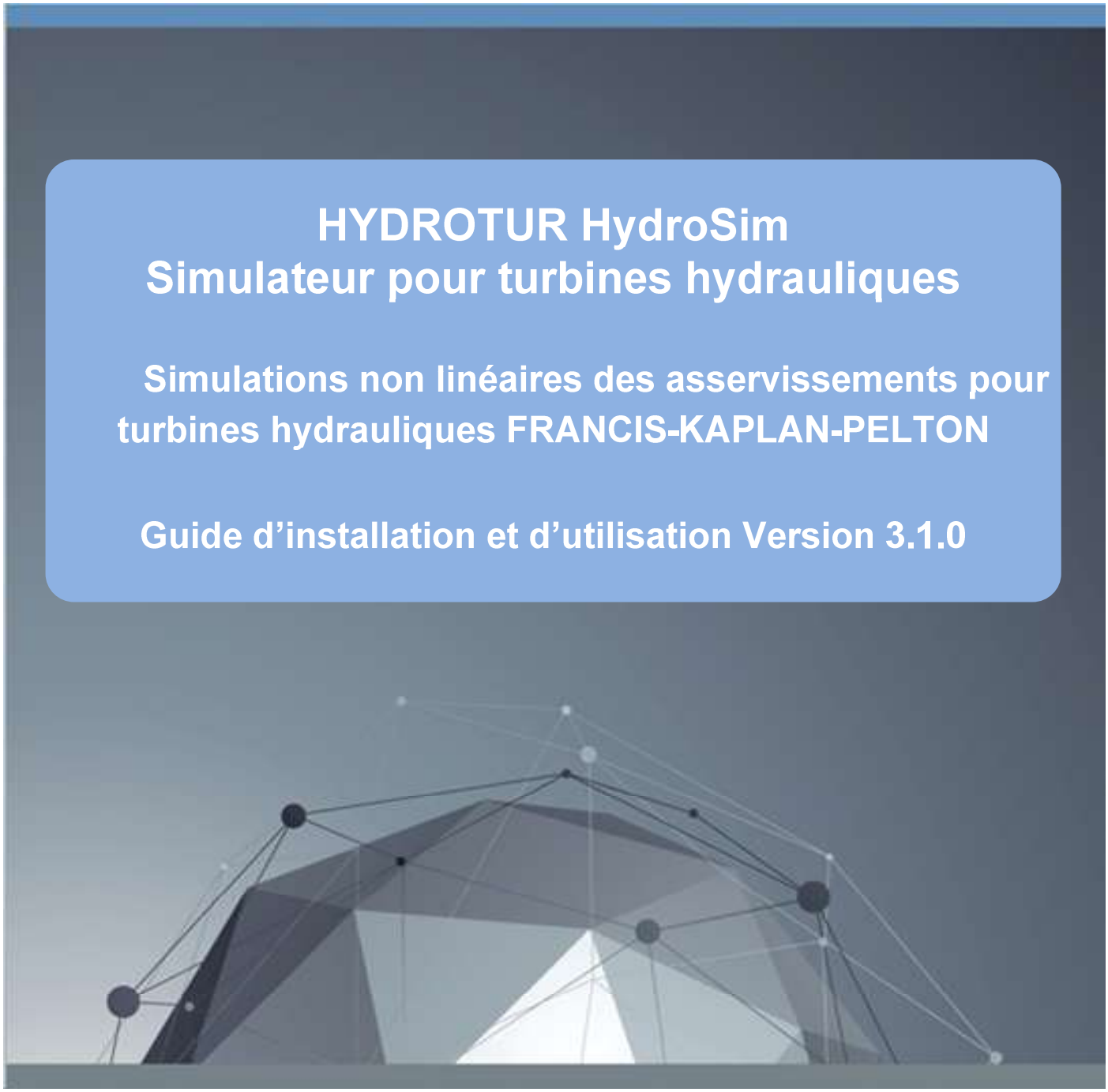
HYDROTUR

HYDROTUR HydroSim
Simulateur pour turbines hydrauliques

Simulations non linéaires des asservissements pour turbines hydrauliques FRANCIS-KAPLAN-PELTON

Guide d'installation et d'utilisation Version 3.1.0

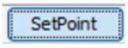


par Pierre Perrichon

Scilab

SOMMAIRE

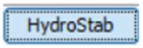
BIBLIOGRAPHIE **6**
SUPPORT TECHNIQUE - CONTACT **6**
LISTE DES DOCUMENTS HYDROTUR **7**
AVANT PROPOS **8**
1 INTRODUCTION **8**
1.1 Présentation 8
1.2 Terminologie 9
1.3 Limites et restrictions d'utilisation 9
1.3.1 Bibliothèque de composants additionnels SEGPAL 9
1.3.1.1 Principe 9
1.3.1.2 Téléchargement 10
1.3.2 Etude de la stabilité du régulateur de vitesse en petit mouvements HydroStab 10
1.3.2.1 Présentation 10
1.3.2.2 Principe – Feuille de calcul EXCEL CALTUR 11
1.3.2.3 Téléchargement 11
1.3.2.4 Exemple de résultat d'une étude de stabilité dans HydroStab dans le plan de Nyquist 12
2 FOURNITURE **13**
2.1 Installation de HydroSim 13
2.2 Lancement de HydroSim 15
2.3 Désinstallation de HydroSim 16
3 CONSTRUCTION ET CHARGEMENT DES BOITES A OUTILS HYDROSIM DANS SCILAB **17**
3.1 Prérequis 17
3.2 Le constructeur builder.sce 17
3.3 Le chargeur loader.sce 17
3.3.1 Chargement 17
3.3.2 Variables globales due au lancement de HydroSim 17
3.3.3 Outillage complémentaire dû au lancement de HydroSim 18
3.4 Conseils de navigation dans Scilab 18
3.5 Démarrage de HydroSim – Fichier HydroSim.cfg 18
4 GUIDE D'UTILISATION **20**
4.1 Circuits de modélisation XCOS 20
4.1.1 Modèles disponibles 20
4.1.2 Agencement des modèles 21
4.1.3 Description d'un modèle de turbine sous XCOS 21
4.1.4 Structure générale d'un modèle XCOS 21
4.1.5 Version du circuit de calcul «. zcos » 22
4.2 Lancement d'une simulation 23
4.2.1 Avant-propos - Répertoire HydroSim\demos 23
4.2.2 Exécution d'un fichier «.sce» - Activation du Pilote « HydroSim RUNNER » 25

4.2.2.1 HydroSim RUNNER – SetPoint 

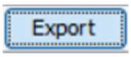
... *26*

4.2.2.2 HydroSim RUNNER – Gene_BF 

... *26*

4.2.2.3 HydroSim RUNNER – HydroStab 

... *28*

4.2.2.4 HydroSim RUNNER – Export 

... *28*

4.2.2.5 HydroSim RUNNER – Run 

... *29*

4.2.3 Exécution d'un chargeur «xxx_Loader.sce» ... 29

4.2.3.1 Schéma de principe ... *29*

4.2.3.2 Calculs préliminaires dans le modèle simulé ... *30*

4.3 Outillage HydroSim ... 31

4.3.1 Liste des outils HydroSim pour la manipulation des données de simulation ... 31

4.3.2 SaveGraph : Sauvegarde des données de simulation 

... 31

4.3.2.1 Sélection d'un répertoire d'enregistrement ... *31*

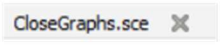
4.3.2.2 Structure et numérotation des fichiers de sauvegarde ... *32*

4.3.2.3 Types de fichier ... *32*

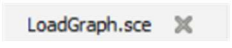
4.3.2.3.1 Les fichiers .cfg ... *32*

4.3.2.3.2 Les fichiers .scg ... *33*

4.3.2.3.3 Les fichiers txt (Passerelle vers Excel) ... *33*

4.3.3 CloseGraph : Fermeture de toutes les fenêtres graphiques 

... 34

4.3.4 LoadGraph : Restitution de graphiques préalablement sauvegardés 

... 34

4.3.4.1 Exemple 1 : Influence du conditionnement de l'intégrateur vitesse dans la simulation d'une turbine Kaplan ... *34*

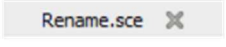
4.3.4.2 Exemple 2 : Influence du pré-positionnement du Vannage dans une séquence de délestage FRANCIS ... *36*

4.3.5 Replay : Relance d'une séquence de simulation 

... 37

4.3.5.1 Présentation ... *37*

4.3.5.2 Recherche de l'exécutable « .sce » ... *37*

4.3.6 Rename : Renommage d'enregistrements 

... 38

4.3.7 Delete : Suppression d'une séquence de simulation et des fichiers liés 

... 39

4.3.8 MScope : Masquage des scopes numériques présents dans les simulations 

... 40

4.3.8.1 Accès aux scopes numériques dans les schémathèques HydroSim ... *40*

4.3.8.2 Suppression de scopes – Masquage de niveau 0 ... *41*

4.3.8.3 Déconnexions de scopes - Masquage de niveau 1 ... *41*

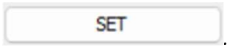
4.3.8.4 MScope - Masquage de niveau 2 ... *41*

4.3.8.4.1 Présentation ... *41*

4.3.8.4.2 Principe général ... *41*

4.3.8.4.3 Touche Valider 

... *42*

4.3.8.4.4 Touche SET 

... *42*

4.3.8.4.5 Touche RESET RESET *43*

4.3.8.4.6 Touche Quitter Quitter *ou Croix de fermeture de la fenêtre MScope* *43*

4.3.8.4.1 Tracé des collines machines Ajout de scopes supplémentaires : Linéarisation – Loi multi-pentes de fermeture de servomoteur 43

4.3.9 Change_Language : Changement de langue English/Français Change_Language.sce 44

4.4 Création d'un nouveau projet d'étude 45

4.5 Interruption d'une simulation 46

5 PARAMÉTRISATION DES MODÉLISATIONS 47

5.1 Guide de programmation HydroSim - Fichiers de paramétrisation 47

5.1.1 Présentation 47

5.1.2 À propos de la table des Index 47

5.2 Fichiers de paramétrisation Excel « XLS » 48

6 LOIS ET CAME SURFACE DE CONJUGAISON 48

6.1 Réglage des temps de manœuvre des organes de commande – Loi multi-pentes LF 48

6.2 Loi de rendement 50

6.3 Freinage hydraulique ou électrique de la machine hydraulique 52

6.4 Linéarités et lois de linéarisation 53

6.4.1 Introduction 53

6.4.2 Programmer bLOQ=0 si les lois de linéarisation ne sont pas connues – Loi LINE 53

6.4.3 Programmer bLOQ=1 si les lois de linéarisation sont connues 54

6.4.3.1 Principe 54

6.4.3.2 Saisie des lois de linéarisation - Loi LINE 54

6.4.4 Tracé et vérification des lois de linéarisation 56

6.4.5 Rajout de points d'interpolation dans les lois de linéarisation 57

7 COLLINES MACHINE 58

7.1 Généralités - Courbes caractéristiques à vitesse variable 58

7.2 Organisation 59

7.3 Démonstrateur d'un interpolateur sur un colline machine 60

7.4 Collines pour Machine Francis type FR4 62

7.4.1 Représentation dans le circuit TurbAdduc 62

7.4.2 Chargement des collines FR4 62

7.4.3 Format des collines FR4 63

7.4.4 Tracé des collines FR4 64

7.5 Collines pour Machine Francis type FR5 65

7.5.1 Représentation dans le circuit TurbAdduc 65

7.5.2 Chargement des collines FR5 65

7.5.3 Format des collines FR5 66

7.5.4 Tracé des collines FR5 67

7.6 Colline analytique pour Machine Kaplan KB1 68

7.6.1 Représentation dans le circuit TurbAdduc 68

7.6.2 Tracé de la colline KAPLAN 68
ANNEXE 69
A. ELEMENTS DE CALCUL DANS LE CIRCUIT HYDRAULIQUE CALTUR EXCEL 69
B. STRUCTURE OLEOHYDRAULIQUE DU SYSTEME COPIANT SYSCOP A 2 ETAGES 70
B.1 Principe de fonctionnement du système copiant double étage 70
C. EXEMPLE DE FICHIER DE PARAMÉTRISATION 71
C.1 Fichier «FR2c .xls » 71
D. SCHÉMA PRINCIPAL DU MODÈLE FR2 73
E. REPRESENTATION D'UNE COLLINE 74
F. RELEVÉ DES LINEARITÉS – CIRCUIT FR2 – FICHIER FR2_LOIS.XLSX 75
G. PASSERELLE DE FICHIERS D'ENREGISTREMENT .SCG VERS EXCEL 76
LISTE DES FIGURES 77

BIBLIOGRAPHIE

[1] Scilab Enterprises - Philippe Roux, Scilab - De la théorie à la pratique - I.Les fondamentaux, D-Booker, 2013.

[2] Scilab Enterprises - Yvon Degré, Serge Steer, Scilab - De la théorie à la pratique - II-Modéliser et simuler avec XCOS, D-Booker, 2014.

[3] Scilab Enterprises - Laurent Berger, Scilab - De la théorie à la pratique - III. Le traitement du signal, D-Booker, 2014.

[4] IEC 60308, Turbines hydrauliques – Essais des systèmes de régulation, 2005.

[5] IEC 61362, Guide pour la spécification des systèmes de régulation des turbines, 2012.

[6] L. VIVIER, Turbines hydrauliques et leur régulation, PARIS: Editions Albin Michel, 1966.

[7] P. PERRICHON, «Eléments de synthèse pour la réalisation d'un régulateur de vitesse numérique industriel dans la conduite d'un groupe hydraulique,» Grenoble Université - INP - ENSE3, Grenoble, 2011.

[8] B. GREIVELDINGER, «Etude de la stabilité de réglage d'une centrale hydroélectrique en réseau séparé,» Ecole polytechnique de LAUSANNE, LAUSANNE, 2003.

[9] C. MARCEILLER, «Etude de la stabilité d'un régulateur de vitesse d'un groupe turbo-alternateur,» Grenoble Université - INP - ENSE3, Grenoble, 2017.

[10] S. LABORDE, «Etude de la stabilité d'un régulateur de vitesse d'une centrale hydro-électrique,» INSA - Toulouse, Toulouse, 2018.

[11] C. SANCHEZ-GALINDO, «Etude de la stabilité d'un régulateur de vitesse dans la conduite d'une centrale hydroélectrique,» Universités de Poitiers - ISAE-ENSMA, Poitiers, 2015.

