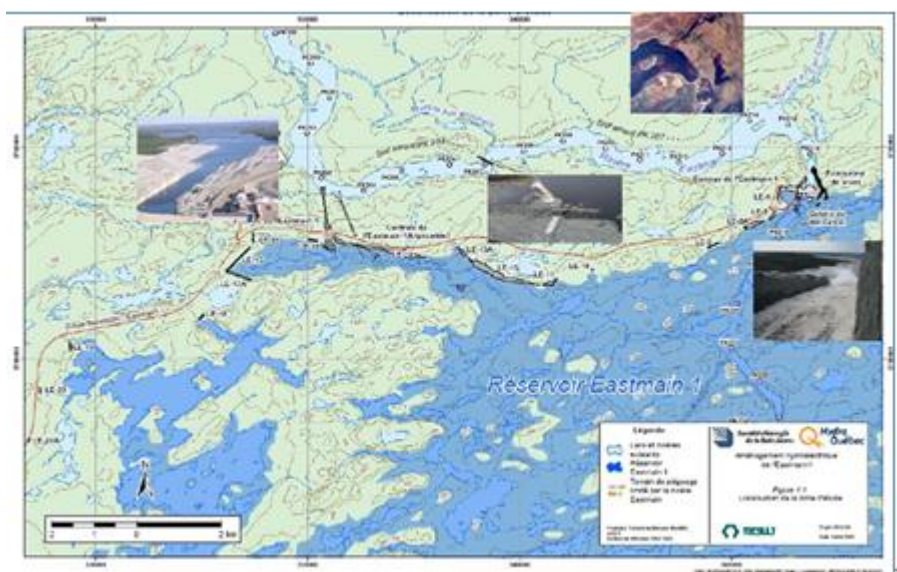
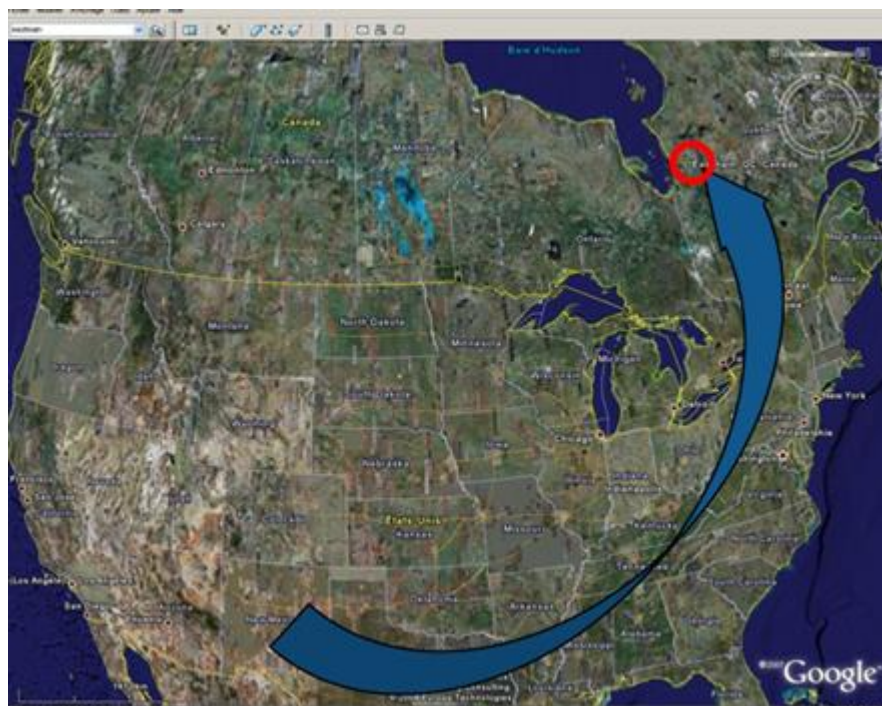


FLOW-3D在鱼梯最佳化设计上的应用

简介:

- 2005~2006 年，SEBJ (Hydro-Quebec) 在加拿大魁北克省詹姆斯湾的伊斯特梅恩河 (Eastmain River in James Bay, Quebec, Canada.) 建造了一座鱼梯。
- 在 2006 及 2007 两年，在 接续的研究中发现原本设计给鱒鱼的鱼梯并没有发挥希望的效果。
- 因此，决定采用 FLOW-3D 针对这座鱼梯进行数值模拟计算，找出鱼梯设计上可能的问题，并且加以解决!

