TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG MÔ HÌNH HÓA TELEMAC-MASCARET VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG

Phan Thái Nguyên – Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. Hồ Chí Minh
Nguyễn Minh Giám – Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ

Là một công cụ thủy văn, thủy lực được sử dụng rộng khắp trên thế giới, hệ thống TELEMAC-MASCARET được xem là một công cụ khá mạnh mẽ với các thuật toán cao cấp và phạm vi ứng dụng bao quát. TELEMAC-MASCARET cũng là một trong những hệ thống mô hình hóa còn khá non trẻ xuất hiện trên thị trường thế giới và Việt Nam. Và với lí do đó, ở Việt Nam còn rất ít các nghiên cứu về hệ thống mô hình hóa đầy tính khả thi này, nên trong bài báo xin giới thiệu tổng quát về hệ thống mô hình hóa TELEMAC-MASCARET cùng với khả năng ứng dụng của nó.

1. Giới thiệu

a. Tổng quát

Hệ thống TELEMAC-MASCARET (hay còn được gọi là TELEMAC) là một công cụ mô hình hóa tích hợp mạnh mẽ ứng dụng trong trường dòng chảy bề mặt tự do. Hệ thống này bao gồm nhiều module mô phỏng khác nhau, và tất cả chúng đều dựa vào các thuật toán mạnh khi sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn hoặc thể tích hữu hạn. Miền tính toán được rời rạc hóa bằng lưới các phần tử tam giác phi cấu trúc. Nhờ vậy, TELEMAC-MASCARET có thể chi tiết hóa miền tính toán, đặc biệt tại vị trí có địa hình hay địa mạo phức tạp.

TELEMAC-MASCARET có công cụ chuẩn bị và xử lý số liệu trước và sau khi tính toán đặc biệt hiệu quả, tạo giao diện thuận tiện và dễ dàng cho người dùng. Hầu hết các chương trình xử lý số liệu đều được xây dựng nên từ các thư viện Ilog/Views vì thế có thể cung cấp cho người dùng một số lượng rất lớn các thông tin cần thiết và một loạt chức năng cực kì tinh vi. Lưới tính toán có thể dễ dàng được tạo nên khi dùng một bộ chương trình tạo lưới được gắn sẵn trong hệ thống TELEMAC-MASCARET.

TELEMAC-MASCARET cung cấp cho người dùng một tập các chương trình con (sub-routines) được viết bằng ngôn ngữ FORTRAN-90 và có thể dễ dàng được sửa đổi để đáp ứng các yêu cầu cụ thể của người dùng. Hệ thống này gồm có tổng cộng khoảng 250 ngàn dòng code, được chứa trong các thư viện khác nhau.

Người đọc phản biện: TS. ***Nguyễn Kiên Dũng***

Bộ phầm mềm TELEMAC-MASCARET đã được sử dụng từ năm 1987 cho nghiên cứu nội bộ tại Phòng thí nghiệm môi trường và thủy lực quốc gia (LNHE) thuộc Tổng cục nghiên cứu và phát triển của Ủy ban điện lực Pháp (EDF-DRD). Từ năm 1993 bắt đầu phát triển thành công và đi vào thương mại hóa và được ứng dụng rộng rãi trên khắp thế giới, với hơn 200 giấy phép và vài trăm người dùng. Để cải thiện tiếp cận TELEMAC-MASCARET cho các đối tác, nhà tư vấn, và cả cộng đồng những nhà nghiên cứu, EDF R&D đã quyết định chuyển hệ thống thành phần mềm miễn phí và mã nguồn mở từ ngày 1 tháng 7 năm 2010, lúc này tương ứng là phiên bản 6.0. Và tính tới tháng 3 năm 2013, trên trang web http://www.opentelemac.orgđã có phiên bản mới nhất 6.2.

