mv=q*49.6m^2$ . Dans le cas de cet abri l'ensemble des forces en présence, nous amène que  $q'=q+V+n=83+161.3+13.5=257.8kg/m$ . Si l'on effectue le calcul, on obtient :  $Mv=12125kgm$ .

---

## Glossaire

- **Loi de Hooke** : signifie que le matériau est parfaitement élastique. Sa déformation est proportionnelle à l'effort qu'il subit.
- **Rotule** : Définis le point d'appui d'une structure. Rotule la structure peut "tourner" autour d'un point fixe.
- **Flambage** : C'est le fait qu'une longue tige peut s'écrouler sous une charge qui est dans

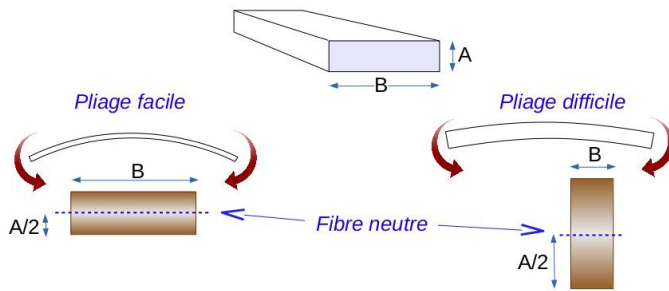
son axe longitudinal.



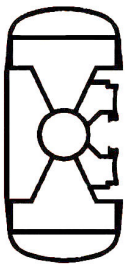
- **Hyperstatique** : Se dit lorsque un objet a plus de points d'appuis que le strict nécessaire à son maintien. Le meilleur exemple est une table avec trois pieds sera toujours stable (non bancal) quelle que soit la longueur des pieds, mais une table normale à quatre pieds, il est souvent nécessaire de mettre une cale, car elle est hyperstatique ("plus que statique")

et un des pieds est "en l'air".

- **Axe neutre** : Zone, lieu dans un pièce ou il n'y a pas d'effort de compression ou de traction. Exemple si l'on plie une règle la partie centrale n'est pas raccourcie ou allongée.



- **Centre de gravité** : centre d'équilibre d'un objet.



- **Profil envisagé** : Dans le cas de l'abri de piscine étudié le profilé avait cette

allure (voir image à droite).

- **Coefficient de frottement** : c'est le rapport entre la force de frottement et le poids d'un objet, généralement il est noté  $\mu = F_f / P$