Type de document	Références
Ingénierie Scilab	[1] [2] [3]
Références normatives CEI	[4] [5]
Littérature scientifique	[6]
Documents universitaires	[7] [8] [9]

SUPPORT TECHNIQUE - CONTACT

Mr Pierre PERRICHON
Ingénieur diplômé par l'Etat
Automatique & Informatique industrielle

Projet HYDROTUR

perrichon.pierre@wanadoo.fr

Figure 1 : Support technique du projet HYDROTUR

LISTE DES DOCUMENTS HYDROTUR

Titre du document
HYDROTUR – HydroSim - Guide d'installation et d'utilisation
HYDROTUR – HydroSim - Guide de programmation
HYDROTUR – HydroSim - Schémathèques des modèles et des circuits FRANCIS- KAPLAN - PELTON
HYDROTUR – HydroStab Solution - Études de stabilité des asservissements – Guide d'utilisation
HYDROTUR – HydroSim CALTUR- Calculation note CALTUR - Version 2.4 (en-fr) .xlsx
HYDROTUR – SEGPAL - Guide de référence – Bibliothèque additionnelle de composants XCOS

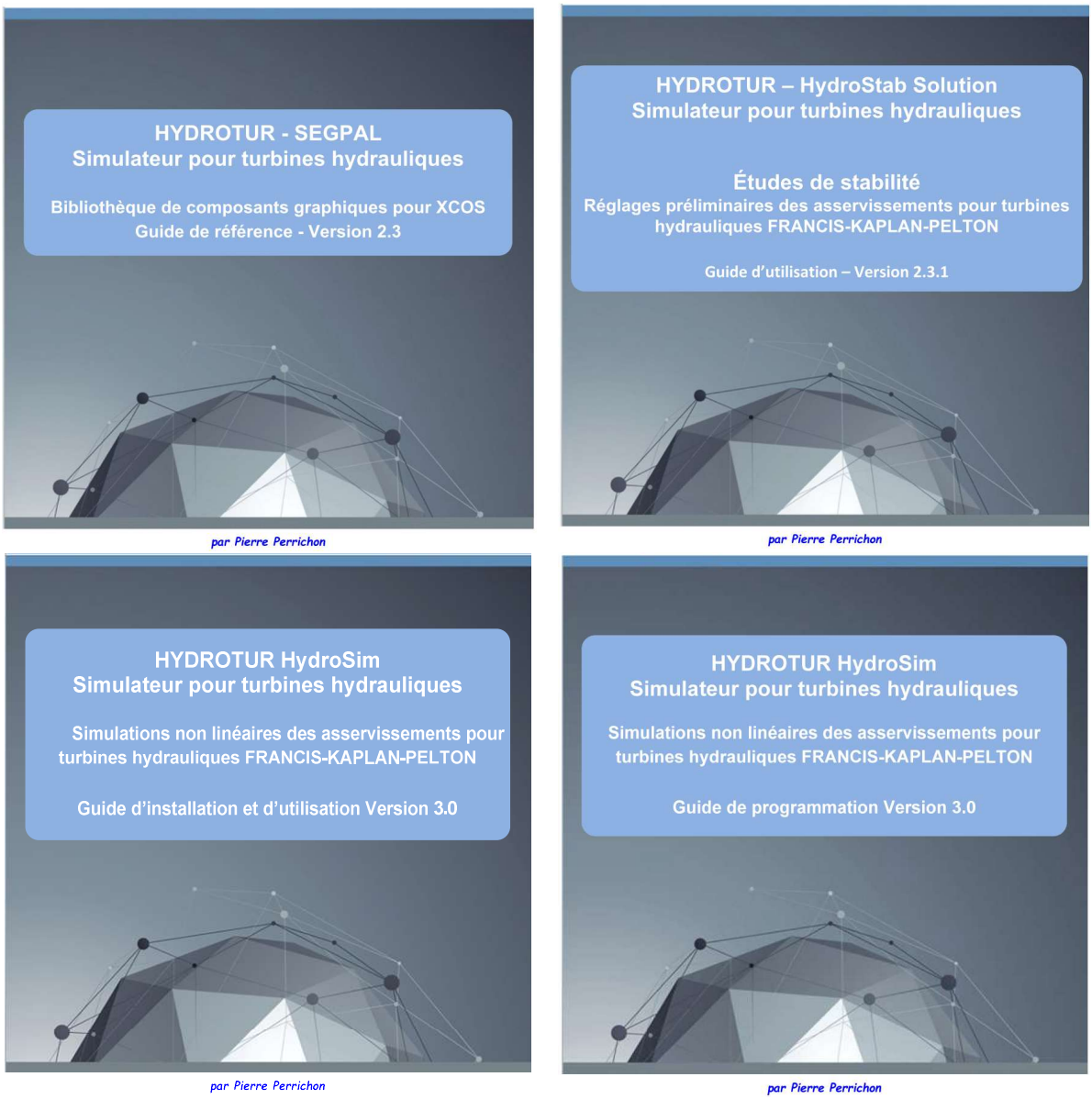


Figure 2 : Liste des principaux documents HYDROTUR

AVANT PROPOS

Le produit **HYDROTUR** réunit essentiellement trois composants logiciels créés pour aider à la simulation de machines tournantes dans le domaine de l'hydroélectricité, et se base sur l'étude de turbines hydrauliques de type FRANCIS, KAPLAN, PELTON.

Ainsi, **HYDROTUR** comprend les produits :

- **SEGPAL**, une bibliothèque d'extension des composants graphiques de Scilab-Xcos
- **HydroStab,** dédié au calcul de la stabilité d'un régulateur de vitesse pilotant une machine hydroélectrique , et réalisé avec des simulations linaires en petit mouvement des processus à analyser.
- **HydroSim,** une extension du produit **HydroStab**, se caractérisant par des simulations non linéaires des procédés étudiés, dans tous les modes de fonctionnement des turbines.

Ces composants sont écrits sous envirionnement Scilab-Xcos, et sont tous disponibles et téléchargeables en tant que modules de bibliothèques ATOMS de Scilab

1 INTRODUCTION

1.1 Présentation

Le projet **HYDROTUR-HydroSim** fournit un ensemble de nouveaux outils utiles à la simulation numérique dynamique de groupes hydrauliques pilotés par des machines FRANCIS, KAPLAN, ou PELTON. Il inclut des modèles fins et robustes de la régulation de vitesse pour machines tournantes.

Ces programmes sont caractérisés par des modélisations entièrement non linéaires sur toute la plage de fonctionnement des machines.

Ils peuvent être ainsi utilisés pour simuler toutes les séquences de démarrage, couplage au réseau électrique en réseau interconnecté ou isolé, délestages partiels ou à 100 % de charge, arrêt normal du groupe, sur défauts électrique ou mécanique de la turbine.

HydroSim prend en compte des modélisations avec des collines machine lorsqu'elles sont disponibles.

Le projet permet des simulations de béliers d'onde ou de masse suivant les cas d'étude, et calcule les pertes de charge approximatives dans les conduits hydrauliques.

HydroSim intègre la simulation des éléments d'une turbine hydraulique, sous forme de schémas XCOS :

- La turbine
- Le réseau hydraulique alimentant la turbine (adductions)
- Le réseau électrique
- Le régulateur de vitesse et son système copiant du ou des servomoteurs

HydroSim est conforme aux normes internationales IEC 60308 et 61362 dans les résultats calculés.

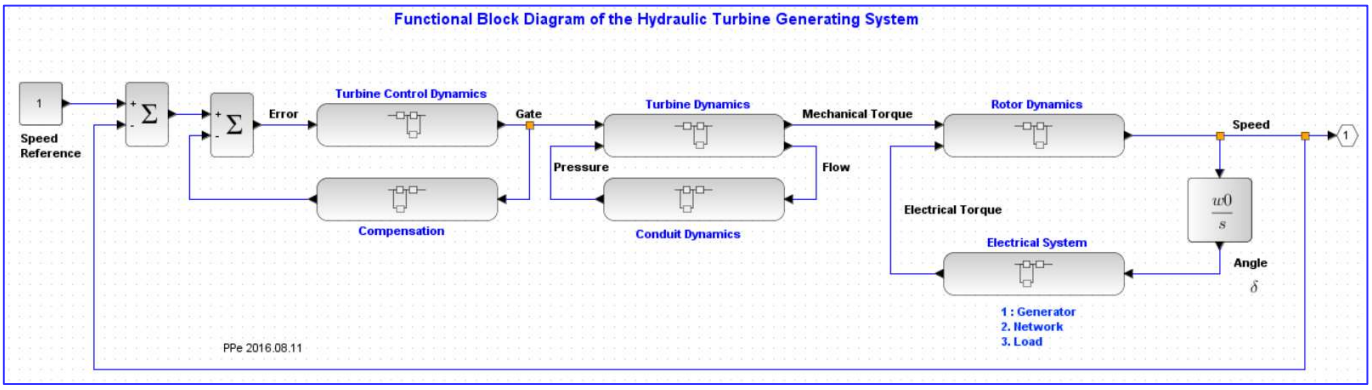


Figure 3 : Diagramme fonctionnel général d'un système de commande hydro-électrique

HYDROTUR est particulièrement bien adapté pour les techniciens et ingénieurs d'Étude, de Projets spécifiques, ou de Mises en Service, afin d'obtenir des calculs préliminaires sécurisés concernant la stabilité des boucles de régulations.

1.2 Terminologie

Groupe électro-hydraulique	Ensemble constitué d'une turbine hydraulique et d'un alternateur accouplés sur un même arbre
Turbine	Organe de conversion de l'énergie hydraulique (énergie cinétique de l'eau sous pression) en énergie mécanique (couple de rotation de l'arbre). Peut-être de type Pelton, Francis, Kaplan ou Bulbe
Alternateur	Organe de conversion de l'énergie mécanique (couple de rotation de l'arbre) en énergie électrique distribuée sur le réseau
Réseau	Ensemble des circuits électriques (transformateurs, lignes de transmission, …) et des consommateurs d'électricité auxquels est relié le groupe
Circuit hydraulique	Ensemble des composants (conduites forcées, cheminées d'équilibre, bâche, aspirateur) assurant la circulation de l'eau du bassin supérieur à la turbine et de la turbine au bassin inférieur.
Chute brute	Différence de niveau d'eau[1] entre le bassin supérieur et le bassin inférieur
Chute nette	Différence de pression d'eau[1] aux "bornes" de la turbine, c'est-à-dire entre la sortie de bâche et l'entrée d'aspirateur pour Francis, Kaplan ou bulbe, entre l'entrée d'injecteur(s) et la pression atmosphérique pour Pelton
Organe de réglage	Organe servant à contrôler le débit d'eau envoyé à la turbine : vannage pour une Francis, injecteur(s) pour une Pelton, couple vannage-pales pour une turbine Kaplan ou un Bulbe
Système copiant	Ensemble dont la fonction est de transformer une consigne de position électrique en une position de l'organe de réglage. Il est constitué d'un actionneur qui transforme une consigne électrique en un débit d'huile sous pression, d'un distributeur (si nécessaire) qui amplifie le débit d'huile, d'un servo-moteur (commandé par le débit d'huile issu de l'actionneur ou du distributeur) qui entraîne l'organe de réglage à la position de consigne, d'un système de mesure de position qui transforme la position du servomoteur ou de l'organe de réglage en un signal électrique, et d'un asservissement électronique chargé d'élaborer la consigne électrique de l'actionneur en fonction de l'écart entre consigne de position (issue du régulateur de vitesse) et position mesurée par le capteur (*Voir Annexe B*)

1.3 Limites et restrictions d'utilisation

1.3.1 Bibliothèque de composants additionnels SEGPAL

1.3.1.1 Principe

Les schémas XCOS de **HydroSim** comprennent des composants graphiques disponibles dans la bibliothèque graphique **SEGPAL.**

[1] Plutôt que d'exprimer cette valeur en pascals ou en bars, unités classiques de pression, cette valeur est généralement donnée en mètres, soit la hauteur de la colonne de liquide nécessaire pour créer une pression identique. Avec de l'eau, on parle de **mètres de colonne d'eau** (noté **mCE**). $\Delta p = \rho.g.h$ où ρ est la masse volumique du fluide et g l'accélération de la pesanteur .

Pour de l'eau 1 000 kg·m-3 à 4 °C, et avec la valeur normale de la pesanteur g= 9,806 65 m·s^{-2}), la conversion est la suivante :

- 1 bar (10^5 pascals) correspond à 10,1972 mCE ;
- Inversement, 1 mCE correspond à 98,0664 mbar.

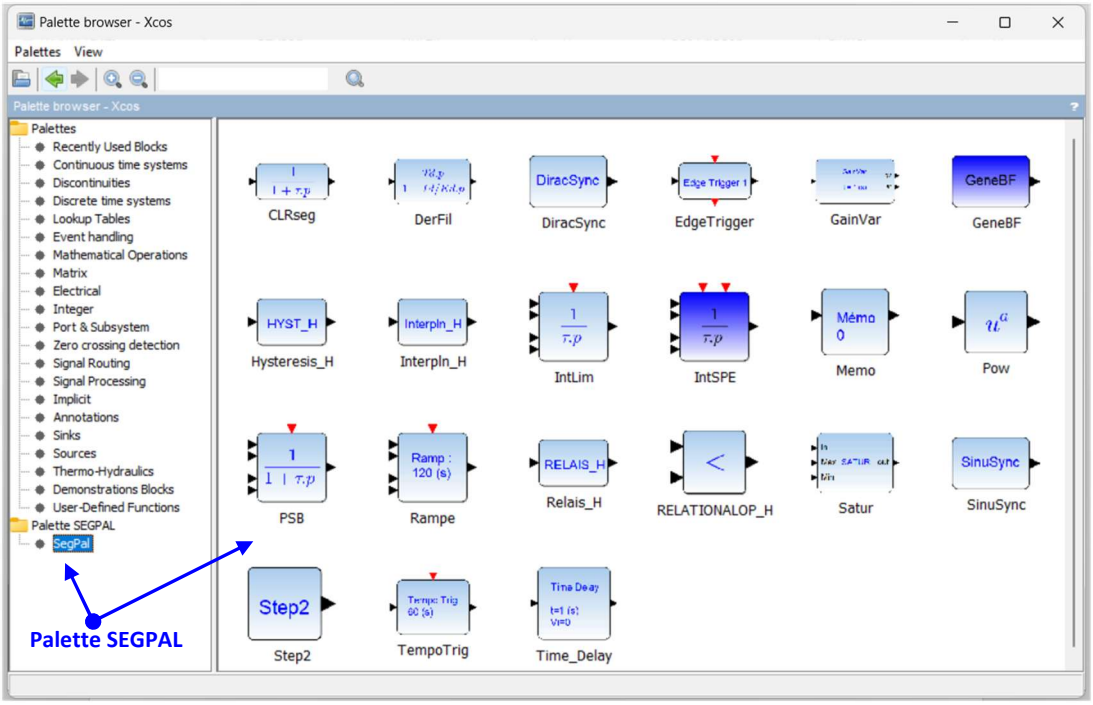


Figure 4 : Vue panoramique des composants additionnels de la palette **SEGPAL**

1.3.1.2 Téléchargement

☞ **En ce sens, l'installation du module ATOMS HYDROTUR-SEGPAL est obligatoire pour pouvoir exécuter toutes simulations dans HydroSim.**

Pour installer SEGPAL, lancer dans la console Scilab la commande :

Install command --> atomsInstall("SegPal")

La documentation «*HYDROTUR - SEGPAL - Guide de référence version 2.3.pdf*», contenu dans le répertoire « *SegPal\docs* », décrit le fonctionnement de chacun de ses composants.