Ngày nay, TELEMAC-MASCARET được quản lí bởi một tập đoàn các tổ chức nòng cốt:

* BundesAnstalt für Wasserbau (BAW, Đức),

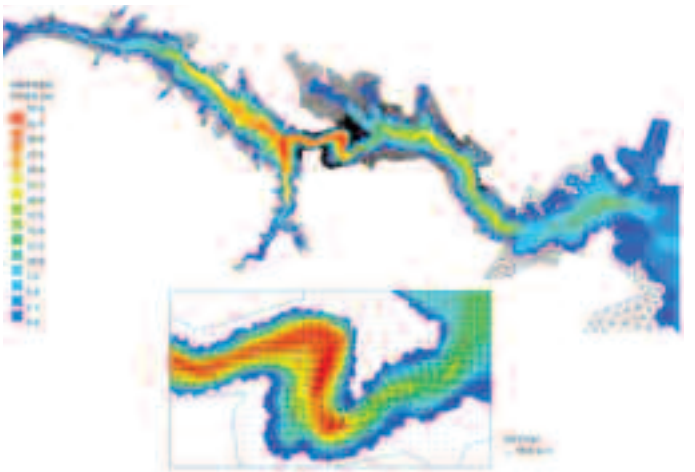
* Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales (CETMEF, Pháp),

* Daresbury Laboratory (Vương quốc Anh),

* Electricité de France R&D (EDF, Pháp),

* HR Wallingford (Vương quốc anh),

* Sogreah (bây giờ là tập đoàn Artelia, Pháp).



Sử dụng TELEMAC-2D mô phỏng vỡ đập Malpasset (Pháp) năm 1959

b. Cấu trúc của hệ thống TELEMAC-MASCARET

* Tiền xử lí:

- MASTISSE (tạo lưới);
- FUDAA-PREPRO (giao diện người dùng);
- STBTEL (thích ứng với các chương trình chia lưới sẵn có có thương mại).

* Thủy động lực học:

- MASCARET (mô hình hóa dòng chảy bề mặt tự do một chiều);
- TELEMAC-2D (các dòng chảy không áp hai chiều và chuyển tải chất đánh dấu – giải phương trình nước nông/Saint-Venat);
- TELEMAC-3D (các dòng chảy không áp ba chiều và chuyển tải chất đánh dấu bị động hay chủ động – giải phương trình Navier-Stokes);
- Spartacus (các dòng chảy không áp Lagrange hai chiều).

* Trầm tích học:

- SISYPHE (trầm tích đáy hai chiều và chuyển tải trầm tích lơ lửng);
- SEDI-3D (chuyển tải trầm tích lơ lửng ba chiều – được tích hợp trong TELEMAC-3D).

* Chất lượng nước:

- SUBIEF-2D (chuyển tải trầm tích lơ lửng hai chiều – chuyển tải chất đánh dấu – hai chiều);
- SEDI-3D (chuyển tải chất đánh dấu ba chiều – được tích hợp trong TELEMAC-3D);

* Sóng:

- TOMAWAC (sự hình thành và lan truyền trạng thái biển);
- ARTEMIS (sự nhiễu loạn sóng trong các cảng – giải phương trình Berkkop).

* Các dòng chảy ngầm:

- ESTEL-2D (các dòng chảy hai chiều và chuyển tải chất ô nhiễm trong môi trường bên dưới lớp bề mặt);
- ESTEL-3D (các dòng chảy ba chiều và chuyển tải chất ô nhiễm trong môi trường bên dưới lớp bề mặt).

* Hậu xử lí:

- RUBENS;
- FUDAA-PREPRO;
- POSTEL-3D.