计划位置:



- Eastmain-1 project 计划中，在伊恩斯特大坝的下游 14 公里处有一个 480 MW 的发电厂。
- 在该处有一座泄洪堰以及一座鱼梯，鱼梯的设计是为了让鱼类能够顺利进入附近小溪的产卵区。
- 大家一致认为采用鱼梯的概念，希望能够设计出最大的流量，以吸引鱼类往鱼梯的位置游动，迁移至上游。
- 该鱼梯长度达 150 米，由 17 个混凝土墙组合而成。这些混凝土墙长度为 15m，混凝土墙设计了相当深的凹型槽，能够让底栖鱼类使用。鱼梯的底部以大石头铺设。
- 鱼梯的高度落差为 3 米。
- 在正常的繁殖季节，鱼梯位置的流量为最大流量（ $22 \text{ m}^3/\text{s}$ ）的 45%，鱼梯凹型槽位置的最高速度为 $2,6 \text{ m/s}$ 。



鱼梯最佳化设计前的状况

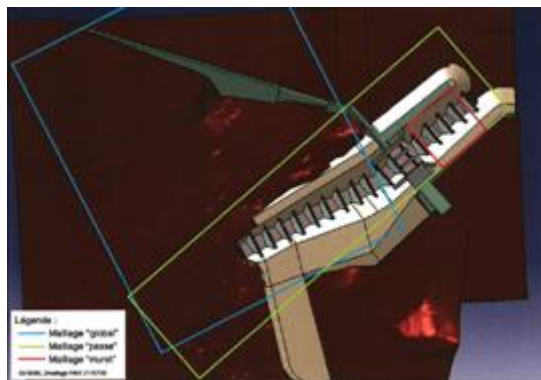


有待解决的问题：

- 在 2006 以及 2007 年的相继研究中，发现鳟鱼以外的鱼种可以顺利使用该鱼梯（但是鳟鱼却不行）。
- 研究指出了两个可能的问题：该鱼梯无法吸引鳟鱼，或者是该鱼梯的水流速度过快。
- 最佳化的设计关键

- 减少水流于鱼梯位置的流速，避免鱼群从泄洪堰走，吸引鱼群走鱼梯的位置。
- 让鱼梯位置的水流速度在短距离内（1~2m）降低至 1.8m /sec。

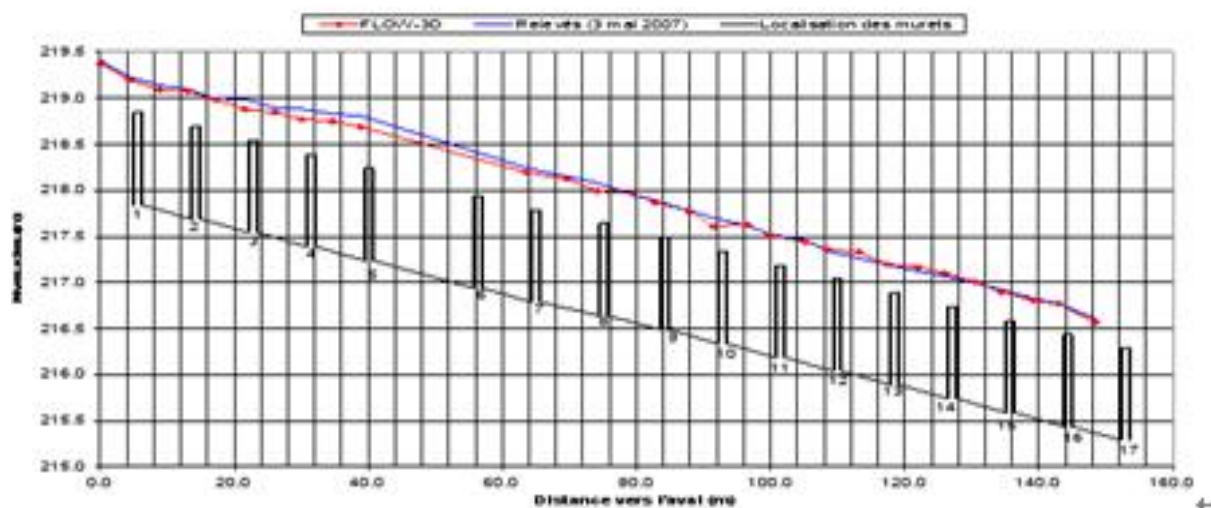
FLOW-3D 分析模型设定



Meshes	Dimensions (m)	Nb of mesh cells	Mean cell sizes (m)
Regional	x : 143	2 046 000	x : 0,5
	y : 170		y : 0,5
	z : 8		z : 0,4
Local (Muret)	x : 30	655 000	x : 0,2
	y : 29		y : 0,2
	z : 4,8		z : 0,15
Fishway (Passe)	x : 215	5 427 000	x : 0,3
	y : 57		y : 0,3
	z : 7		z : 0,2