1.3.2 Etude de la stabilité du régulateur de vitesse en petit mouvements HydroStab

1.3.2.1 Présentation

HydroStab représente un boîtier fonctionnel construit en langage Scilab, dans la suite logicielle **HYDROTUR**, et est dédié au calcul de la stabilité d'un régulateur de vitesse pilotant une machine hydroélectrique de type FRANCIS, KAPLAN, PELTON en petits mouvements.

L'intervenant doit fournir les données d'entrées suivantes à saisir dans le logiciel **HydroStab** :

- Hauteur de chute brute ou nette de l'ouvrage (m)
- Longueur équivalente de la conduite[2] (m)
- Section équivalente de la conduite (m²)
- Puissance nominale de la machine (MW)
- Inertie **MR²** du groupe Turboalternateur (T.m²) (Turbine + Alternateur)

[2] Longueur et Section équivalentes peuvent être aussi obtenues à partir de la feuille de calcul CALTUR.xlsx à partir du schéma hydraulique de l'ouvrage

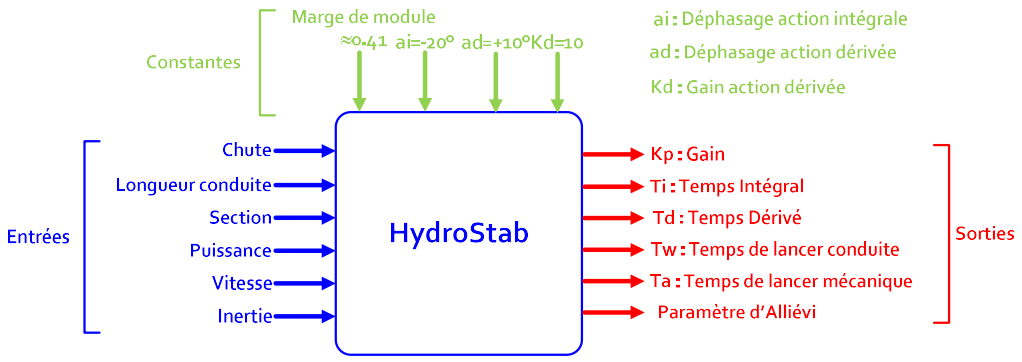


Figure 5 : Circuit de calcul des paramètres d'un PID Vitesse - Méthode de la Marge du Module

HydroStab calcule alors et fournit les paramètres de réglages du régulateur de vitesse

Différentes approches sont envisagées (Marge de Module dans le plan de Nyquist en boucle ouverte, méthode de Ziegler-Nichols, de Takahashi, …etc.).

1.3.2.2 Principe – Feuille de calcul EXCEL CALTUR

La feuille de calcul Excel **CALTUR**, intégrée dans la fourniture **HYDROTUR** (HydroStab ou HydroSim) aide à cette transformation de calcul de la longueur Leq et section Seq équivalentes du circuit réduit de l'installation hydraulique (*voir Annexe A*).

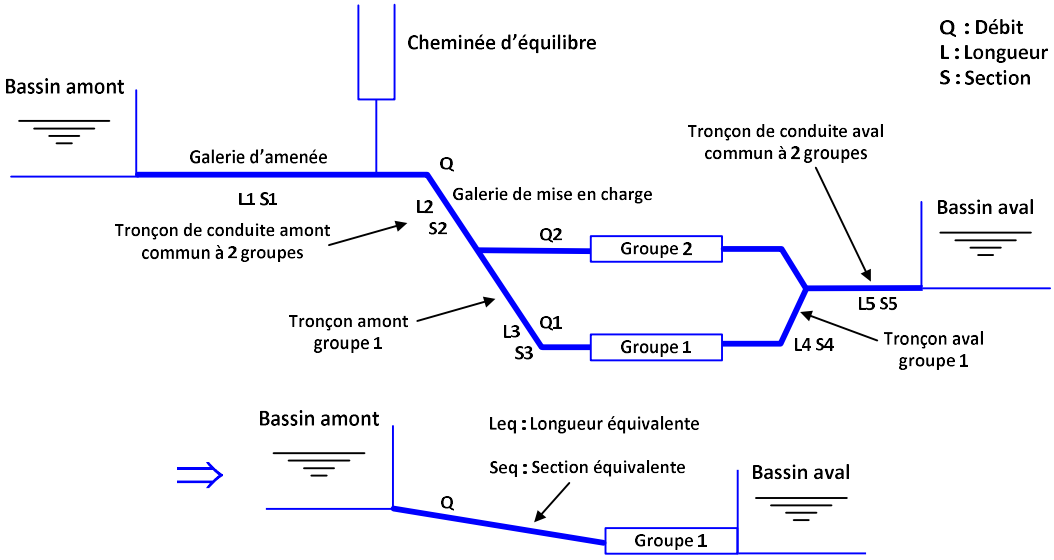


Figure 6 : Réduction du schéma hydraulique - Calculs préliminaires à l'étude de stabilité d'un groupe hydraulique

1.3.2.3 Téléchargement

HydroSim utilise les fichiers texte de suffixe «. PAR » fournis dans les études de stabilité réalisées avec **HydroStab**.

☞ **<u>En ce sens, l'installation du module ATOMS HYDROTUR-HydroStab est obligatoire.</u>**

Pour installer HydroStab, lancer dans la console Scilab la commande :

Install command --> atomsInstall("HydroStab")

Le document «*HYDROTUR_HydroStab_Solution_Guide_d'utilisation_Version_2.3.2.pdf*», situé dans le répertoire « *HydroStab\docs* » , décrit le fonctionnement de ce composant.

1.3.2.4 *Exemple de résultat d'une étude de stabilité dans HydroStab dans le plan de Nyquist*

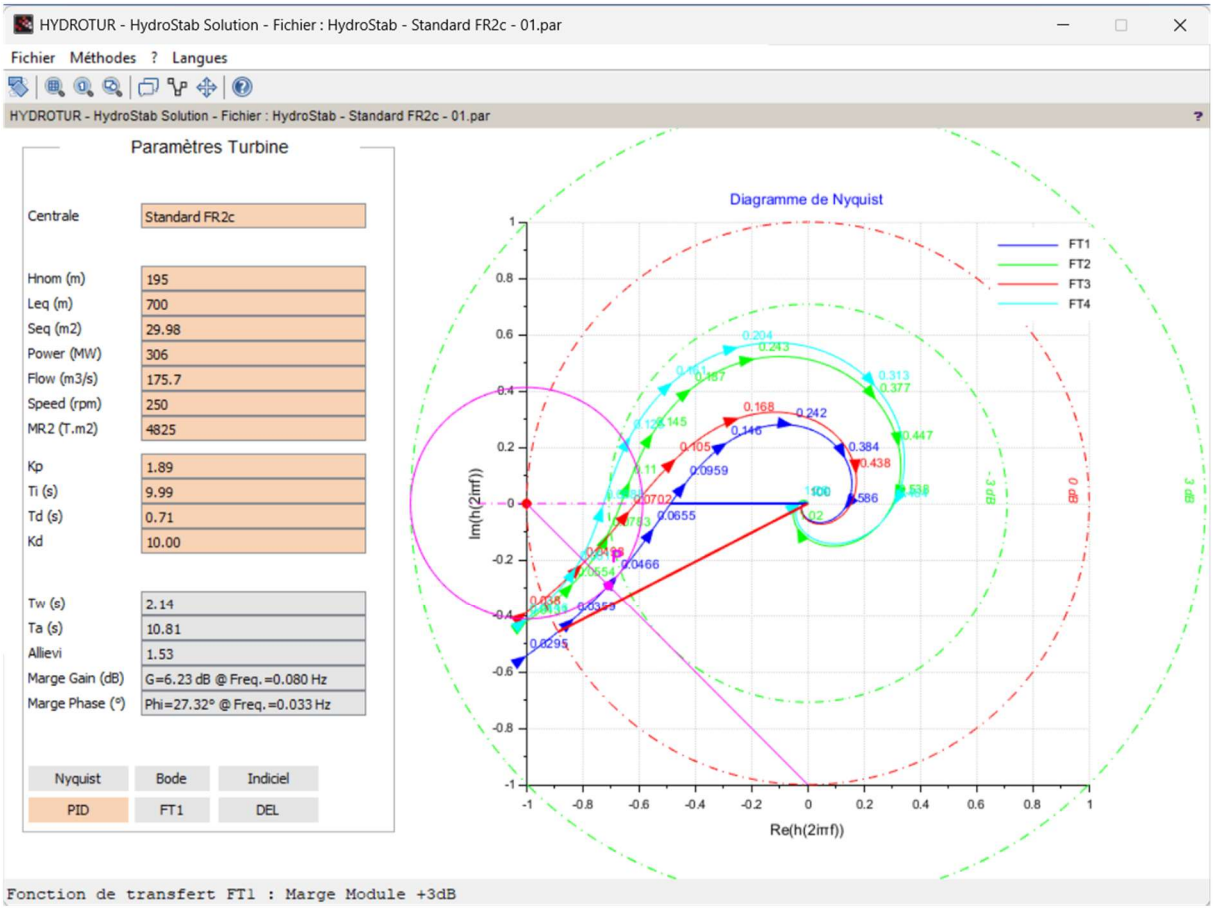


Figure 7 : Exemple de résultat d'une étude de stabilité dans HydroStab dans le plan de Nyquist

```
TParam(1).Id="FR4 - Std";
TParam(1).Comment="Marge Module +3dB";

TParam(1).Hnom=83.400000;
TParam(1).Leq=197.370000;
TParam(1).Seq=120.760000;
TParam(1).Power=750.000000;
TParam(1).Flow=982.700000;
TParam(1).Speed=75.000000;
TParam(1).MR2=112500.000000;

Tsim(1).Kp=1.7600;
Tsim(1).Ti=9.2100;
Tsim(1).Td=0.6600;
Tsim(1).Kd=10.0000;
Tsim(1).Tw=1.9600;
Tsim(1).Ta=9.2500;
Tsim(1).rho=4.9700;
Tsim(1).k=0.020000;
Tsim(1).Ts=0.250000;
Tsim(1).aut=0.000000;
Tsim(1).Gain=1.000000;
Tsim(1).ty=0.100000;
Tsim(1).GMarge="G=6.52 dB @ Freq.=0.089 Hz";
Tsim(1).PMarge="Phi=27.20° @ Freq.=0.036 Hz";
```

Méthode

Données utilisateur

Calculs HydroStab

```
TParam(2).Id="FR4 - Std";
TParam(2).Comment="Ziegler-Nichols";

TParam(2).Hnom=83.400000;
TParam(2).Leq=197.370000;
TParam(2).Seq=120.760000;
TParam(2).Power=750.000000;
TParam(2).Flow=982.700000;
TParam(2).Speed=75.000000;
TParam(2).MR2=112500.000000;

Tsim(2).Kp=2.2600;
Tsim(2).Ti=6.2000;
Tsim(2).Td=1.2400;
Tsim(2).Kd=10.0000;
Tsim(2).Tw=1.9600;
Tsim(2).Ta=9.2500;
Tsim(2).rho=4.9700;
Tsim(2).k=0.020000;
Tsim(2).Ts=0.250000;
Tsim(2).aut=0.000000;
Tsim(2).Gain=1.000000;
Tsim(2).ty=0.100000;
Tsim(2).GMarge="G=3.72 dB @ Freq.=0.108 Hz";
Tsim(2).PMarge="Phi=20.82° @ Freq.=0.053 Hz";
```

Méthode

Données utilisateur

Calculs HydroStab

Figure 8 : Extrait d'un fichier «. PAR » généré par HydroStab

2 FOURNITURE

2.1 Installation de HydroSim

Le projet **HydroSim** est fourni à partir d'un fichier « HydroSim.zip », qu'il faut décompacter. Effectuer au préalable un rafraichissement des modules Atoms dans la base du PC, et tapant « **atomsSystemUpdate() »** dans la console Scilab.

Le paquet peut être installé de différentes façons :

1. En entrant la commande **atomsInstall("HydroSim")** dans la console de Scilab (méthode conseillée)
2. Par l'installeur de modules ATOMS de Scilab en pointant **HYDROTUR-HydroSim** dans le module « **Xcos** »[3]
3. Manuellement, en déposant et décompressant le fichier ZIP dans un répertoire défini par l'utilisateur, comme « HYDROTUR\HydroSim\» par exemple, et téléchargé à partir du site **https://atoms.scilab.org/toolboxes/HydroSim/**

Figure 9 : Différentes méthodes d'installation de HydroStab

☞ **En mode Installation automatique, les fichiers du paquet HydroSim sont installés dans le Roaming du système**

Le lieu exact peut être connu en tapant la commande SCIHOME dans la console Scilab.

On peut aussi entrer la commande chdir(SCIHOME) pour accéder directement à ce répertoire.

Puis accéder au répertoire atoms à l'aide du navigateur de fichier Scilab par un double clic

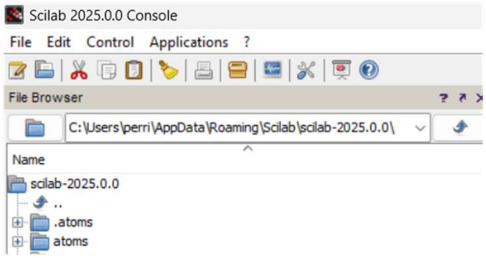


Figure 10 : Répertoire d'installation automatique de de HydroSim

☞ Plus directement, le lancement de HydroSim par la commande **Run_HydroSim** crée une variable **SCI_HydroSim** permettant de pointer directement sur ce répertoire, accessible avec la commande en ligne **chdir(SCI_HydroSim).**

Le paquet installé comprend les sous répertoires suivants :

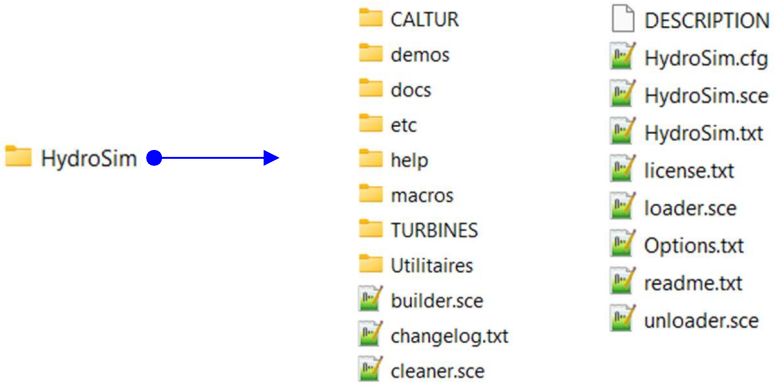


Figure 11 : Décompactage du fichier HydroSim.zip

Les documents «*HydroSim_Guide_d'installation_et_d'utilisation_Version_3.0.pdf*» et «*HydroSim_Guide_de_programmation_Version_3.0.pdf* » situés dans le répertoire «*HydroSim\docs »* , décrivent le produit.

HYDROTUR-HydroSim est fourni avec tous les codes sources des composants logiciels qui le constituent, que ce soient les codes Scilab, schémas XCOS de régulation, routines de parcours des collines machines, code C/C++, fichiers « .xls » et ".cfg" de paramétrage…etc.

[3] Dans ce cas, entrer la commande « **atomsGui** » dans la console Scilab et accéder à l'entité « **Xcos**»

Seuls les fichiers de documentation, établis sous WORD, sont fournis au format « .PDF ».