2. Tìm hiểu một số module thủy động lực chính

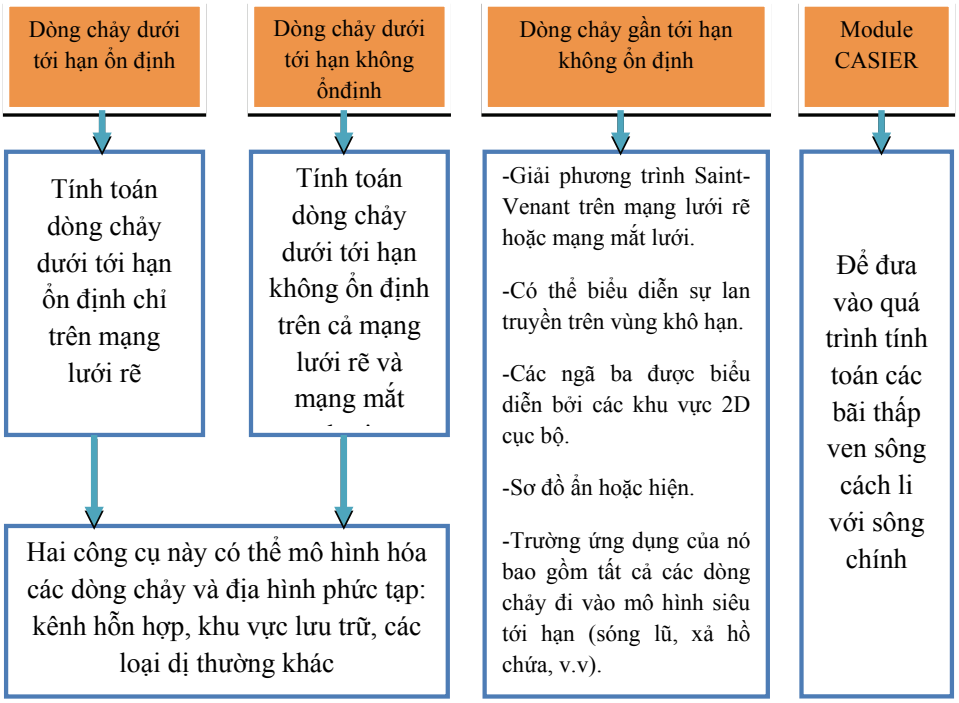
a. MASCARET: Mô hình hóa dòng chảy bề mặt tự do một chiều

Module này được phát triển bởi EDF-R&Dphối hợp với CETMEF trên 25 năm.

MASCARET chứa các công cụ mô hình hóa dòng chảy bề mặt tự do 1D. Dựa trên các phương trình Saint-Venant, các module khác nhau có thể mô phỏng nhiều hiện tượng khác nhau trên diện rộng và địa hình thay đổi: mạng mắt lưới hoặc mạng lưới rẽ (meshed or branched network), dòng chảy dưới tới hạn và siêu tới hạn, dòng chảy ổn định và không ổn định. MASCARET biểu diễn các hiện tượng sau:

- Sự truyền lũ và mô hình hóa vùng lũ;
- Sóng (Submersion wave) sinh ra từ sự vỡ đập;
- Sự điều chỉnh của những con sông được quản lí;
- Dòng chảy ở các thác nước;
- Kênh ướt;
- Chuyển tải trầm tích;
- Chất lượng nước.

MASCARET bao gồm ba công cụ thủy động lực, chúng có thể bắt cặp với module CASIER. Các công cụ này cho phép ta xây dựng mô hình thủy lực có nhiều điều kiện với nhiều hàm khác nhau và gồm những mô hình số đặc biệt mạnh mẽ và hiệu quả. Mục đích chính của tính toán là xác định mực nước và dòng chảy trong các nhánh khác nhau của mạng lưới thủy lực.



b. TELEMAC-2D: Phần mềm thủy động lực học hai chiều

TELEMAC-2D được phát triển bởi LNHE, EDF cùng hợp tác với các viện nghiên cứu khác.

TELEMAC-2D gồm khoảng 160 ngàn trong số 250 ngàn dòng code của hệ thống TELEMAC-MAS-CARET.

Code TELEMAC-2D giải các phương trình dòng chảy bề mặt tự do có độ sâu trung bình trong hai chiều không gian theo phương ngangbằng cách sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn và thể tích hữu hạn và lưới tính toán của các phần tử tam giác. Các kết quả chính tại mỗi mắt lưới tính toán là độ sâu của nước và các thành phần vận tốc trung bình theo độ sâu.

TELEMAC-2D có thể biểu diễn các mô phỏng trong những điều kiện nhất thời cũng như lâu dài.

Ứng dụng chính của TELEMAC-2D là trong thủy lực sông hoặc biển có bề mặt tự do và chương trình có thể đưa vào quá trình tính toán các hiện tượng sau:

