

Exercise 3

**Preliminary design of the
Trift Dam**

CML-411

Enrico Pinelli
Dr. Pedro Manso

- (Brief) Introduction to arch dams
- Basic considerations for exercise 3
- Presentation of the case study
- Content of exercise 3
- Trial-load method
- ADSAS

Moiry Dam



■ Advantages

- Transmission of the water pressure over the valley flanks through arch action
- 3-dimensional hyperstatic system: high bearing capacity reserve
- Reduced concrete volume (but cost of concrete and formwork slightly higher)
- Reduced uplift effect (but important seepage gradients under the foundations)

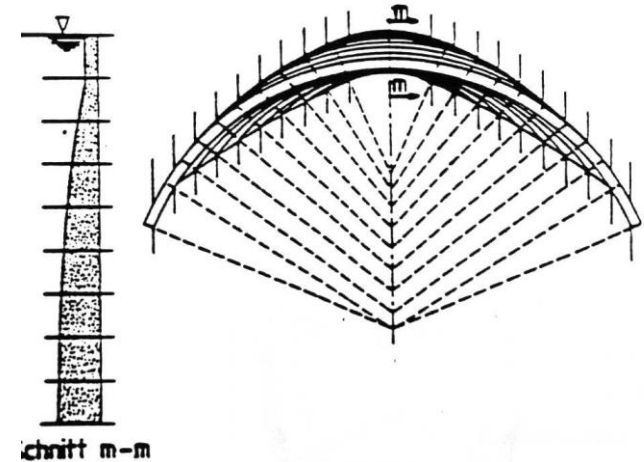
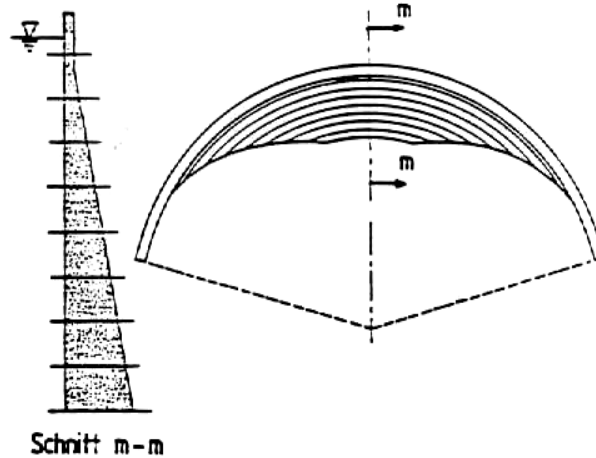
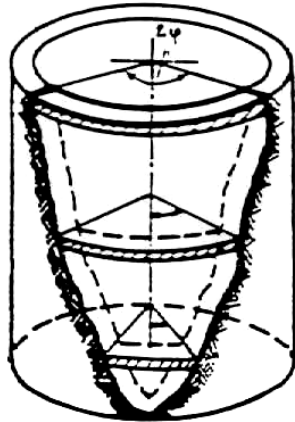
■ Constraints

- **Topographical** (valley shape) and **geological** criteria (rock quality/abutment stability)



Cavagnoli Dam

- Simple curvature arch dams
 - Similar to a cylinder with varying thickness in function of the pressure
 - Variable radius to improve the bearing capacity of lower arches



Introduction to arch dams

- Variation of the radius with height



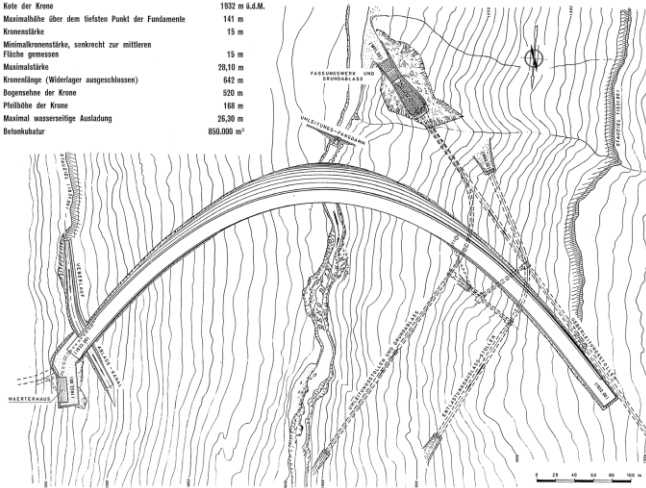
Mauvoisin Dam

- Double curvature arch dams
 - Curvature of vertical (cantilevers) and horizontal sections (arches)
 - Optimization of the single curvature arch dams
 - Distribution of the stresses through the arches AND cantilevers