HydroSim.zip peut être décompacté sur toute arborescence ou sous-arborescence de la machine utilisateur.

Répertoire ou Fichier	Contenu
CALTUR	Feuilles de calcul (fr-en) au format Excel xlsx *(voir §1.3.2, Annexe A)* • Calcul de la longueur et section équivalentes d'un circuit hydraulique
demos	Exemples de réalisation faites sous HydroSim – Turbines FRANCIS-KAPLAN-PELTON 1 à 6 aiguilles.
docs	• Documentation HydroSim en langue française et anglaise, au format «.pdf »
etc	Initialisation (fichier HydroSim.start) et finalisation (fichier HydroSim.quit). Scripts utilisés dans le chargement du module HydroSim loader.sce ou son déchargement unloader.sce
help	• Fichiers d'aide au format XLM divisés en sous-répertoires en langue française (fr) et anglaise (en) • Ensemble des images utilisées dans les aides en ligne des composants (sous-répertoire « gui ») • ➔ **sera développer dans une version future.**
macros	Macros (Fichiers « .sci ») Ensemble des fichiers sources écrits en langage Scilab
TURBINES	Ensemble des modèles (schémathèques) simulés XCOS au format «zcox», et utilisés dans HydroSim, avec documentations au format « pdf » • Modélisations Turbines FRANCIS • Modélisations Turbines KAPLAN • Modélisations Turbines PELTON
Utilitaires	Ensemble des outils et commandes utilisées dans la manipulation des fichiers de commande HydroSim. Ces fichiers, au format «.sce» sont chargés automatiquement au lancement de HydroSim dans l'éditeur «SciNotes»
builder.sce	Constructeur principal du module HydroSim
changelog.txt	Historique des changements de versions HydroSim
cleaner.sce	Effacement des fichiers compilés «.bin » dans le répertoire « macros. A utiliser avec toute reconstruction avec l'utilitaire « builder.sce»
DESCRIPTION	Description sommaire de HydroSim. Utilisé en cas de chargement local de HydroSim.
HydroSim.cfg	Paramètres de démarrage de HydroSim (Langue, Chargement automatique de fichier projet « .sce » dans Scinotes)
HydroSim.sce	Lancement de HydroSim. Point d'entrée principal de HydroSim. Ne pas éditer ce fichier.
HydroSim.txt	Ensemble des textes utilisés dans le logiciel HydroSim. Langues Française et Anglaise
licence.txt	Déclaration de conformité à la licence CeCILL Version 2.1
loader.sce	Chargement de HydroSim. Ce fichier est créé de façon automatique lors de la régénération de la bibliothèque HydroSim avec le constructeur « builder.sce »
Options.txt	Ce fichier est réservé à la gestion de masquage des oscilloscopes numériques. HydroSim. Ne pas éditer ce fichier
readme.txt	Recommandation pour l'installation de HydroStab sur l'ordinateur
unloader.sce	Déchargement de HydroSim dans la plateforme Scilab. Ce fichier est créé de façon automatique lors de la régénération de la bibliothèque HydroSim avec le constructeur « builder.sce »

Figure 12 : Contenu du répertoire HydroSim

2.2 Lancement de HydroSim

HydroSim démarre en lançant le script « **Run_HydroSim.sce** » dans la fenêtre **SciNotes**

- En mode automatique, ce fichier s'affiche dans la fenêtre **SciNotes** dès le démarrage de scilab (module ATOMS)

- Si HydroSim a été décompacté dans un répertoire utilisateur (installation manuelle), exécuter dans la console scilab les instructions suivantes :

No ligne	Instruction Scilab	
1	DirectoryHydroSim="C:\HYDROTUR\HydroSim\"	// Set HydroSim directory
2	exec(DirectoryHydroSim + "loader.sce")	// Load HydroSim
3	exec(DirectoryHydroSim + "\etc\Run_HydroSim.sce")	// Run HydroSim

Figure 13 : Instructions Scilab pour lancer **HydroSim** en mode manuel

L'opérateur doit modifier la ligne 1 pour préciser le répertoire d'installation de HydroSim

☞ Ces trois instructions peuvent être copiées ou rajoutées dans le fichier scilab.ini de démarrage de Scilab, situé dans le répertoire **SCIHOME**, pour un lancement automatique à l'ouverture de Scilab.

```
--> exec(DirectoryHydroSim + "\etc\Run_HydroSim.sce")                    // Run HydroSim

--> // Run this script to start HydroSim

--> //-------------------------------------


--> HydroSim="C:\HYDROTUR\HydroSim\HydroSim.sce";

--> SCI_HYDROTUR_HydroSim="C:\HYDROTUR\HydroSim\";

--> VersionHydroSim="3.0.1";

--> exec(HydroSim,-1)

SCI_HydroSim = C:\HYDROTUR\HydroSim\

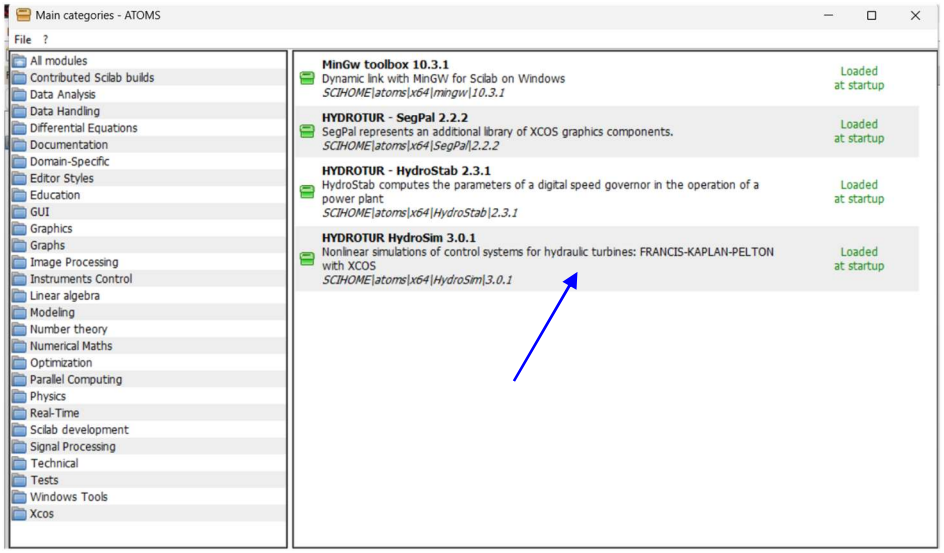
...Automatic load : FR2c.sce
...Automatic load : FR4c.sce
...Automatic load : FR5c.sce
...Automatic load : KB1c.sce
...Automatic load : Pelt4c.sce

SCI_HydroSim_TURBINES = C:\HYDROTUR\HydroSim\TURBINES\
HydroSim Version = 3.0.1
```

Figure 14 : Console Scilab après démarrage de HydroSim

2.3 Désinstallation de HydroSim

- Si HydroSim a été installé en tant que module ATOMS de Scilab, la désinstallation est réalisée en lançant, dans la console Scilab, la commande **atomsGui(),**



Puis cliquer sur le module HydroSim, et lancer sa désinstallation en cliquant sur la touche **Remove**. Redémarrer ensuite Scilab.

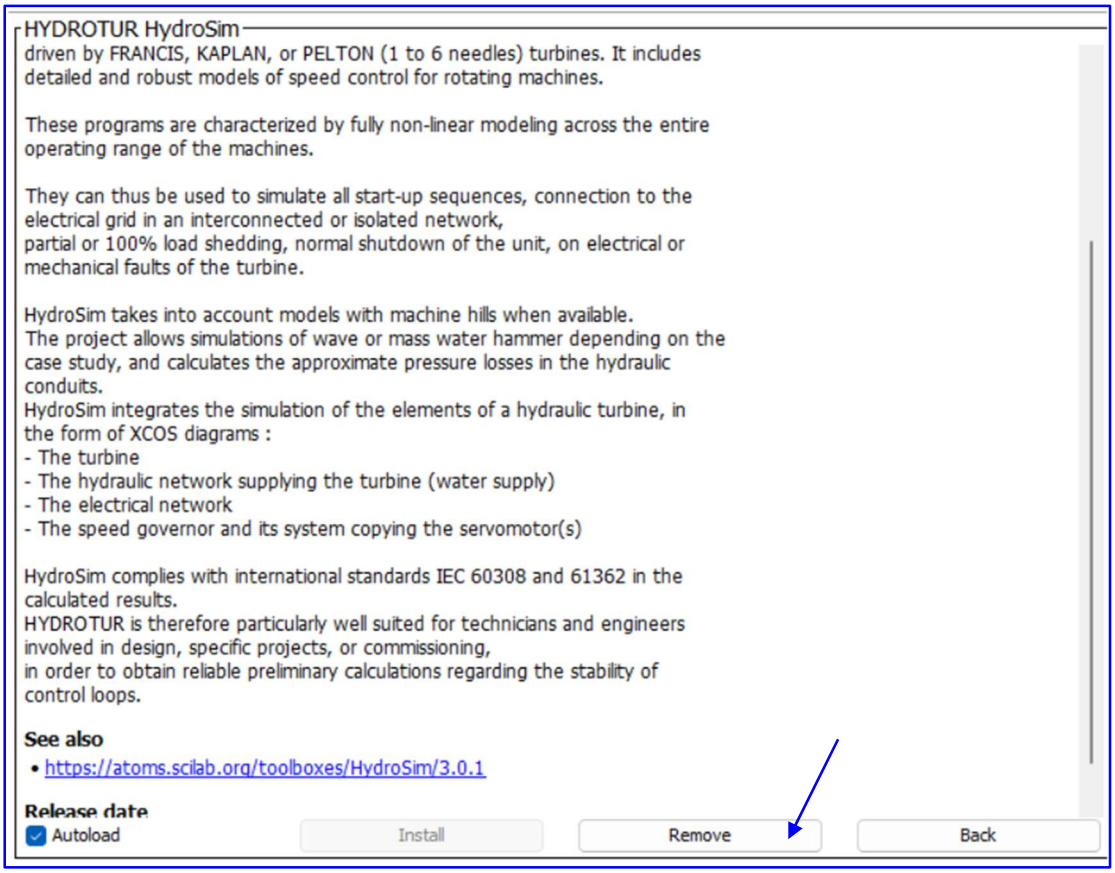


Figure 15 : Désinstallation de HydroSim

- Si HydroSim a été chargé dans un répertoire utilisateur, supprimer les instructions de lancement du module, et détruite le répertoire.

3 CONSTRUCTION ET CHARGEMENT DES BOITES A OUTILS HYDROSIM DANS SCILAB

3.1 Prérequis

Les codes sources de l'exécutif sont entièrement écrits en langage Scilab, et sont disponibles dans le répertoire **HydroSim\macros.**

Aucun prérequis n'est donc nécessaire à son utilisation

3.2 Le constructeur builder.sce

Le fichier script **builder.sce**, situé dans le répertoire HydroSim, crée la bibliothèque HydroSim et fournit tous les fichiers utiles à son utilisation :

- Compilation de l'ensemble des macros «. sci», associées au sous-répertoire macros de HydroSim\macros

De plus, le constructeur builder.sce fournit et rajoute les fichiers suivants dans le répertoire HydroSim :

1. clearner.sce — Annule et efface tous les fichiers objets « .bin » créés par le constructeur builder.sce
2. loader.sce — Chargement de la bibliothèque HydroSim dans Scilab.
3. unloader.sce — Déchargement de la bibliothèque HydroSim dans Scilab

3.3 Le chargeur loader.sce

3.3.1 Chargement

Le chargeur **loader.sce** est créé par le constructeur **builder.sce**, comme indiqué au *§3.2*

L'exécution de ce script charge la bibliothèque **HydroSim** dans **Scilab**.

Dans le cas d'une installation automatique de HydroSim, le fichier « loader.sce » est lancé automatiquement à l'ouverture de Scibab.

☞ **En cas d'installation manuelle (cas n°3, voir *Figure 9*), le chargeur doit être lancé par l'opérateur avant d'utiliser HydroSim.**

On obtient dans la console Scilab la liste des opérations réalisées :

```
--> exec('C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0  - Test\HydroSim\loader.sce', -1)
Start HydroSim 3.0.0 : Simulator for FRANCIS, KAPLAN, PELTON turbines
        Load macros
        Load help

...Run the "Run_HydroSim" script in the SciNotes window to start HydroSim

-->
```

Figure 16 : Exemple de chargement de la bibliothèque HydroSim dans Scilab – Utilisation du fichier loader.sce

Comme indiqué dans la figure ci-dessus, l'opérateur lance une session HydroSim en exécutant le script « **Run_HydroSim**» dans la partie SciNotes de Scilab.

3.3.2 Variables globales due au lancement de HydroSim

L'exécution du script « **Run_HydroSim** » charge l'ensemble des macros compilées, et crée une variable globale **SCI_HydroSim**, disponible durant toute la session d'utilisation de HydroSim.

```
--> SCI_HydroSim

 SCI_HydroSim =

  "C:\0 - Test\HydroSim\"

-->
```

Figure 17 : Variable d'environnement **SCI_HydroSim**

Cette variable pointe sur le répertoire d'installation de HydroSim.

3.3.3 Outillage complémentaire dû au lancement de HydroSim

L'exécution du script « **Run_HydroSim »** charge également, dans l'éditeur SciNotes, un ensemble de scripts permettant les exécutions des modèles de turbine, et la manipulation des fichiers graphiques issus des simulations.