- Sự lan truyền của các sóng dài, bao gồm các ảnh hưởng phi tuyến;
- Ma sát trên lòng sông, đáy biển;
- Ảnh hưởng của lực Coriolis;
- Ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng như là gió và áp suất không khí;
- Chảy rối;
- Dòng chảy xiết hoặc các dòng chảy sông;
- Dòng chảy dưới tới hạn và siêu tới hạn;
- Ảnh hưởng của nhiệt độ theo phương ngang hoặc gradient độ mặn trên mật độ;
- Hệ tọa độ Đề-các hoặc tọa độ cầu cho những miền tính rộng lớn;
- Các khu vực khô hạn trong miền tính toán: bãi lộ do triều và bãi bồi;
- Sự cuốn theo do dòng và sự khuếch tán của một chất đánh dấu, với số hạng nguồn và bể chứa;
- Giám sát phao đo mực nước và dòng Lagrange;
- Xử lí các điểm đặc biệt: ngưỡng cửa đập, đê, cống nước, v.v. ;
- Gồm các lực kéo được tạo ra bởi cấu trúc thẳng đứng;
- Bao gồm các hiện tượng xốp;
- Bao gồm các dòng sinh ra do sóng (liên kết với các module ARTEMIS và TOMAWAC);
- Khớp nối với chuyển tải trầm tích.

c. TELEMAC-3D: Thủy động lực ba chiều

TELEMAC-3D được phát triển bởi the LNHE

Code TELEMAC-3D giải các phương trình 3D như các phương trình dòng chảy bề mặt tự do (có hoặc không có giả thuyết áp suất thủy tĩnh) và phương trình chuyển tải-khuếch tán của các đặc tính bên trong (nhiệt độ, độ mặn, nồng độ). Các kết quả chính của nó, tại từng điểm trong lưới phân giải, là vận tốc trong tất cả ba hướng và nồng độ của các đặc tính được chuyển tải. Độ sâu nước là kết quả chính liên quan tới lưới bề mặt. Các ứng dụng nổi bật của TELEMAC-3D có thể được tìm thấy trong dòng chảy bề mặt tự do, trong cả sông và biển;

phần mềm có thể đưa các quá trình sau vào quá trình tính toán:

- Ảnh hưởng của nhiệt độ và/hoặc độ mặn vào mật độ;
- Ma sát đáy;
- Ảnh hưởng của lực Coriolis;
- Ảnh hưởng của các yếu tố thời tiết: áp suất không khí và gió;
- Xem xét sự trao đổi nhiệt với khí quyển;
- Nguồn và bể chứa đối với sự di chuyển của chất lỏng trong miền dòng chảy;
- Các mô hình rối đơn giản hay phức tạp (K-Ep-silon) đưa ảnh hưởng của lực Ac-si-mét (lực nổi) vào quá trình tính toán;
- Khu vực khô hạn trong miền tính toán: các bãi lộ do triều;
- Sự di chuyển của dòng và sựu khuếch tán của một chất đánh dấu, với các số hạng sinh ra hoặc phân rã.

Code này được ứng dụng đối với nhiều lĩnh vực. Những lĩnh vực chính liên quan đến môi trường biển thông quan việc điều tra nghiên cứu các dòng đem lại hoặc bởi thủy triều hoặc gradient mật độ, với hoặc không có ảnh hưởng của một lực ngoại như gió và áp suất không khí. Nó có thể được ứng dụng hoặc trong những khu vực rộng lớn (biển) hoặc trong miền nhỏ hơn (bờ biển, cửa sông) để nghiên cứu sự va chạm của nhánh kênh tiêu (hoặc dòng chảy thoát nước), chùm nhiệt hoặc thậm chí chuyển tải trầm tích. Liên quan tới vùng nước lục địa, việc nghiên cứu chùm nhiệt trong sông, và hành vi thủy động lực của các hồ tự nhiên hoặc nhân tạo có thể được chú ý tốt.

3. Ứng dụng của hệ thống

a. Ứng dụng chính

TELEMAC-MASCARET có nhiều ứng dụng trong cả thủy lực sông lẫn biển:

- Sự vỡ đập và sóng gây nứt đê;
- Nghiên cứu về lũ lụt;
- Nghiên cứu thiết lập bến cảng (cấu trúc, đê chắn sóng, …);
- Sự va chạm của cấu trúc thủy lực (cầu, đê, …);
- Quản lí và phát triển cửa sông;
- Chất lượng nước (xả thải từ nhà máy xử lí và xả thải công nghiệp);
- Tuần hoàn nhiệt;
- Loại bỏ vật liệu nạo vét;
- Nghiên cứu trầm tích thủy văn;
- Sự nhiễu loạn sóng trong cảng hoặc vịnh;
- Nghiên cứu thủy lực cho kế hoạch phát triển đô thị;
- Nghiên cứu khí hậu hải dương (sinh ra do gió và sự lan truyền sóng).