此分析项目中，采用了三种不同的网格尺寸，CAD 图档的部份则是分为三大部分：

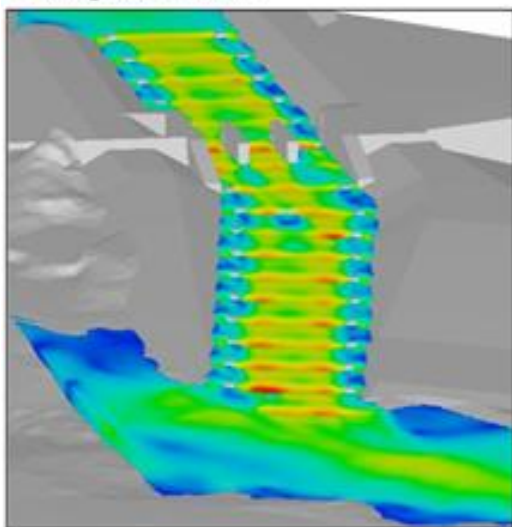
- 区域模型（regional model）：包含了河流以及鱼梯附近的地形
- 局部模型（local model）：包含了凹型槽以及鱼梯周围的导流设计
- 鱼梯模型（fishway model）：包含了鱼梯的排列设计



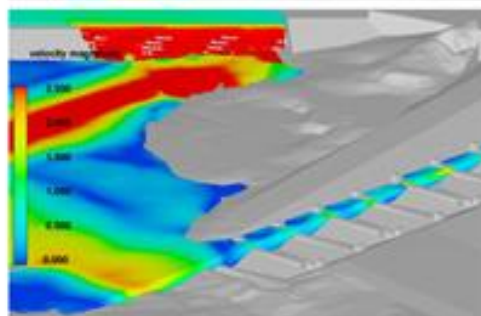
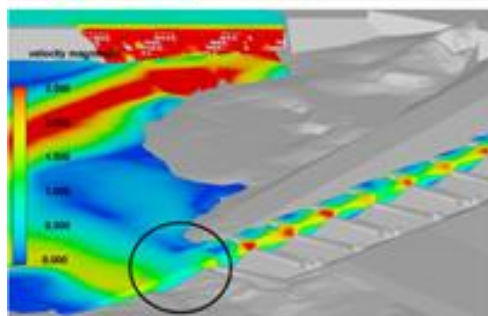
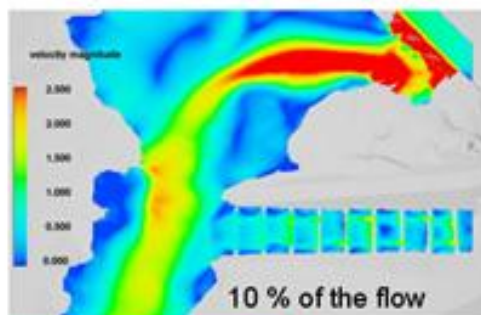
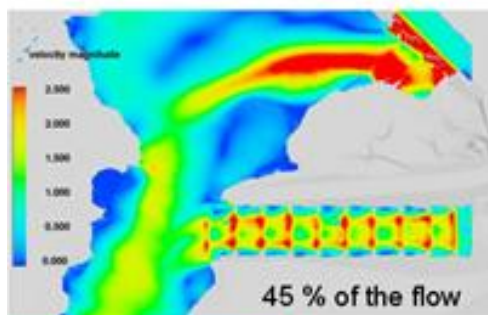
- 研究显示，FLOW-3D 分析结果得到的水流高度与实际量测的高度几乎完全一致。
- 124 个实际量测点中，有 80 % 的结果与分析结果几乎重合。
- 由于实际流场相当紊乱，有时候同一个位置甚至会量测到两组差异极大的速度，因此我们对于目前 FLOW-3D 得到的结果相当满意。