Ces commandes sont positionnées dans le répertoire HydroSim\Utilitaires :

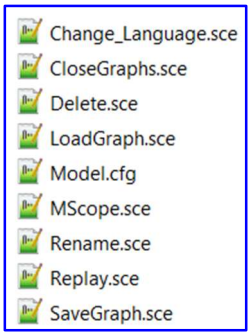


Figure 18 : Outillage HydroSim dans le répertoire "Utilitaires"

Ces outils sont décrits dans la suite de ce document (*voir §4.3*)

3.4 Conseils de navigation dans Scilab

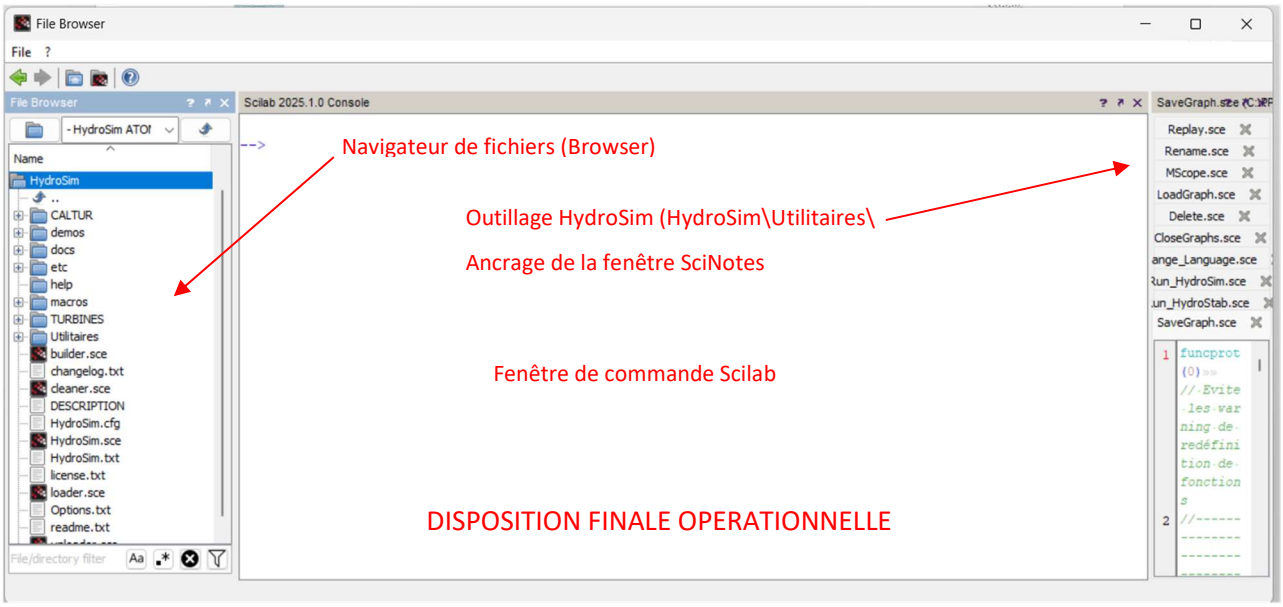


Figure 19 : Navigation préconisée dans Scilab pour la manipulation de HydroSim

L'opérateur peut aménager la console Scilab tel que décrit dans la figure ci-dessus, ce qui constitue une disposition la plus opérationnelle pour conduire les opérations à mener avec une ergonomie satisfaisante.

3.5 Démarrage de HydroSim – Fichier HydroSim.cfg

Le fichier « HydroSim.cfg » est exécuté à chaque démarrage de HydroSim et définit la langue utilisée dans toute la session d'utilisation.

Il peut aussi contenir des directives de l'opérateur afin de charger des fichiers projet dans l'éditeur Scinotes :

```
// Choix du langage
//-----------------
lang=2

// Chargement automatique de fichiers "sce" dans l'éditeur scinotes
//-----------------------------------------------------------------
mprintf("\n")
Load_scinotes(SCI_HydroSim + "demos\FRANCIS\FR2\Standard\FR2c.sce")
Load_scinotes(SCI_HydroSim + "demos\FRANCIS\FR4\Standard\FR4c.sce")
Load_scinotes(SCI_HydroSim + "demos\FRANCIS\FR5\Standard\FR5c.sce")


Load_scinotes(SCI_HydroSim + "demos\KAPLAN\KB1\Standard\KB1c.sce")

Load_scinotes(SCI_HydroSim + "demos\PELTON/Pelt4\Standard\Pelt4c.sce")
mprintf("\n")
```

Figure 20 : Exemple de fichier de démarrage HydroSim.cfg

Dans la figure ci-dessus, et en utilisant l'instruction « **Load_scinotes** » de HydroSim, les projets FR2c, FR4c, FR5c, KB1, Pelt4c, seront automatiquement chargés dans l'éditeur scinotes.

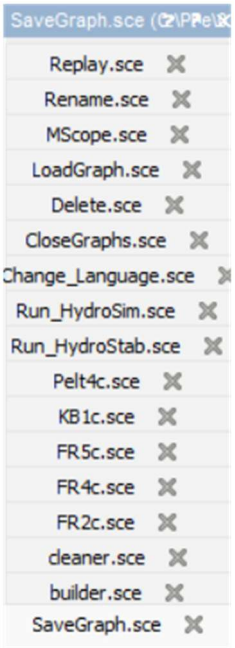
L'opérateur peut modifier ce fichier en supprimant les lignes « Load_scinotes » ou les mettre en commentaires, et programmer d'autres chargements automatiques en spécifiant nom et chemin d'accès des fichiers sce.

Un compte rendu s'affiche dans la console Scilab lors du lancement d'une session :

```
SCI_HydroSim = C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\

...Chargement automatique : FR2c.sce
...Chargement automatique : FR4c.sce
...Chargement automatique : FR5c.sce
...Chargement automatique : KB1c.sce
...Chargement automatique : Pelt4c.sce

SCI_HydroSim_TURBINES = C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\TURBINES\
HydroSim Version = 3.0.0
```



→ **Fichiers dans l'éditeur Scinotes**

4 GUIDE D'UTILISATION

4.1 Circuits de modélisation XCOS

4.1.1 Modèles disponibles

Disponible ☐ Prévision

Type de turbine	Nom Répertoire / Modèle zcos	Caractéristiques
FRANCIS	FR2 **FR2.zcos**	Turbine et conduite modélisées suivant des formules analytiques – Bélier d'onde
	FR4 **FR4.zcos**	Turbine et adductions modélisées à l'aide de collines machines, - Bélier de masse Interpolation et extrapolation sur le couple et le débit **(q11,c11)=F(N,O)**
	FR5 **FR5.zcos**	Turbine et adductions modélisées à l'aide de collines machines – Bélier de masse Interpolation et extrapolation sur le couple et le débit **(q11,c11)=F(Arctg(φ),O)**
KAPLAN	KB1 **KB1.zcos**	Turbine et adductions modélisées à l'aide d'une colline analytique – Bélier de masse. Interpolation et extrapolation sur la moyenne géométrique Pales/Vannage et Vitesse. **(Couple réduit=** $F\left(N,\sqrt{P*V}\right)$
PELTON **(HYDROTUR Scilab 6 : 1 seul schéma XCOS PELTON.zcos couvre maintenant l'ensemble des modèles PELTON)**	PELT1 **PELTON.zcos**	Turbine PELTON axe horizontal, 1 injecteur et 1 déflecteur Déflecteur en suiveur de l'injecteur pilote Turbine et conduite modélisées suivant des formules analytiques – Bélier d'onde
	PELT2 **PELTON.zcos**	Turbine PELTON axe horizontal, 2 injecteurs et 1 déflecteur Déflecteur en suiveur de l'injecteur pilote Turbine et conduite modélisées suivant des formules analytiques – Bélier d'onde
	PELT3 **PELTON.zcos**	Pelton 3 jets axe vertical avec ou sans répartiteur de jets. Déflecteurs en suiveur de l'injecteur pilote Turbine et conduite modélisées suivant des formules analytiques – Bélier d'onde
	PELT4 **PELTON.zcos**	Pelton 4 jets axe vertical avec ou sans répartiteur de jets. Déflecteurs en suiveur de l'injecteur pilote Turbine et conduite modélisées suivant des formules analytiques – Bélier d'onde
	PELT5 **PELTON.zcos**	Pelton 5 jets axe vertical avec ou sans répartiteur de jets. Déflecteurs en suiveur de l'injecteur pilote Turbine et conduite modélisées suivant des formules analytiques – Bélier d'onde
	PELT6 **PELTON.zcos**	Pelton 6 jets axe vertical avec ou sans répartiteur de jets. Déflecteurs en suiveur de l'injecteur pilote Turbine et conduite modélisées suivant des formules analytiques – Bélier d'onde

Figure 21 : Liste des modèles et algorithmes disponibles

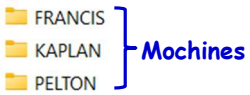
Les modèles disponibles sont présentés sous la forme d'un fichier graphique au format « XCOS », et sont disponibles dans le répertoire « HydroSim\TURBINES ».

Une copie de chaque modèle est disponible au format « pdf » dans le même répertoire.

☞ **Un fichier « .zcos » ne peut pas être directement exécuté sous XCOS, car chaque simulation nécessite au préalable le chargement d'un contexte d'exécution, défini dans des fichiers texte au format « sce », «.cfg », comme décrit dans la suite de ce document.**

4.1.2 Agencement des modèles

Le répertoire **HydroSim\TURBINES** contient l'ensemble des modèles réalisés dans le cadre de la fourniture HydroSim.



Bien entendu, il est possible de créer de nouveaux modèles pour tous types de machines, en respectant quelques règles et convenances élémentaires de construction.

La liste des modèles et algorithmes disponibles a été présentée en *Figure 21* de ce document.

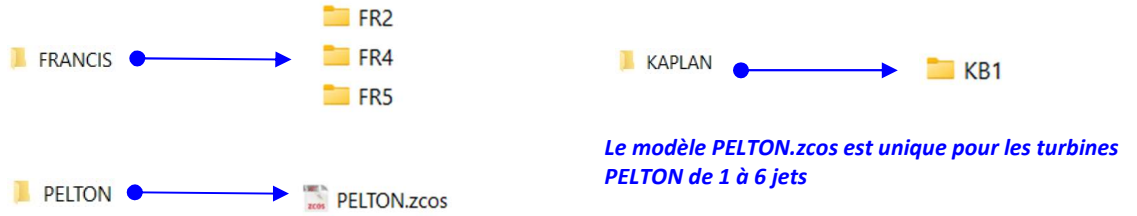


Figure 22 : Accès aux modèles de simulation

Ce dispositif est une structure générique commune à l'ensemble des modèles.

4.1.3 Description d'un modèle de turbine sous XCOS

Un modèle est constitué d'un fichier XCOS, associé à un contexte d'exécution dédié CTX, fichier texte écrit en langage Scilab, et éditable sous un éditeur de texte (NotePAD++ par exemple), et un fichier texte xxx_Loader.sce éditable.

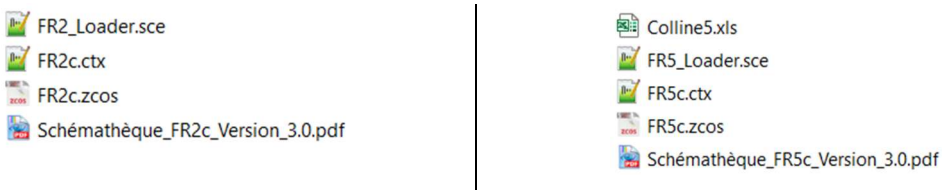


Figure 23 : Contexte des modèles XCOS FR2 et FR5 dans le répertoire HydroSim\TURBINES

☞ Le fichier CTX réalise les calculs préliminaires à l'exécution de tout fichier XCOS dans la suite HydroSim (variables internes, linéarisation du modèle, …etc)

☞ Le fichier xxx_Loader.sce permet le chargement automatique des fichiers concourant au lancement de la simulation avec le modèle sélectionné, et lance la simulation.

☞ Pour les modèles FR4 et FR5, un fichier « Colline.xls » définit la **colline machine par défaut** utilisée dans le cas d'une simulation lancée avec ces modèles.

4.1.4 Structure générale d'un modèle XCOS

L'ouverture d'un fichier XCOS présente l'architecture générale du modèle simulé, et les principales fonctions génériques développées, ou sous-modèles, définies dans ce modèle (*voir aussi Annexe D*).

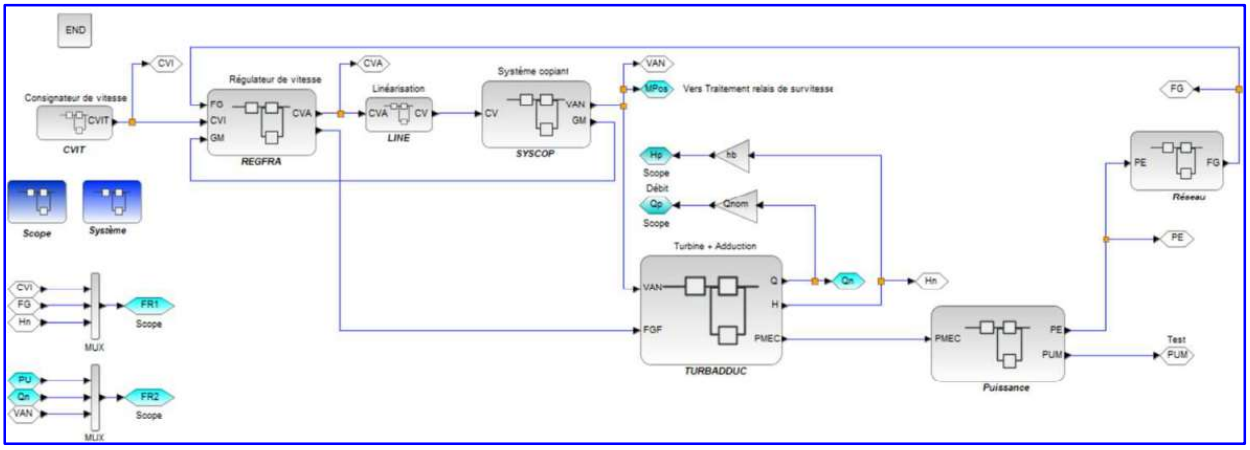


Figure 24 : Exemple d'architecture du modèle FR5

On accède à un sous-modèle par un double clic sur sa boite fonctionnelle.

Ici, on trouvera les sous-modèles :

Sous-modèle	Signification
CVIT	Consignateur de vitesse du groupe hydraulique
REGFRA	Régulateur de vitesse
LINE	Linéarisation du système
SYSCOP	Système copiant – Régulateur de position des servomoteurs
TURBADDUC	Adductions Turbine – Circuit hydraulique
Puissance	Transformation consigne de puissance
Réseau	Modélisation du réseau électrique
Scope	Ensemble des scopes numériques associés au modèle
Système	Variables intermédiaires dans la simulation

Une représentation d'un modèle peut ainsi se résumer à un schéma unifilaire comportant tous les sous-systèmes inclus dans le schéma général :

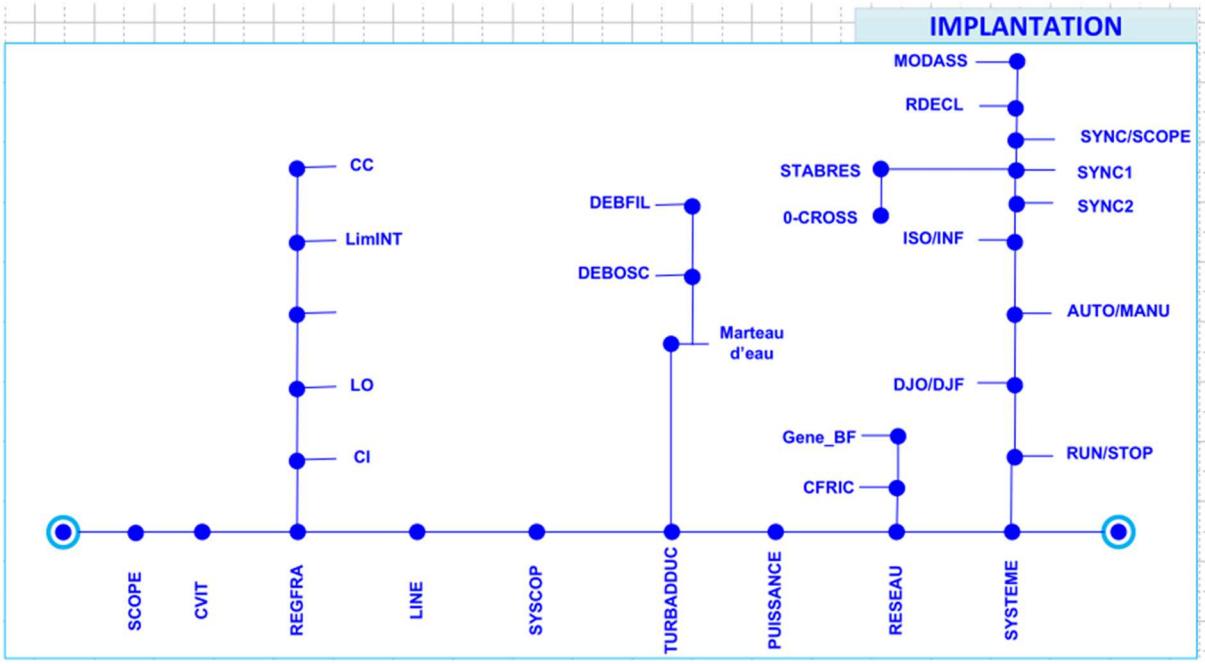


Figure 25 : Exemple de Blocs Fonctionnels – Schéma unifilaire du circuit FR5 avec Collines machine

Ce schéma unifilaire est présenté dans toutes les schémathèques au format « pdf » associées aux modèles simulés.