b. Ứng dụng ở Việt Nam và trên thế giới

Trên thế giới, hiện bộ phần mềm đang được nghiên cứu tại Điện lực Pháp EDF, SHOM, CETMEF, IMFT và Sogreah ở Pháp;HR Wallingford, Đại học Bangor, Đại học Bristol và Đại học Manchester ở Vương quốc Anh; BAW và Đại học Hanover ở Đức; DELTARES ở Hà Lan; Trung tâm thủy lực Canada NRC ở Canada. Với các công trình nghiên cứu và ứng dụng cụ thể.

Ở Việt Nam, mô hình TELEMAC-2D đã được cài đặt tại Viện Cơ học Hà Nội, Đại học Bách Khoa thành phố Hồ Chí Minh và Khoa Xây dựng-Thuỷ lợi-Thuỷ điện thuộc Trường Đại học Kỹ thuật Đà nẵng và đã được áp dụng thử nghiệm để tính toán dòng chảy tràn vùng Vân Cốc-Đập Đáy, lưu vực sông Hồng đoạn trước Hà Nội, và tính toán ngập lụt khu vực thành phố Đà Nẵng. Ngoài ra, nó còn được ứng dụng trong các công trình nghiên cứu:

- Nguyễn Tiến Cường, Nguyễn Thành Đôn: "Bước đầu thử nghiệm mô hình kết nối MARINE và TELEMAC-2D để mô phỏng lũ quét", Tuyển tập công trình Hội nghị Khoa học Cơ học toàn quốc năm 2004, tập 2, tr.8-15.
- PGS.TS. Nguyễn Thống, Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh đã dùng TELEMAC-2D đã ứng dụng để tính dự án đê biển Vũng Tàu-Gò Công và hệ thống các sông Sài Gòn-Đồng Nai.
- Áp dụng mô hình toán nối kết tính toán lũ vùng hạ du sông Hàn. Tác giả hoặc Nhóm tác giả: GS.TS Nguyễn Thế Hùng, ThS. Lê Văn Hợi (Đại học Đà Nẵng), TS Nguyễn Minh Sơn (Viện Cơ học).
- Nguyen Van Diep et al. First application of the EDF TELEMAC software to the Red River – Collaboration between IMECH and LNH-EDF International seminar, Hanoi, Vietnam, November 1999.

4. Ưu điểm và nhược điểm

a. Ưu điểm

**** Những điểm mạnh:***

Nhiều module mô phỏng khác nhau của hệ thống TELEMAC-MASCARET sử dụng các thuật toán mạnh mẽ dựa vào các phương pháp phần tử hữu hạn và thể tích hữu hạn. Không gian được rời rạc hóa thành lưới phần tử tam giác phi cấu trúc 2D, do đó lưới tính toán có thể được làm mịn trong những khu vực mà ta quan tâm. Tất cả các thuật toán này được chứa trong một thư viện chung duy nhất cho tất cả các code tính toán, vì thế sẽ giúp ta dễ dàng

sử dụng nhiều module mô phỏng khác nhau (dễ dàng chuyển đổi từ module này sang module khác), và đặc biệt, cho phép các module khác nhau được kết nối nội bộ hoặc với bên ngoài. Các công cụ xử lý số liệu trước và sau khi tính toán thì giống hệt nhau cho từng code tính toán.

**** Môi trường mạnh mẽ và không giới hạn:***

TELEMAC-MASCARET cung cấp cho người dùng một tập các chương trình con (sub-routines) cụ thể cho từng code tính toán. Tất cả chúng được viết bằng ngôn ngữ FORTRAN-90 và có thể dễ dàng được sửa đổi để đáp ứng các yêu cầu cụ thể của người dùng: mô tả các điều kiện đầu hoặc các điều kiện biên phức tạp, giới thiệu các hàm mới, liên kết với các hệ thống mô hình hóa khác. Hệ thống này đang thay đổi một cách liên tục bằng chứng là sự ra đời của các phiên bản mới vào các khoảng thời gian nhất định. Nó có thể chạy trên máy tính các nhân, để bàn cũng như trên các máy tính lớn, trên nền các hệ điều hành Windows (NT, XP, Vista, Win7), Linux (Ubuntu, Fedora, Redhat, OpenSUSE, Debian) hoặc Unix. Một phiên bản song song thì cũng sẵn sàng cho sử dụng trên các máy tính đa xử lí hoặc cụm máy trạm cho các module nhất định. Điều này giúp TELEMAC-MASCARET cho thời gian tính toán nhanh hơn.