分析结果与实际照片比对

Modélisation des écoulements
Passe migratoire du PK 207

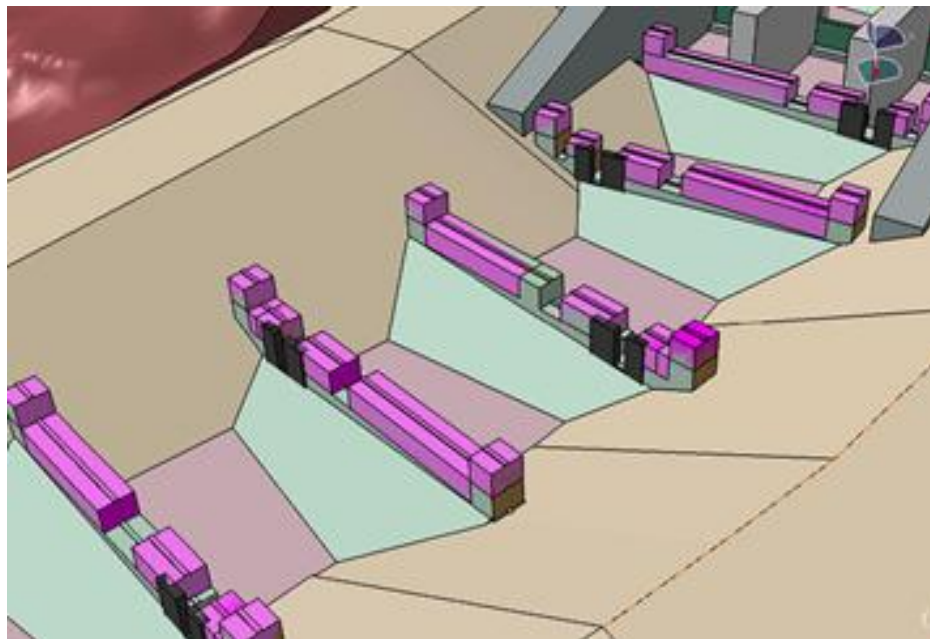


Passe migratoire du PK 207 (6 juin 2007)