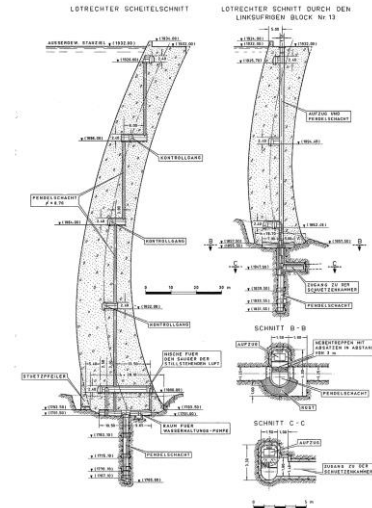
STAUMAUER - LAGEPLAN

MERKMALE

Kote der Krone	1932 m ü.d.M.
Maximalhöhe über dem tiefsten Punkt der Fundamente	141 m
Kronensärke	15 m
Minimalkronestärke, senkrecht zur mittleren Fläche gemessen	15 m
Maximalhöhe	28,10 m
Kronenlänge (Widerlager ausgeschlossen)	642 m
Bogenweite der Krone	920 m
Fläche der Krone	188 m
Maximal wasserseitige Anclutung	26,20 m
Betonabohr	858.000 m ³



Valle di Lei Dam



- Arch forms
 - Circular arches
 - Parabolic segments
 - Elliptical arches
 - Logarithmic spiral segments
- Goal:
 - Improve the incidence angle and the stresses near the foundations
 - Adapt to the valley geometry

Moiry Dam



Basic considerations for exercise 3

- Preliminary design of an arch dam
- Documents:
 - Design, Safety and Operation of Dams (A.J. Schleiss and H. Pougatsch)
- Considerations:
 - The valley is assumed to be symmetric
 - The cantilever is placed in the center of the valley (point of highest height)
 - No freeboard is considered
 - Load cases:
 - Empty reservoir
 - Full reservoir

Case Study – Trift Dam

- Berner Oberland
- Project for a new reservoir with 85'000'000 m³
- Construction of a hydropower plant with 80 MW



Actual situation - swissinfo.ch

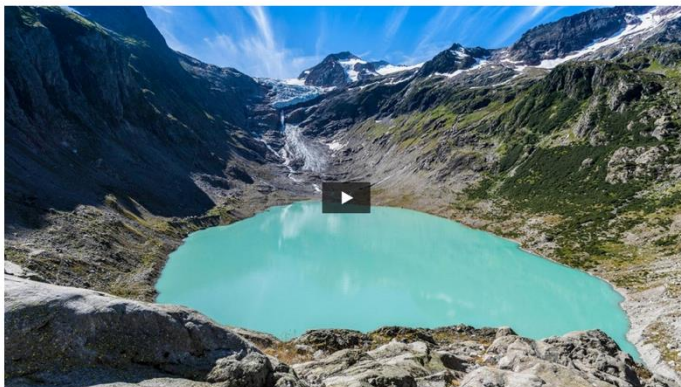


Dam in 2028 - Kraftwerke Oberhasli (KWO)

Case Study – Trift Dam

RTS article from 13.10.2022

Des projets de barrages naissent grâce à la fonte des glaciers



Conséquence du réchauffement climatique, les nouveaux lacs glaciaires offrent un potentiel hydroélectrique / 19h30 / 2 min. / mercredi à 19:30

En 20 ans, le glacier de Trift, dans l'Oberland bernois, a laissé la place à une étendue d'eau. Chaque année, 18 nouveaux lacs apparaissent en Suisse, ils attirent les convoitises des producteurs d'électricité. Le réchauffement climatique serait aussi une opportunité énergétique.

Accroché sur la face nord des Alpes bernoises, à plus de 3000 mètres d'altitude, le glacier de Trift semble à l'agonie. Victime du réchauffement climatique, il laisse la place à une vaste étendue d'eau.

D'ici 2035, le lac pourrait servir de bassin de rétention pour la production d'électricité, affirme mercredi au 19h30 de la RTS Benno Schwieger, responsable de projets des **Forces Motrices de l'Oberhasli** (KWO). "Le lac existe déjà aujourd'hui, c'est un endroit idéal pour construire un barrage. C'est un des maillons de la lutte contre le changement climatique."