**** Mã nguồn mở:***

Như chúng ta được biết, kể từ tháng 7 năm 2010, hệ thống TELEMAC-MASCARET được công nhận là mã nguồn mở. Từ đây, một diễn đàn dành cho các tổ chức, nhà nghiên cứu, cũng như những ai quan tâm đến lĩnh vực thủy văn, thủy lực, đặc biệt là những sinh viên-những nhân tố bước đầu tham gia quá trình nghiên cứu và cũng là đối tượng chưa thực sự được đầu tư kinh phí, có cơ hội trao đổi, học tập và cùng nhau phát triển cộng đồng TELEMAC-MASCARET mà không phải tốn bất kì chi phí nào. Theo thống kê trên diễn đàn của TELEMAC-MASCARET, tính đến 19/03/2013, có hơn 3500 người dùng, và ắt hẳn con số này sẽ tiếp tục tăng lên.

Nhờ là mã nguồn mở, nên nó đã tiếp cận hầu hết các quốc gia trên thế giới và cũng được ứng dụng ở hầu khắp các công trình. Là mã nguồn mở nên nó cũng được nhiều người biết đến, do đó, việc đóng góp ý kiến về nhiều khía cạnh của hệ thống sẽ giúp cho hệ thống ngày càng hoàn thiện.

b. Nhược điểm

Bản thân mô hình TELEMAC-MASCARET cũng giống như nhiều mô hình khác là chưa xác định được độ tin cậy của bài toán. Thông thường các số liệu đầu vào và điều kiện biên sai ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả tính toán. Giải pháp khắc phục cần nghiên cứu có thể giả định độ tin cậy theo phần trăm rồi tính chuyển vào trong miền tính toán. Ví dụ như giả định độ tin cậy 50% ở Vũng Tàu, ta tính được độ tin cậy ở Phú An là bao nhiêu.[5]

Kết luận

Hi vọng với những nội dung đã được trình bày ở trên sẽ phần nào giúp các nhà nghiên cứu, những ai quan tâm đến lĩnh vực thủy văn, thủy lực trong nước có cái nhìn tổng quát hơn về hệ thống mô hình hóa TELEMAC-MASCARET và có thể download về chạy kiểm nghiệm và so sánh với những mô hình tương tự. Với những lợi ích thiết thực đã nêu ở trên, tác giả tin chắc rằng đây sẽ là mô hình xứng tầm trong tương lai không xa.

Tài liệu tham khảo

[1] DESOMBRE, Jonathan. 2013.TELEMAC MODELLING SYSTEM: 3D hydrodynamics TELEMAC-3D Software Release 6.2 OPERATING MANUAL . s.l. : EDF R&D, 2013.

[2] Jean-Michel Hervouet, Paul Bates. 2000.The TELEMAC Modelling System. s.l. : Wiley, 2000.

[3] LANG, Pierre. 2010.TELEMAC modelling system: 2D hydrodynamics TELEMAC-2D software Version 6.0 USER MANUAL. s.l. : EDF-DRD, 2010.

[4] OPENTELEMAC. 2013.OPEN TELEMAC. [Online] 03 2013. http://www.opentelemac.org/index.php.

[5] Trường, Tô Văn.Quản lí rủi ro và mô hình TELEMAC.

INTRODUCTION ABOUT TELEMAC-MASCARET MODELLING SYSTEM AND ITS APPLICATIONS

Being a hydrology-hydraulics tool which is used throughout the world, TELEMAC-MASCARET system is considered as a powerful tool with high-capacity algorithms and extensive range of applications. TELEMAC-MASCARET is also one of the modeling systems with quite young year-old to appear on the world and Vietnam. Therfore, there are very few studies about this full feasibility modelling system in Vietnam, thus this document will provide you a first view about TELEMAC-MASCARET modelling system and its applications.