4.1.5 Version du circuit de calcul «. zcos »

La version du circuit de calcul est accessible dans le fichier Xcos :

- Ouvrir le fichier Xcos
- Dans la barre de menu, cliquer sur la fonction « **Simulation** », puis sélectionner « **Modifier le contexte** »

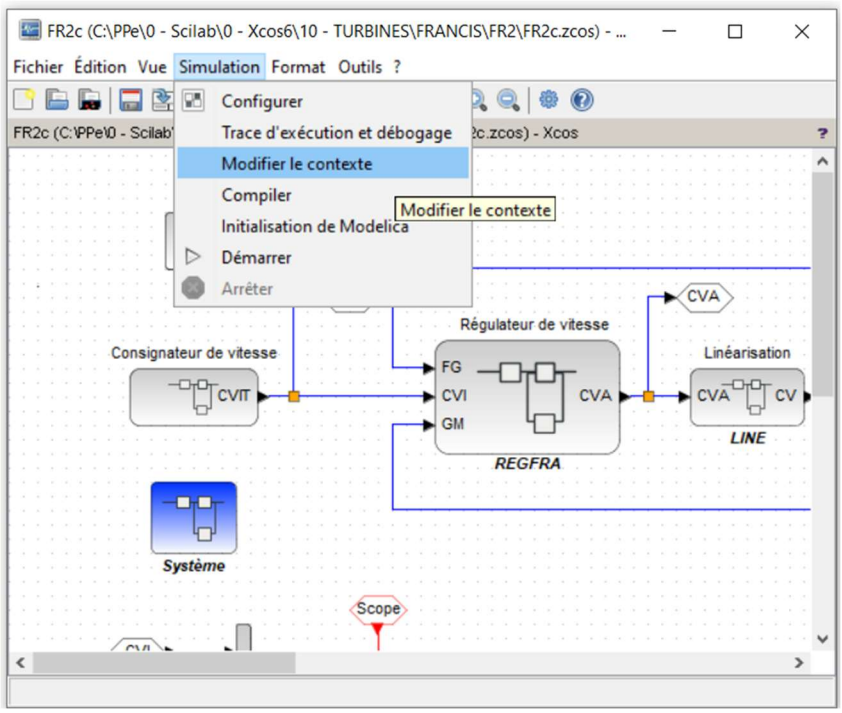


Figure 26 : Modification du contexte de simulation

- La version du circuit est alors modifiable dans la fenêtre affichée

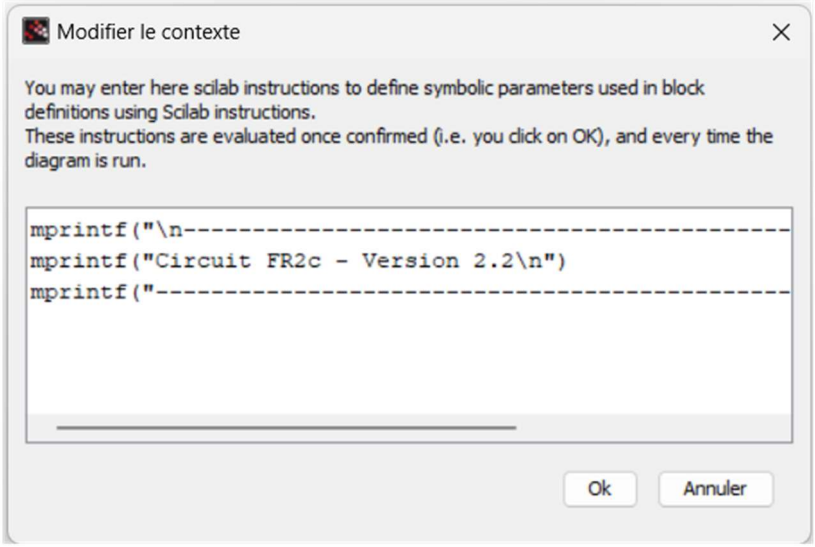


Figure 27 : Contexte d'exécution d'un fichier XCOS – Version du circuit de calcul

4.2 Lancement d'une simulation

4.2.1 Avant-propos - Répertoire HydroSim\demos

Le répertoire « HydroSim\demos » contient des exemples de simulation réalisés pour tous les modèles embarqués, présentés en *Figure 21*.

Les sous-répertoires qualifiant une simulation sont structurés de façon similaire :

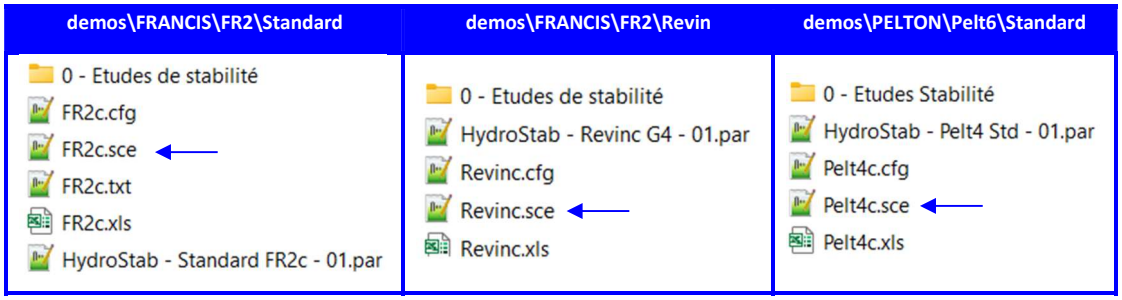


Figure 28 : Structure générale de paramétrage des simulateurs

- Le répertoire « *Etudes de stabilité* » contient un ensemble d'essais réalisés avec le modèle considéré, son paramétrage, et les séquences générées.

  Un kit d'essais est inclus dans le répertoire HydroSim\Utilitaires, et peut être recopié et/ou modifié par l'opérateur :

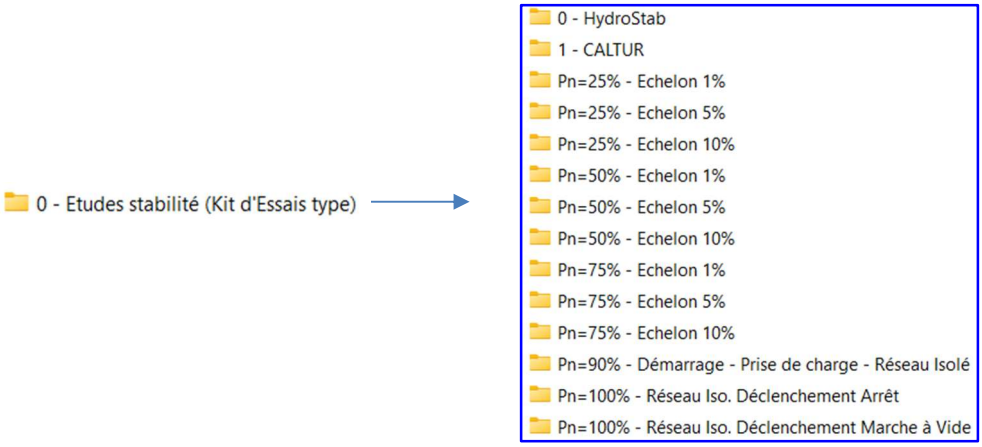


Figure 29 : Kit d'essais type de caractérisation d'un simulateur

- Le fichier « .cfg » représente le descripteur de la séquence de simulation à exécuter. Il contient également les paramètres hydrauliques du site, et les paramètres retenus dans l'étude de stabilité du groupe.

  Ce fichier peut être automatiquement modifier par l'intermédiaire du « **RUNNER** » invoqué à chaque lancement d'un fichier « sce ».

- L'exécution d'un fichier «.sce » lance un programme « **RUNNER** » permettant de modifier la séquence de simulation souhaitée, ou les paramètres de régulation (*voir §4.2.2*)

- Le fichier « .txt » est un fichier texte optionnel, contenant tous les paramètres de simulation. Il est produit en début de simulation en fonction de la variable interne bDelTx=0 dans le fichier **« VariablesGlobales.sce ».** (*voir bDelTx dans le document «HydroSim_Guide_de_programmation_Version_3.0 »*)

- Le fichier «.xls» contient des paramètres constants pour un site donné. En général, ce fichier doit être défini une seule fois, et doit rester invariant dans toutes les simulations, quelle que soit la séquence engagée (démarrage du groupe, échelons de charge, délestage de charge, …etc)

- Le fichier « *HydroStab - xxx.par* » est un fichier de sauvegarde généré par l'opérateur lors d'une session **HydroStab.** Il contient l'ensemble des données hydrauliques de la machine, les méthodes utilisées par l'opérateur, et les réglages des PID vitesse associés (*voir Figure 8*)

☞ Des exemples de fichier sont présentés en *Annexe C*

4.2.2 Exécution d'un fichier «.sce» - Activation du Pilote « HydroSim RUNNER »

Une simulation se lance à partir d'un fichier « sce » contenu dans l'arborescence d'un répertoire de sites *HydroSim\demos.*

Son exécution provoque le lancement du pilote « **HydroSim-RUNNER** »

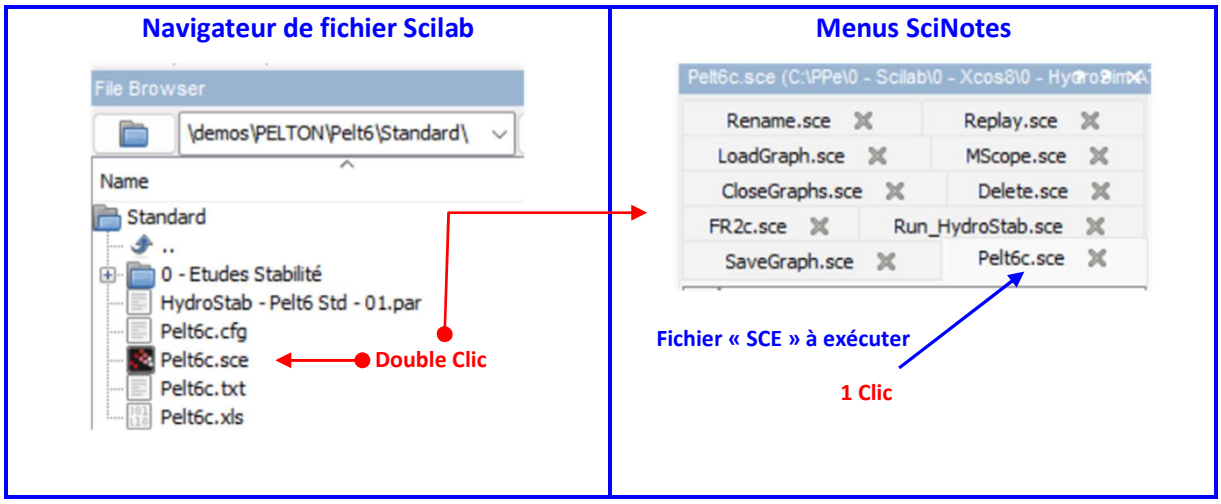
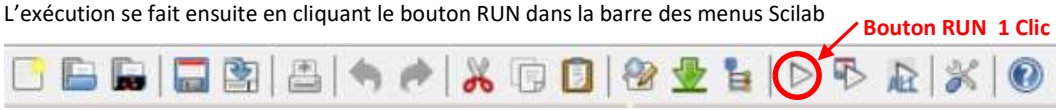


Figure 30 : Lancement d'une simulation à partir d'un fichier .sce (ici Pelt6c.sce)

L'exécution se fait ensuite en cliquant le bouton RUN dans la barre des menus Scilab



L'exécution du fichier « sce » provoque dans un premier temps l'apparition de la fenêtre « **HydroSim RUNNER** », proposant un ensemble de menus :

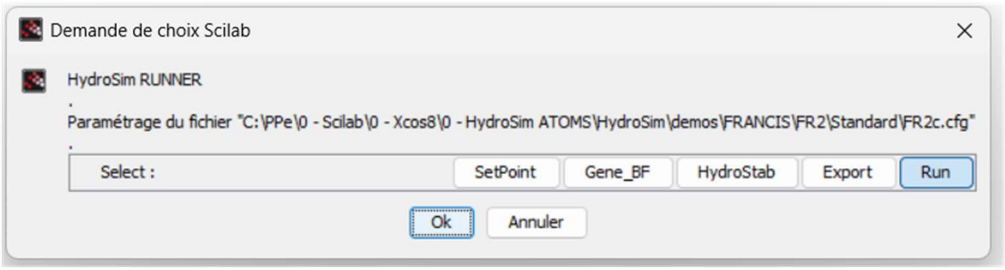


Figure 31 : Fenêtre "HydroSim RUNNER" au lancement d'un fichier "sce"

Sélectionner une action dans la liste de choix, puis valider le composant sélectionné avec la touche OK.

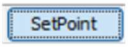
- Le menu **SetPoint** fixe les points de fonctionnement d'une simulation (Consigne de fonctionnement, mode réseau isolé/séparé, …etc). (*Voir §4.2.2.1*).

- Le menu **Gene_BF** initialise le perturbographe mis en œuvre dans le folio « Reseau » de toutes les schémathèques. Ce dispositif permet d'évaluer la qualité et la robustesse du simulateur suite à des stimuli sur la boucle fréquence ou puissance (*Voir §4.2.2.2*).

- Le menu **HydroStab** sélectionne dans le fichier « *HydroStab - xxx.par* » du répertoire, une méthode de simulation parmi celles expérimentées par l'utilisation dans une session HydroStab. (*Voir §4.2.2.3*)

- Le menu **Export** exporte une configuration de simulation dans un répertoire à sélectionner. Cet outil est réservé au développement (*Voir §4.2.2.4*).

- Le menu **Run** lance la simulation sous XCOS avec les paramètres définis dans les composants du RUNNER (*Voir §.4.2.2.5*).