Estimé à 318 millions de francs, le futur barrage de 170 mètres de haut pourrait produire de l'électricité pour près de 30'000 ménages.

Nouveaux barrages envisagés

Chaque année, près d'une vingtaine de lacs apparaissent en Suisse. Une bonne nouvelle pour la **stratégie énergétique 2050** de la Confédération, qui prévoit un développement de la force hydraulique en Suisse. Pour atteindre les objectifs, un rehaussement de certains barrages ou la construction de nouvelles centrales hydroélectriques en haute altitude sont **envisagés par les chercheurs**.

>> Lire aussi **En proie au réchauffement climatique, de nombreux glaciers suisses sont sous surveillance**

Mais selon Wilfried Haerberli, glaciologue à l'EPFZ, le potentiel hydroélectrique de l'eau de fonte des glaciers est moins important qu'imaginé. "Il faut se rendre compte que le potentiel est assez limité ; on estime de façon optimiste que le potentiel représente entre 10% et 14% de ce qui existe déjà."

L'alternative du pompage-turbinage

D'autres techniques pour profiter de ces nouveaux lacs de montagne sont explorées. Le pompage-turbinage, qui permet de tirer parti de deux lacs à différentes altitudes pour produire et stocker de l'énergie. "Avec les lacs de réservoir, on a une source d'énergie que l'on peut activer en une minute. Et pour la sécurité du système de courant en Europe qui est un système extrêmement compliqué, la question devient fondamentale", explique Wilfried Haerberli.

>> Lire aussi: **La centrale hydroélectrique de Nant de Drance a été inaugurée en grande pompe**

Reste que les producteurs d'électricité ne sont pas les seuls à vouloir exploiter ces nouveaux lacs, beaucoup y voient aussi une réserve d'eau précieuse pour l'alimentation ou l'agriculture. Plusieurs associations s'opposent déjà au projet de barrage de Trift.

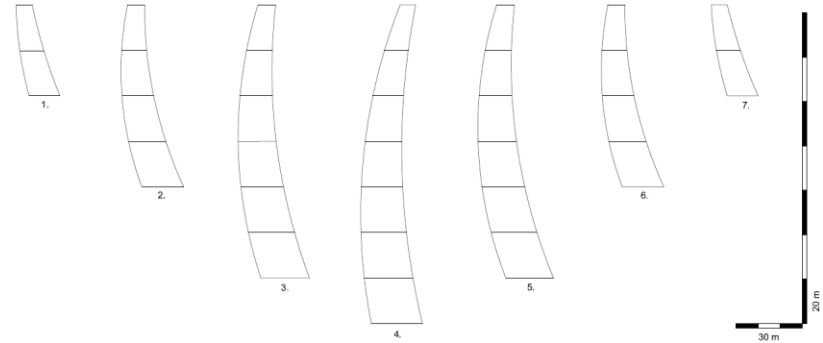
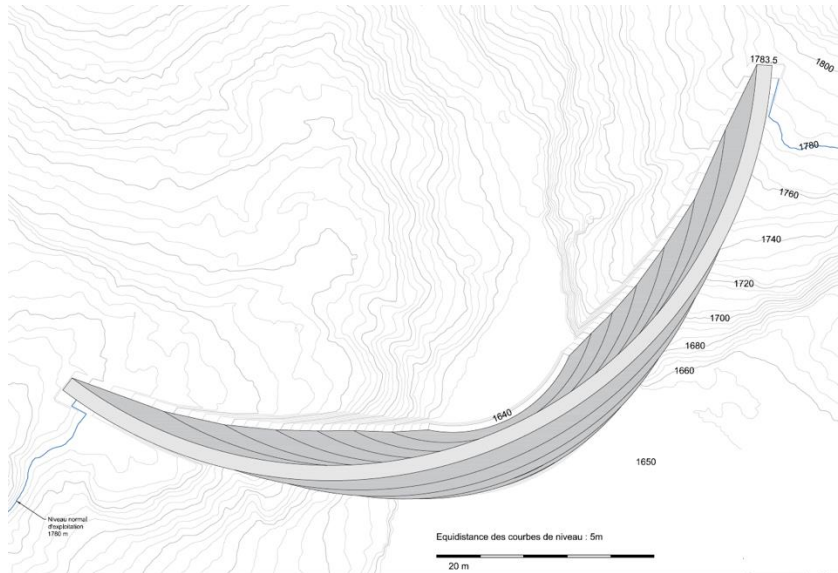
>> Lire aussi **Les deux plus gros projets hydroélectriques des Alpes bernoises sont compromis**