分析结果显示，调整鱼梯的设计，可改变通过鱼梯的水流量大小

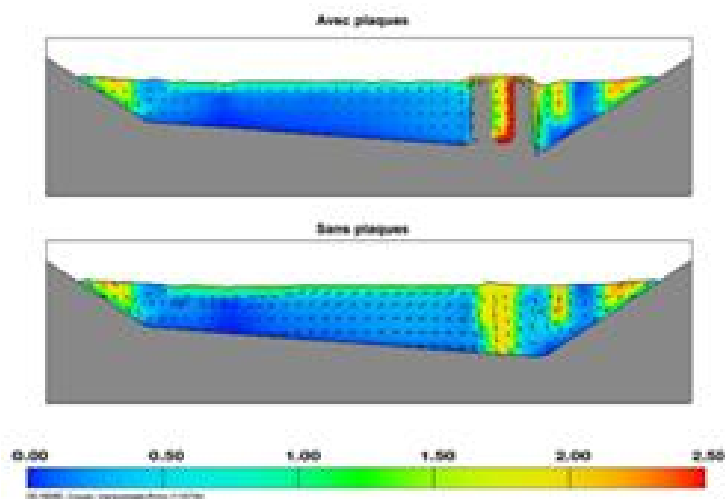
鱼梯的凹型槽与导流槽设计



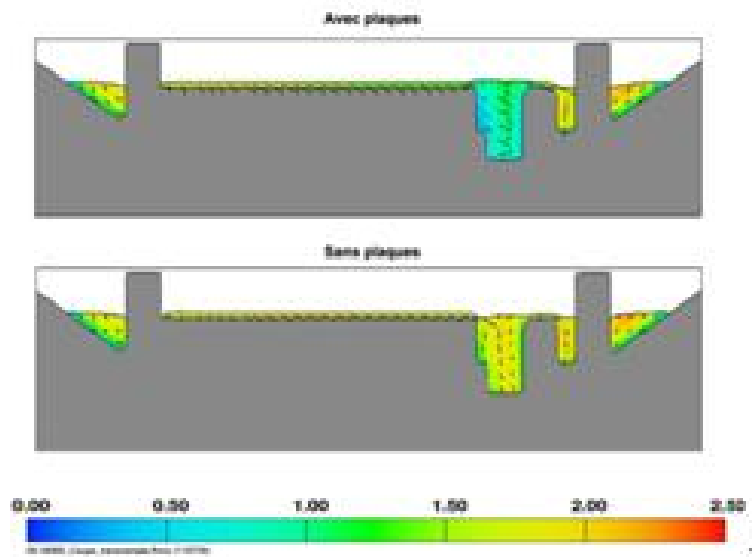
上图显示鱼梯的修改方式。粉红色是凹型槽的设计，而灰色的部份则是导流板的设计。

凹槽附近增加导流板对于流场的影响

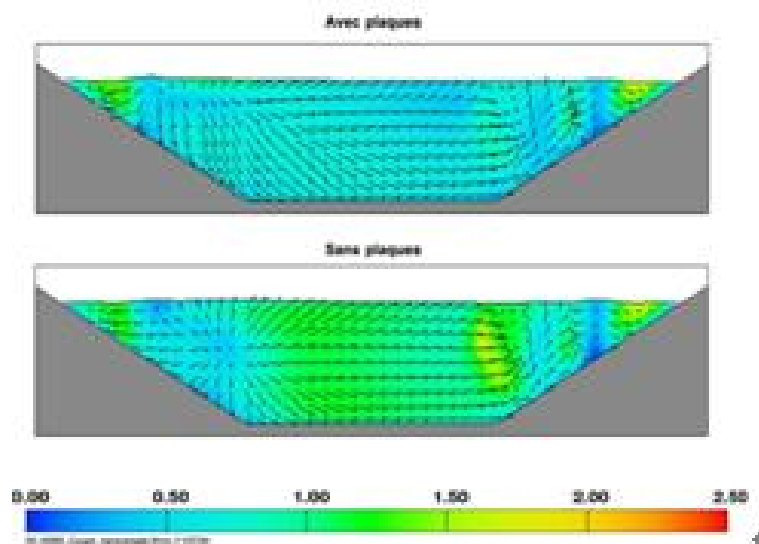
1. 截面显示增加导流板后的流场分析



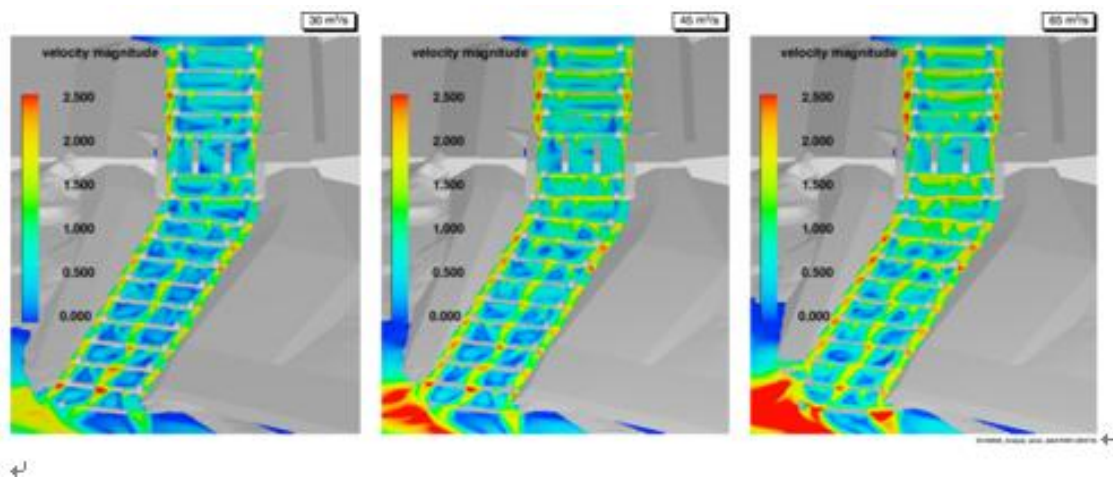
2. 截面显示鱼梯混凝土造型对于流场的影响



3. 截面速度向量显示流场的运动状况



- 除了前述分析验证外，根据研究中量测的水文数据，搭配 FLOW-3D 进行了下列研究。
- 2006 年的研究中显示，在整个鱼梯设计中，有几个区域必须减少水流的速度。
- 在鱼梯的上游安装钢制导流板会影响整个结构体的强度，希望能够尽量避免这种设计。
- 敏感度分析：
 - 水力发电厂运作时对下游的流场影响
 - 不同的水流流量通过鱼梯后的速度场分布



最后修改完成后的鱼梯设计



结论:

- 2008 年夏天, 研究显示修改后的鱼梯的确改变了水流的高度以及速度, 量测数据显示与 FLOW-3D 分析的结果一致。
- 研究同时显示鳟鱼开始使用该鱼梯 (即使流场的速度比设计速度来得高)。