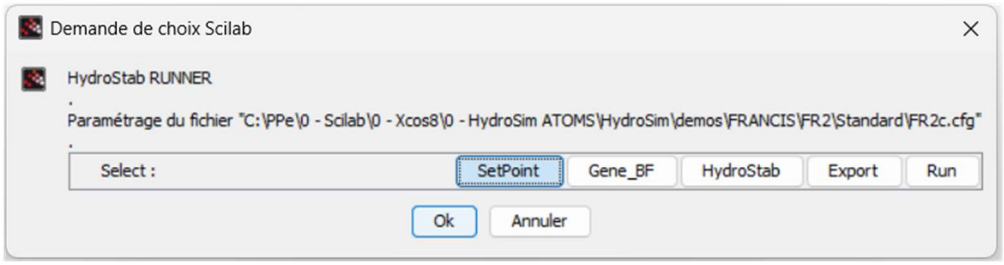
4.2.2.1 HydroSim RUNNER – SetPoint 

Le menu SetPoint fixe les principaux paramètres définissant la séquence à exécuter :

- Séquence de démarrage du groupe ou groupe déjà couplé au réseau
- Charge du groupe à prendre en considération
- Fonctionnement en réseau isolé ou groupes interconnectés.
- Instant de déclenchement du groupe avec Arrêt groupe ou Retour en marche à vide
- …etc

Les paramètres [Tsim, ModAss, Creseau, bReseau, TDJF, Riso, TDECL] sont décrits dans le manuel «HydroSim_Guide de programmation» et sont directement accessibles en utilisant l'index de ce document :

:



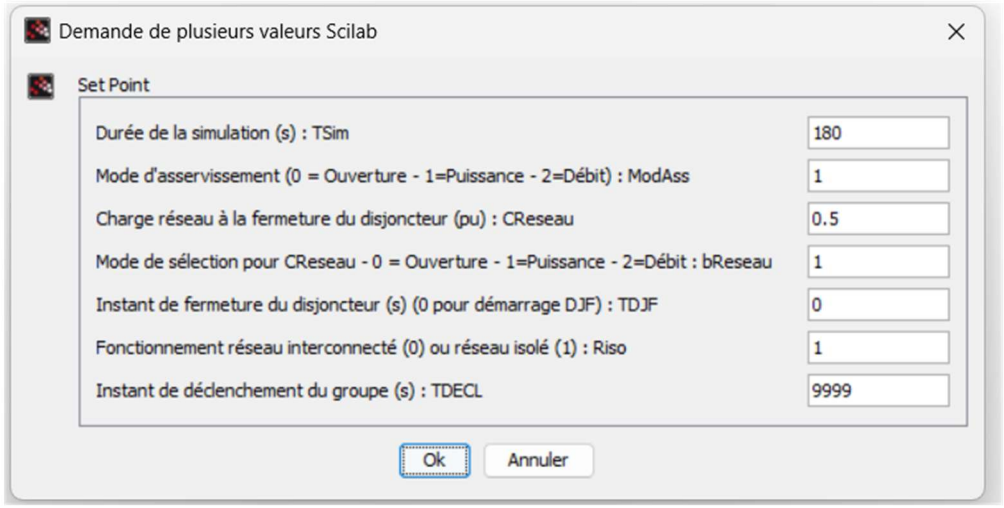


Figure 32 : SetPoint : Accès aux principaux paramètres de consignation du groupe hydraulique

4.2.2.2 HydroSim RUNNER – Gene_BF 

L'outil « Gene_BF » 

fixe les paramètres du générateur basse fréquence permettant de perturber le fonctionnement en régime établ de la simulation.

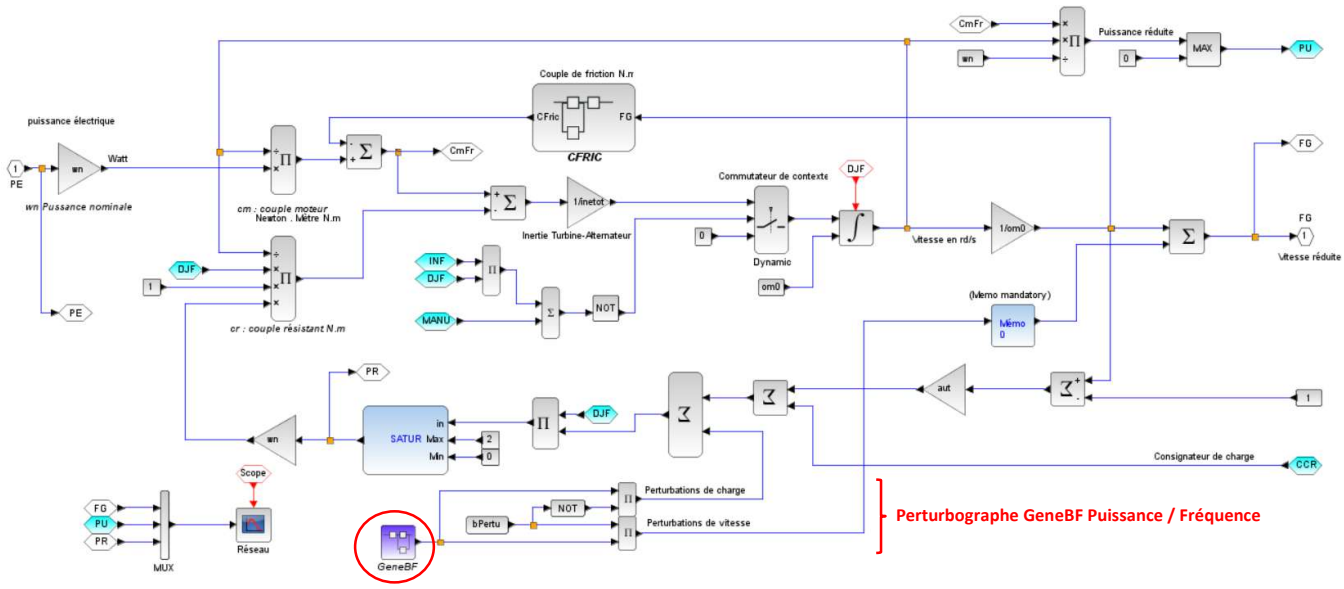
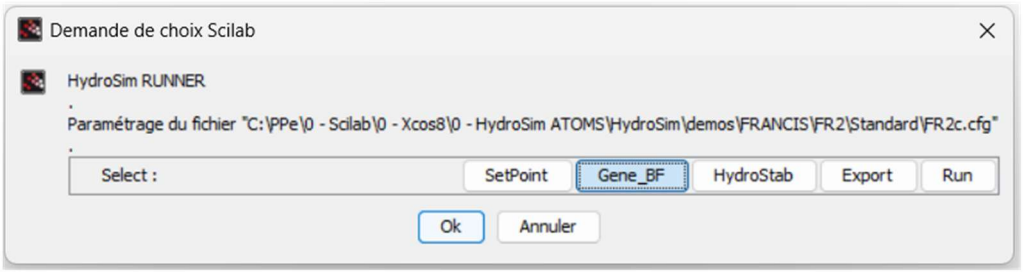


Figure 33 : Folio "Reseau" dans les schémathèques HydroSim



bPertu	Type de perturbation (0=Charge - 1=Vitesse) (0 ou 1)	Reseau / Gene_BF
modPer	Mode de perturbation (0=Échelons 1=SinuSync (0 ou 1)	Reseau / Gene_BF
dw1	Amplitude de l'échelon de perturbation n°1 (pu)	Reseau / Gene_BF
tdw1	Instant d'application de l'échelon de perturbation n°1 (s)	Reseau / Gene_BF
dw2	Amplitude de l'échelon de perturbation n°2 (pu)	Reseau / Gene_BF
tdw2	Instant d'application de l'échelon de perturbation n°2 (s)	Reseau / Gene_BF
tSinus	Générateur sinusoïdal SinuSync – Instant de départ de la sinusoïde (s)	Reseau / Gene_BF
ASinus	Amplitude du générateur sinusoïdal SinuSync (su)	Reseau / Gene_BF
PSinus	Période du générateur sinusoïdal SinuSync (s)	Reseau / Gene_BF
tDirac	Peigne de Dirac – Instant de départ du peigne (s)	Reseau / Gene_BF
ADirac	Amplitude du peigne de Dirac (su)	Reseau / Gene_BF
PDirac	Période du peigne de Dirac (s)	Reseau / Gene_BF
DDirac	Durée de l'impulsion de Dirac (s)	Reseau / Gene_BF
SDirac	Symétrie de l'impulsion de Dirac (su)	Reseau / Gene_BF

Figure 34 : Paramètres du générateur Gene_BF

Le générateur « GeneBF » s'intègre harmonieusement dans les modules « Reseau » des modèles HydroSim (*Voir Figure 33*).

Un sélecteur piloté par un booléen paramétrable « **bPertu** » oriente le signal de sortie.

- Stimuli sur la mesure de vitesse du groupe hydraulique

- Stimuli sur la puissance du groupe hydraulique

L'intérêt du générateur GeneBF est de solliciter *in fine* le régulateur de vitesse pour en mesurer les performances et sa robustesse.

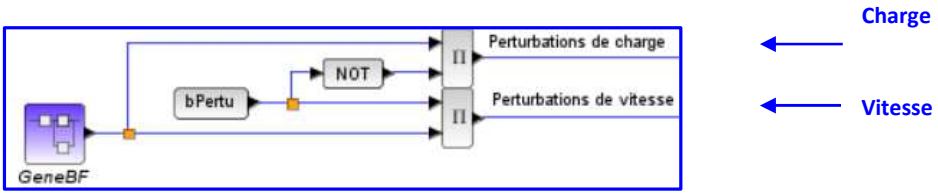


Figure 35 : Principe général du perturbographe Gene_BF dans le module « Réseau »

Le mode de programmation du générateur est indiqué dans le guide de programmation de HydroSim.

4.2.2.3 HydroSim RUNNER – HydroStab HydroStab

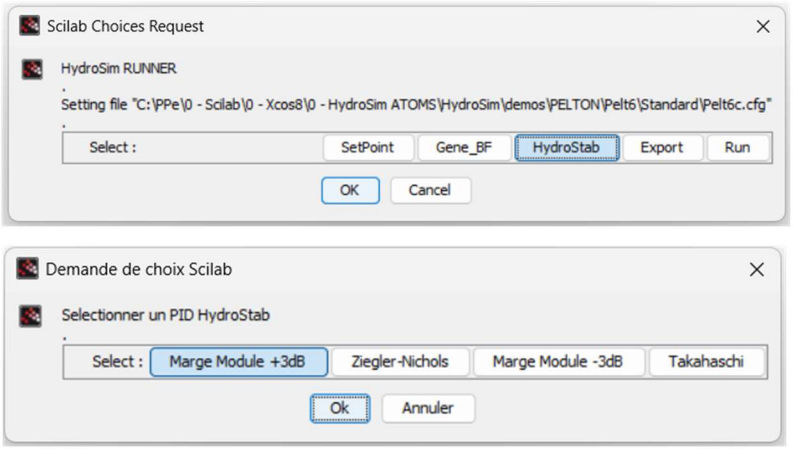


Figure 36 : Menu HydroStab - Sélection d'une méthode d'optimisation

Le fichier « *HydroStab - xxx.par* » est un fichier de sauvegarde généré par l'opérateur lors d'une session **HydroStab.** Il contient l'ensemble des données hydrauliques de la machine, les méthodes utilisées par l'opérateur, et les réglages des PID vitesse associés (*voir Figure 8).*

Lors d'un enregistrement dans un session **HydroStab**, il est préférable de réaliser la séquence d'enregistrement dans un répertoire commun avec **HydroSim,** comme indiqué en *Figure 28.*

L'outil « HydroStab » lit les méthodes retenues dans le fichier « *HydroStab - xxx.par* », et les propose à l'utilisateur, sous la forme d'une liste de choix, avant lancement de la simulation.

4.2.2.4 HydroSim RUNNER – Export Export

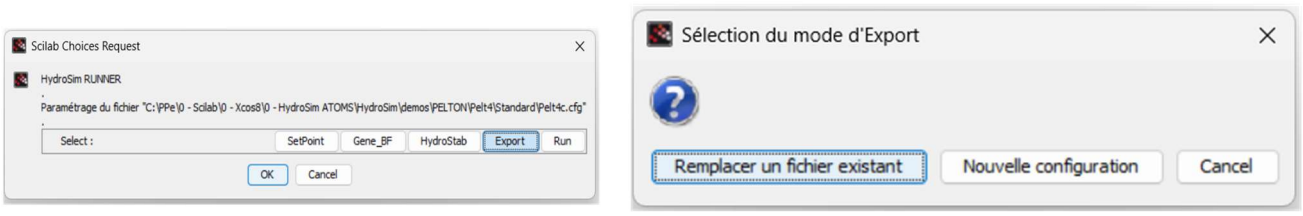
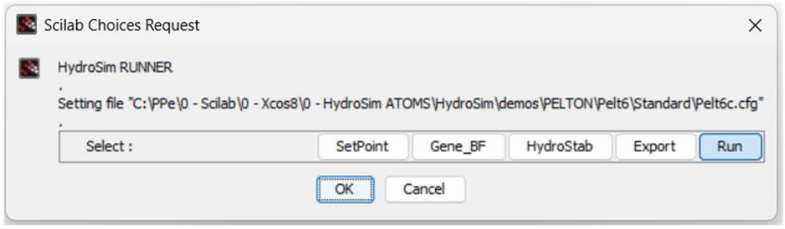


Figure 37 : Menu Export d'un fichier ".cfg"

L'outil « Export » permet l'enregistrement du fichier « .cfg », configuré par le RUNNER soit en remplacement d'un autre fichier « cfg » dans un répertoire existant, soit la création d'un nouveau fichier « cfg » avec numérotation automatique de ce fichier dans le répertoire de dépôt.

4.2.2.5 *HydroSim RUNNER – Run* 



L'outil « Run » met fin à l'exécution du « **RUNNER** », et lance la suite de l'exécution des instructions contenues dans le fichier « sce » pointé, après validation par la touche « OK ».

La simulation démarre ainsi avec le chargement de l'ensemble des paramètres prédéfinis, et l'exécution en arrière-plan du modèle associé à la simulation, dont l'affichage des scopes numériques programmés dans l'application.

Cette méthode est unique pour exécuter un fichier XCOS.