Reportage TV : Julien von Roten

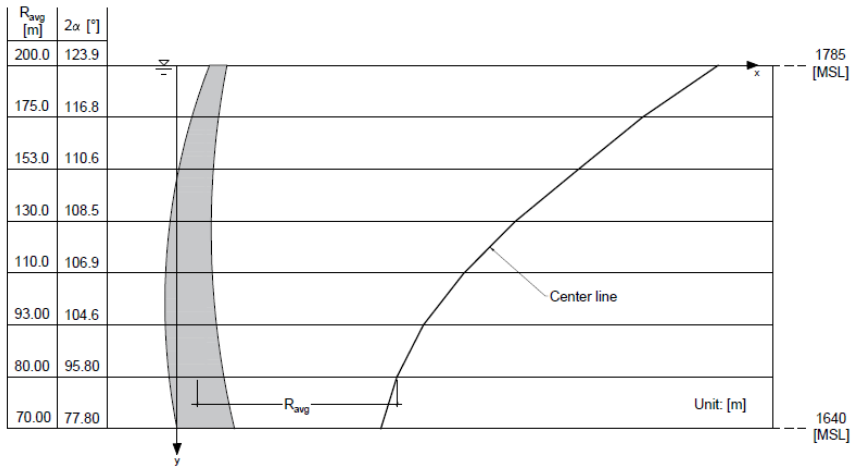
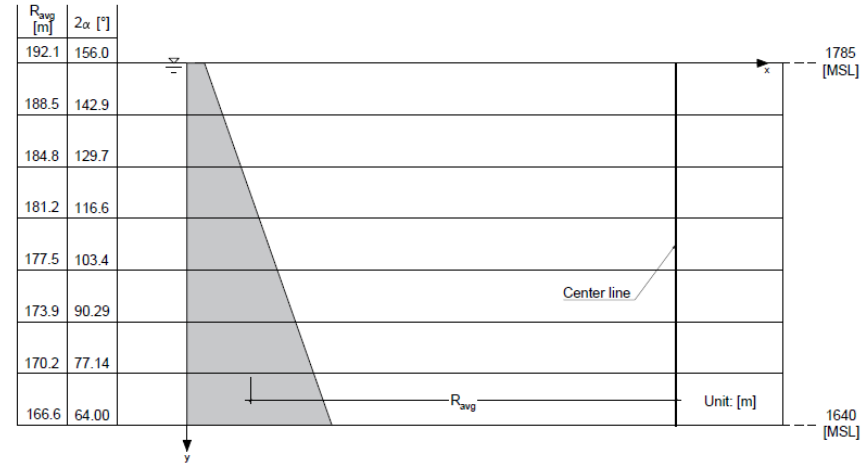
Adaptation web : Miroslav Mares

Case Study – Trift Dam

- Study of single and double curvature variants for an arch dam with a height of 145 m, adapted to the topography
- 2 variants will be studied and compared



- Geometric definition of the arch dam with one cantilever and three cylindrical arches.

Double curvature
variantSingle curvature
variant

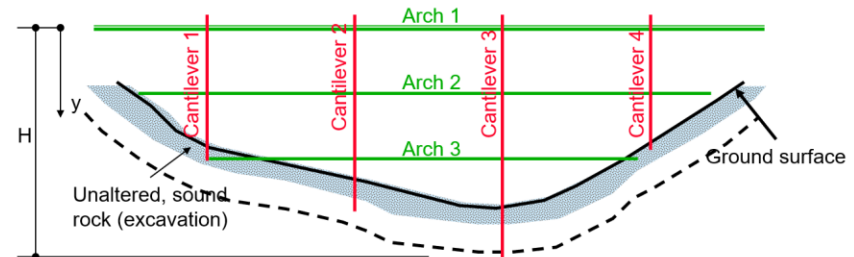
- Determine the water pressure distribution between the cantilever and the three arches with the **trial-load method** ($E_R/E_B = 0.5$) at a full reservoir.
- Calculate the stresses for the normal load case with full and empty reservoir:
 - At the crown and onset of the arches;
 - At the foot of the cantilever.
- Sketch the stresses in the cantilever and arches.
- Analyze the stresses (verification of the dam strength).

