

# A formulation for power - L'énergie, les mathématiques Mathematics of the Fundy Tides et les marées de la baie de Fundy

For centuries man has watched the ebb and flow of the tides and dreamed of tapping off the huge amounts of energy embodied in the moving mass of water. Although modern technology derives its hydraulic power almost exclusively from the damming of rivers and streams, the "tide mill" or paddle wheel driven by tidal waters has been used in Europe since antiquity. This ancient invention (the oldest known examples date back to 1100 A.D. in Britain and France) has been neglected in recent times as a means of securing power largely because of the difficulties involved in expanding the simple mill into a larger power plant operation; compared to river plants, the energy output is not only intermittent (dependent on the tides) but the problems of damming estuaries and building suitable turbines are technically more difficult. Until recently, electricity generated from dammed rivers or coal-driven thermal plants has been so cheap that the relatively high construction costs involved in tidal power development could not be economically justified. Apart from the tidal power plants at La Rance on the Brittany coast of France and in the Kislava inlet on the shore of the Soviet Union's White Sea, the tides have not been exploited as a source of energy.

However, with the increasing scarcity of fossil fuels and the exploitation of many of the best river sites for hydroelectric power generation, other sources of energy have taken on increased importance. Along with the energy derived from the wind, the sun, molecular hydrogen combustion, and nuclear fusion, the tides are being seriously considered as a possible power source to meet the needs of the future. In a time of ecological sensitivity, tidal power has two very attractive characteristics, neither of which are shared by fossil or nuclear fuels: it is a constantly renewable energy source, and no pollution arises from the generation procedure.

The structure of a tidal power plant takes the form of a dam or dike across an inlet with sluice gates and turbines spaced along its length. The simplest type of operation is to admit the rising tide through the sluice gates into the basin behind the barrier and close them at high tide; when the tide falls the water is then released through the turbines with the generation of electrical power. This is known as a "single-effect" operation. Using more sophisticated two-way turbines, power can be generated in both the ebb and flow periods of the tide. This "double effect" operation is currently being employed at the La Rance power plant in France.

Of the important sites in the world suitable for tidal power generation, several are located in Canada; examples are Ungava Bay in northern Quebec, Frobisher Bay and Cumberland Sound on Baffin Island, and the Bay of Fundy in the Maritimes, an arm of the Atlantic ocean separating New Brunswick and Nova Scotia. The Fundy tidal range, that is, the difference between successive high and low water marks, reaches a value of 53 feet in the Minas basin at the head of the Bay, making it one of the highest in the world. During the last 50 years, several schemes have been advanced to build tidal plants on Fundy, but except for one project by the Americans none have ever been attempted. During President

**The Tidal Power Plant at La Rance, France. Situated in the Bay of St. Malo on the Atlantic Coast, this prototype plant is the only one of its kind in the world. The waters of the outgoing tide are shown passing through the power plant complex. • L'usine marémotrice de la Rance, en construction, dans la baie de Saint-Malo, en France. C'est un prototype unique au monde. Photo prise à marée basse lorsque le réservoir se vide dans la mer.**



Pendant des siècles, l'homme a rêvé d'exploiter les marées pour obtenir d'énormes quantités d'énergie qu'il retire toutefois, de nos jours, surtout à l'aide de turbines placées en aval de barrages sur les rivières et sur les fleuves. Il est toutefois à noter que, en Europe, la roue à palettes a servi à exploiter les marées à petite échelle depuis l'antiquité. Cette vieille invention qui remonte à l'an 1100 environ, en Grande-Bretagne et en France, a été négligée ces derniers temps du fait qu'il est très difficile de passer de la roue à palettes à la centrale électrique moderne car les problèmes liés à la construction des barrages des estuaires et à celle des usines sont plus difficiles à résoudre que dans le cas des rivières et des fleuves. En outre, l'énergie des marées n'est convertie en énergie électrique que durant un certain nombre d'heures par jour. Jusqu'à ces derniers temps, l'électricité produite par les centrales hydro-électriques ou les centrales thermiques a été si bon marché que les coûts élevés de la construction d'usines marémotrices ne pouvaient pas être justifiés sur le plan économique. En dehors de l'usine marémotrice de la Rance, sur la côte de Bretagne, en France, et de celle de Kislava, sur la côte de la Mer Blanche, en Russie, on n'a pas vraiment cherché à exploiter les marées.

Toutefois, comme les combustibles fossiles vont devenir rares et que les meilleurs sites sur les rivières et les fleuves sont déjà aménagés pour produire de l'énergie hydroélectrique, les autres sources d'énergie ont pris de l'importance et c'est le cas des marées, du vent, du soleil, de la combustion de l'hydrogène moléculaire et de la fusion nucléaire. A une époque où l'opinion publique a été sensibilisée sur le plan écologique, l'énergie que l'on pourrait tirer des marées devient très intéressante ce qui n'est pas toujours le cas pour les combustibles fossiles et nucléaires; en outre, cette énergie est constamment renouvelable et ne donne aucune pollution.

Une usine marémotrice signifie qu'il faut construire un barrage ou des digues dans un endroit où les eaux des marées ne peuvent éviter de passer et d'y placer des turbines. L'exploitation la plus simple de ces usines consiste à laisser l'eau de la marée montante entrer dans le réservoir ainsi construit, à fermer les portes des sas à marée haute et à les ouvrir à marée basse. Ainsi, les eaux accumulées dans le réservoir à la marée montante font tourner les turbines en s'écoulant dans la mer à marée basse. C'est l'usine à "effet simple", mais on peut utiliser l'effet double, c'est-à-dire faire aussi tourner les turbines durant la marée montante comme dans le cas de l'usine marémotrice de la Rance, en France.

Plusieurs sites intéressants se trouvent au Canada et l'on peut citer la baie de l'Ungava dans le nord de la province de Québec, la baie de Frobisher et la passe de Cumberland dans l'île de Baffin et la baie de Fundy dans les provinces maritimes. Cette dernière baie est vraiment une partie de l'Océan Atlantique séparant le Nouveau-Brunswick de la Nouvelle-Écosse. Les marées y atteignent jusqu'à 53 pieds de hauteur dans le bassin Minas et sont parmi les plus hautes du monde. Au cours des 50 dernières années, on a étudié plusieurs projets visant à exploiter les marées de cette baie mais, à l'exception d'un projet établi par les Américains, rien n'a été construit. Durant le programme de grands travaux de 1933 lancé par le président Roosevelt pour donner du travail aux chômeurs, on avait commencé une construction sur la côte du Maine de la baie de Fundy, plus exactement à Passamaquoddy, mais les travaux ont été arrêtés faute d'argent. En 1969, une étude de