Excel

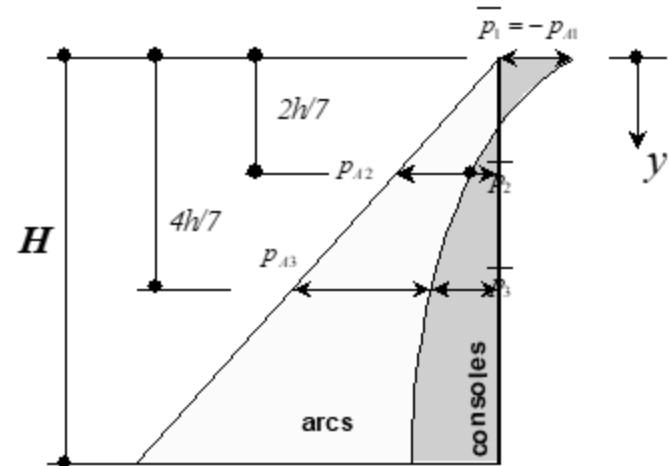
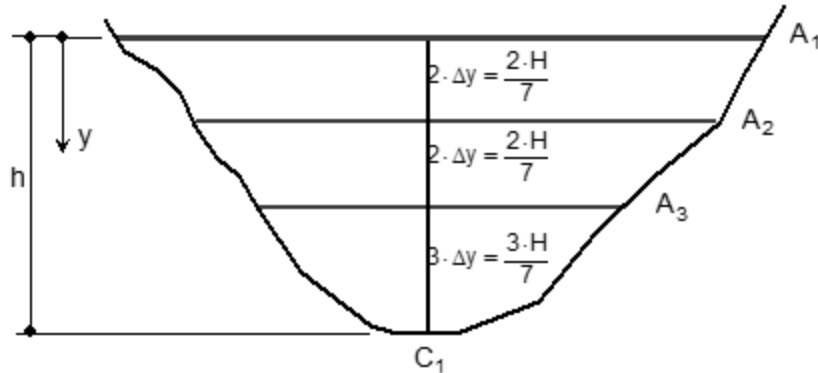
Exercise 3

- Compare the results of the two given geometries.
- If necessary, suggest a geometry modification to eliminate tensile stresses.
- Discuss the plan view of two geometries as well as possible improvements.
- Evaluate the volume of concrete required for the two variants.
- BONUS: Reproduce the analysis of the double-curvature variant using ADSAS.
- BONUS: Comment on ADSAS results.

- Replace the dam with an orthogonal beam system
 - Horizontal arches
 - Vertical cantilevers
- Bearing capacity analyzed in two directions
- Distribution of the water pressure on horizontal arches and vertical cantilevers
- Elastic deformations of arches and cantilevers
- Compatibility of deformations at intersecting points between arches and cantilevers $\delta_{A,i} = \delta_{C,i}$



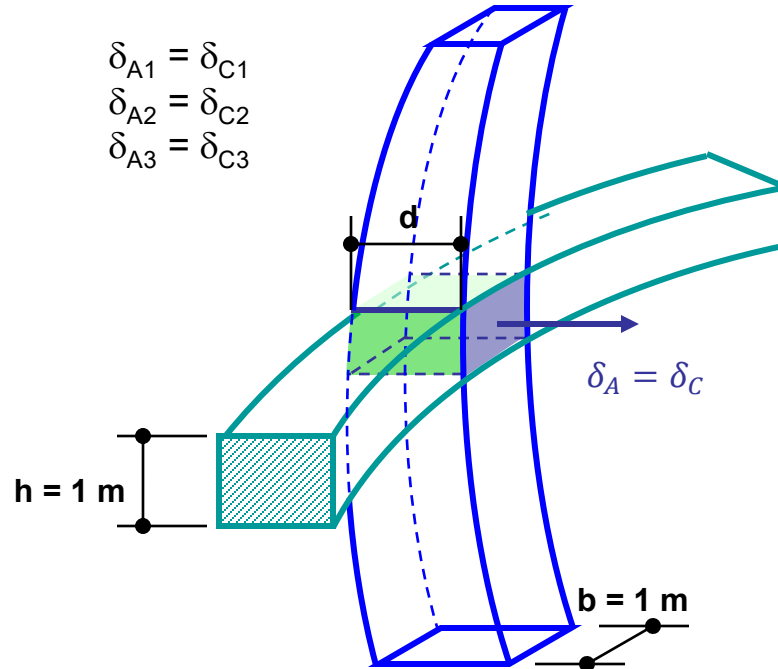
- Simplified model for preliminary calculations
 - 3 arches
 - 1 cantilever placed at the point with the highest height (center of the valley here)
- Objective: distribution of the water pressure between arches and cantilever



- Compatibility of the deformation at each intersection point

Arch deformation

$$\delta_A = \beta_i \cdot \frac{p_A \cdot R_{moy}^2}{d \cdot E_B}$$



Canteliver deformation

$$\delta_C = \sum \frac{MM'}{EJ} \cdot \Delta y + \sum \frac{QQ'}{GF'} \cdot \Delta y + \delta^*$$

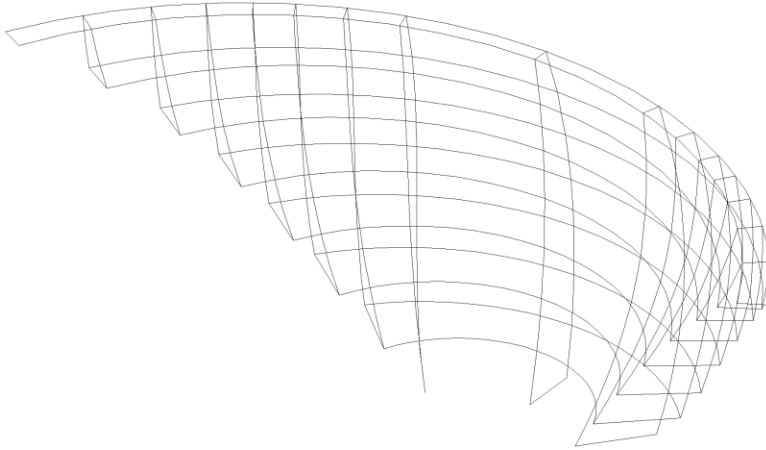
- Example of Punt dal Gall chapter 15.4.3.7 p. 358/378/376 (page number depends on the version)
- To complete the Excel table for a first time
- Then change the geometry for the two variants of the Trift Dam

- Developed by **U.S. Bureau of Reclamation (1960s)**
- Implements the **Trial-Load Method** for elastic analysis of arch dams
- Modern executable and interface developed by *Emmanuel Robbe (EDF)*
- Used to **verify** the analytical results for the **double-curvature variant** of the Trift Dam (BONUS)

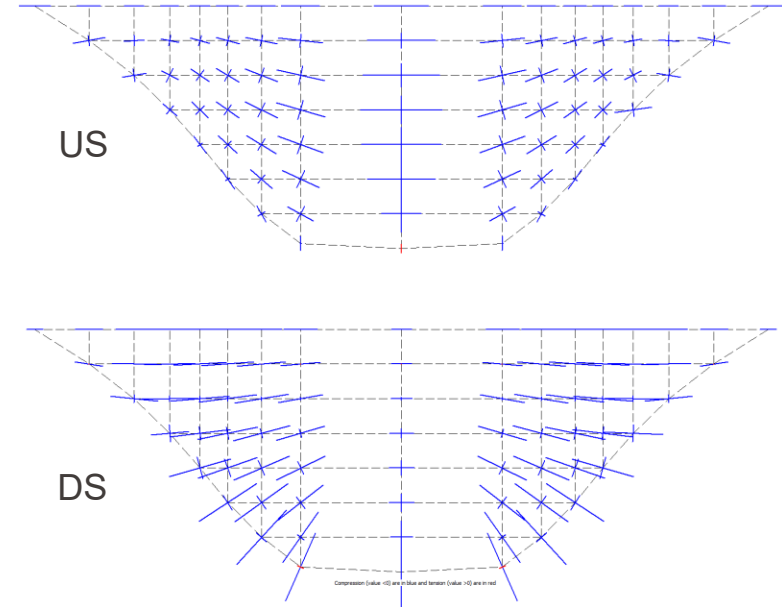
Robbe, E., & Salamon, J. (2024).

Using past experience in modern analysis of arch dams.

Geometry



Principal Stresses



- Classical report
 - Maximum 12 pages
 - Legible figure
 - PDF document
 - Moodle assignment
- **Deadline : 17/11/2025 at 23h59!**