4.2.3 Exécution d'un chargeur «xxx_Loader.sce»

4.2.3.1 *Schéma de principe*

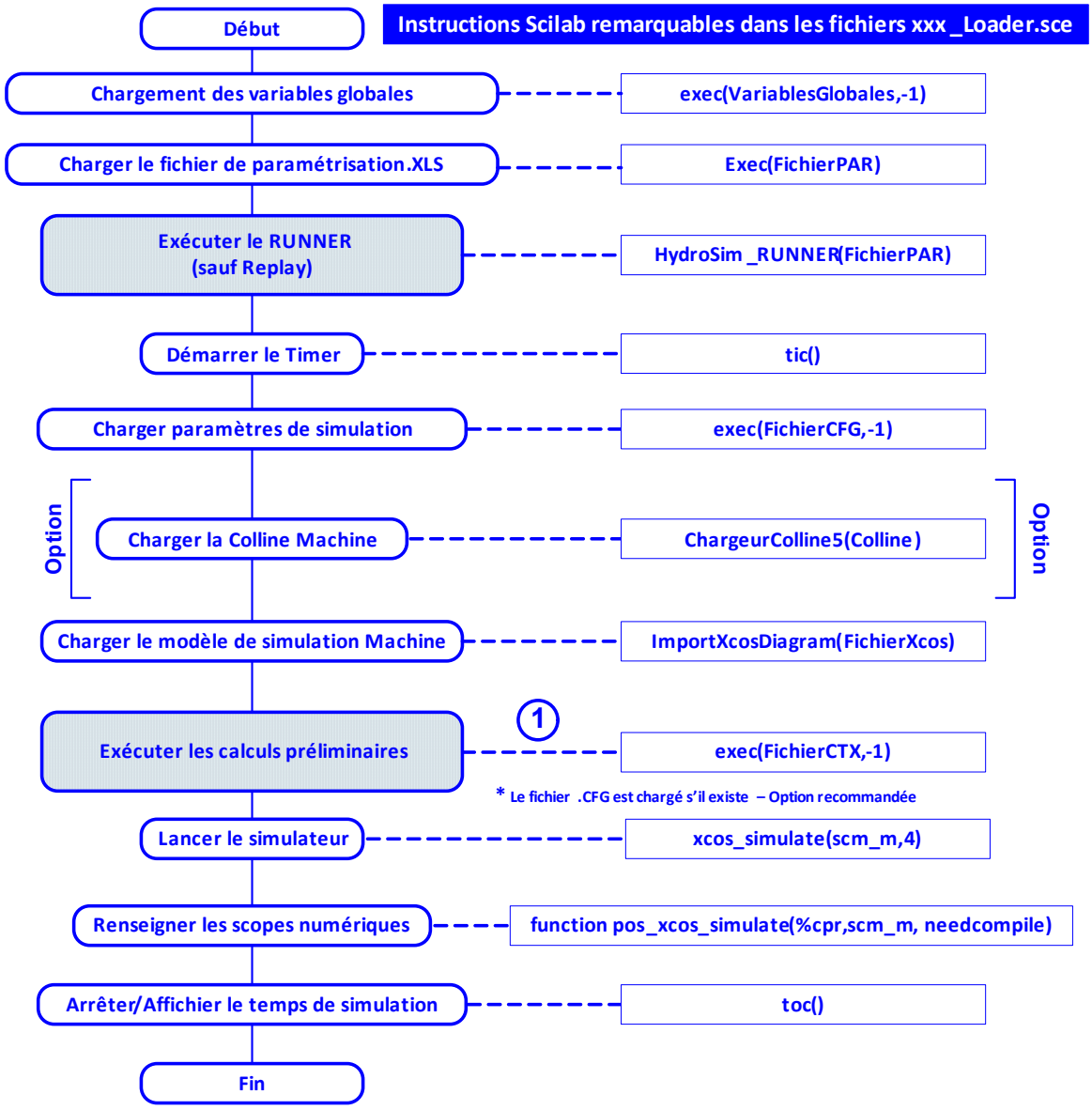


Figure 38 : Exécution générale d'un script Loader

La simulation est prévue pour le temps **Tsim** (s) indiqué dans chaque fichier de paramétrage « .cfg».

La durée effective du calcul, est affichée dans la console, par l'instruction ***toc()***, et dépend de la complexité du modèle, du solveur utilisé (NEWTON, RUNGE-KUTTA,…autres), et des calculs à réaliser.

4.2.3.2 Calculs préliminaires dans le modèle simulé

Les calculs préliminaires associés au programme principal dans le fichier XCOS sont activés dès le lancement de la simulation (Point ① en *Figure 38*), lors de l'exécution du fichier « sce ».

Ces calculs sont inclus dans un fichier texte « ctx », éditable, et homonyme obligatoirement du fichier d'exécution Xcos :

Exemple : FR2c.zcos et FR2c.ctx

Ces 2 fichiers sont situés obligatoirement dans un même répertoire.

Ils sont élaborés par le concepteur du modèle, afin de fournir toutes les données pour tous calculs utiles à l'exécution et la stabilité du modèle, en fonction des conditions de séquencement définies dans les fichiers « xls » ou « cfg » de paramétrage.

Ces calculs garantissent un démarrage sans transitoire de la simulation (**bumpless, démarrage sans à-coups**)

```
// Importation du diagramme fonctionnel
//-------------------------------------
FichierXcos=Root2 + ModeleXcos + ".zcos";
FichierCTX=Root2 + ModeleXcos + ".CTX"   <-- Définir le fichier CTX

printf("Modèle : %s\n",FichierXcos)
importXcosDiagram(FichierXcos);

printf("\n")

// Clear any pre_xcos_simulation
//------------------------------

function continueSimulation=pre_xcos_simulate(%cpr, scs_m, needcompile)
   continueSimulation=%t;
endfunction

// Clear any post_xcos_simulation
//------------------------------

function post_xcos_simulate(%cpr, scs_m, needcompile)
   Legendes_FRANCIS();  // Rajoute Légendes et Titres des graphiques
                chdir(SaveRoot)
endfunction


// Load the blocks library and the simulation engine
//--------------------------------------------------
loadXcosLibs(); loadScicos();


//First batch simulation with the parameters embedded in the diagram
//------------------------------------------------------------------
mprintf("Chargement du contexte d''exécution %s\n\n",FichierCTX)
exec(FichierCTX,-1)   <-- Exécuter le fichier CTX

xcos_simulate(scs_m, 4);
```

Figure 39 : Exécution d'un fichier « ctx » dans le script de lancement « FR2_Loader.sce » du simulateur

Exemples :

- Si la simulation démarre avec le disjoncteur fermé (TDJF=0), la vitesse groupe est au nominal.
- Si la consigne de charge est non nulle pour une simulation démarrant disjoncteur fermé, les valeurs de débit initial, vannage ou injecteur, pales sont alors calculés pour démarrer la simulation sans à-coups.
- Programmation des échelons de perturbations df1 et df2 aux temps tdf1 et tdf2
- …etc

La figure ci-dessous indique un Example de calcul de la résistance hydraulique du circuit, réalisé dans un fichier « ctx » :

```
// Calcul du diamètre hydraulique
//-------------------------------
Dh=sqrt(Seq*4/%pi);

// Calcul du nombre de Reynolds
//-----------------------------
V=Qnom/Seq;          // Vélocité moyenne de l'eau
Re=V*rho*Dh/mu

// Calcul du coefficient de frottement de Darcy avec la corrélation de Colebrook-White
//------------------------------------------------------------------------------------
fd=fsolve(0.01,Colebrook);

// Calcul de la perte de charge à 100% d'ouverture
//------------------------------------------------

if bLOQ then
    DeltaH=interpln([xPdC;yPdC],1.)*hb;     // Perte de charge en mètres, calculée à 100% d'ouverture
else
    DeltaH=(fd*Leq*V^2)/(Dh*2*g);           // Perte de charge en mètres - Formule classique de Darcy-WeisBach
end

// Calcul de la résistance hydraulique (équation de Darcy-Weisbach)
//-----------------------------------------------------------------
ck_nom=DeltaH/(Qnom^2);                     // Résistance hydraulique de la conduite
```

Figure 40 : Exemple de calcul de Résistance hydraulique - Extrait fichier FR2c.ctx

4.3 Outillage HydroSim

4.3.1 Liste des outils HydroSim pour la manipulation des données de simulation

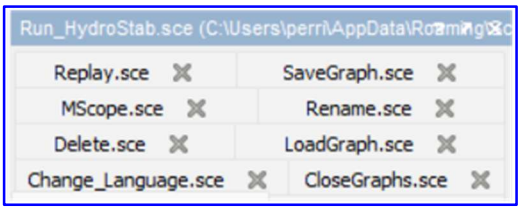
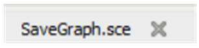


Figure 41 : Liste des outils HydroSim

4.3.2 SaveGraph : Sauvegarde des données de simulation



4.3.2.1 Sélection d'un répertoire d'enregistrement

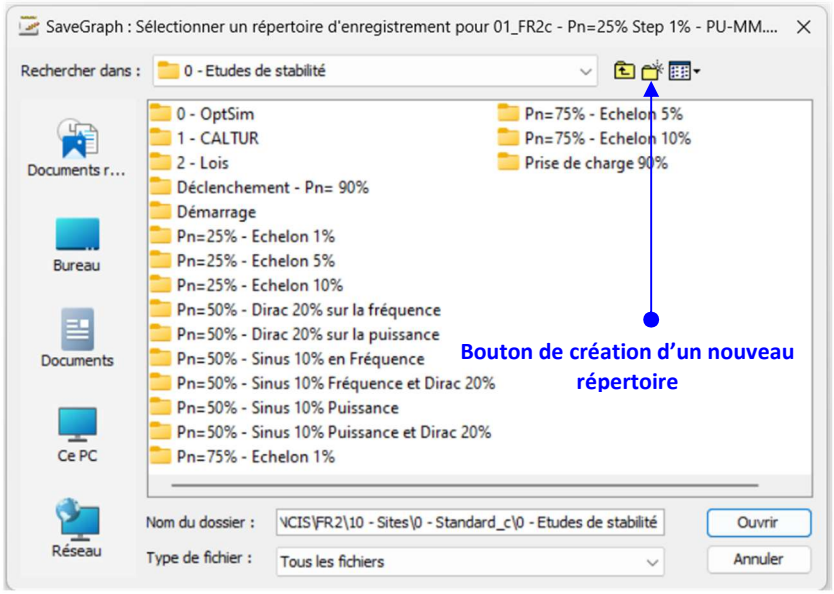


Figure 42 : Navigateur de fichiers SaveGraph

La sauvegarde des figures et paramétrage de réglage, dans une session de simulation, s'effectue à partir du répertoire courant, en exécutant le script « SaveGraph.sce. ».

☞ Remarque : le bouton  permet de créer un répertoire dans l'arborescence courante.

4.3.2.2 *Structure et numérotation des fichiers de sauvegarde*

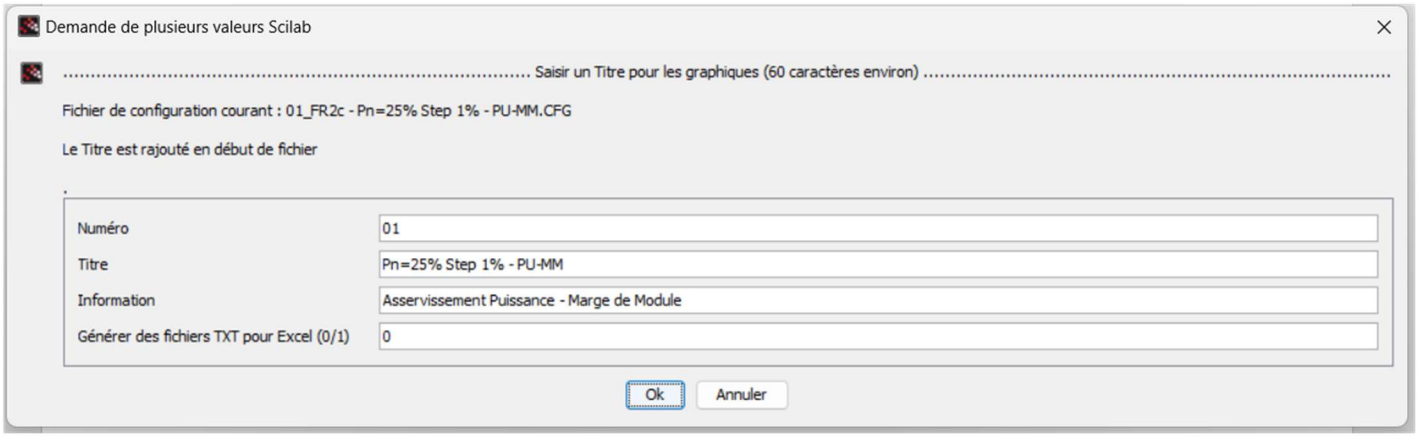


Figure 43 : Interface de structuration des fichiers d'enregistrements

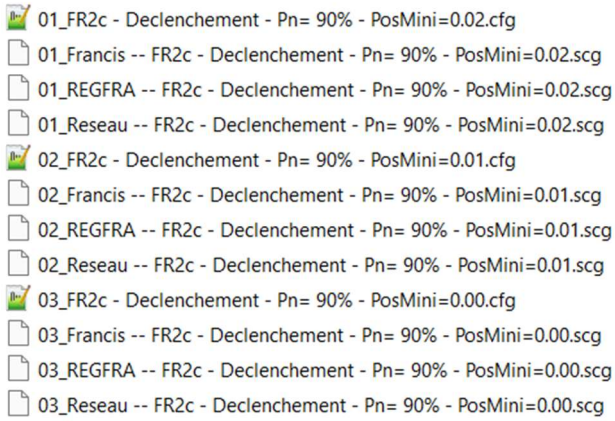
La boite de dialogue présentée en ***Figure 43*** définit les paramètres pris en compte dans la dénomination des fichiers sauvegardés.

Le champ « ***Information*** » est un commentaire rajouté sur l'ensemble des scopes numériques dans la zone « ***info_message*** », située en bas de chacun des graphiques.

S'il s'agit d'un nouveau répertoire, la numérotation des fichiers sauvegardés, commence à l'index 01 ; sinon, l'index d'enregistrement est celui du plus élevé, incrémenté d'une unité.

Il n'y a pas de limite concernant la valeur de l'index d'enregistrement (1000, 9999, 100000…etc.). En ce sens, dans un même répertoire, donc correspondant à séquencement identique, le numéro de l'index peut repérer et séparer des essais distincts (*Modification de Kp par exemple ou d'un paramètre d'option, ou de la valeur de tout autre paramètre*).

4.3.2.3 *Types de fichier*



HydroSim\demos\FRANCIS\FR2\Standard\0 - Etudes de stabilité\Déclenchement -

Figure 44 : Exemple de sauvegarde de fichiers après simulation

Les fichiers sauvegardés avec l'utilitaire SaveGraph sont de trois types

4.3.2.3.1 *Les fichiers .cfg*

Les fichiers « cfg » sont des fichiers texte représentant une copie du fichier «cfg » générique exécuté lors du lancement d'un fichier «.sce». Ils contiennent donc une copie des paramètres issus du RUNNER, plus des paramètres réglant des configurations particulières (PosMini, ….etc), situés en fin de ce fichier.

Les fichiers de configuration de type .cfg sont directement exploitable par HydroSim, avec les utilitaires **Replay**, **Rename**, **Delete**.

Les noms des fichiers sont constitués de la façon suivante :

Numéro_NomFichierSCE - Titre.cfg

Exemple :

01_FR2c - Pn=25% Step 1% - PU-MM.cfg

```
//-------------------------------------------------------------------------------------------
// Paramétrisation complémentaire
//-------------------------------------
//
//
// Les paramètres introduits ci-dessous sont en surcharge de ceux déjà présents dans le fichier
// de paramétrage Excel .XLS
//
//-------------------------------------------------------------------------------------------

//-------------------------------------------------------------------------------------------------------
// Paramétrage HydroSim RUNNER ----------------------------------------------------------------------
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------

TSim=180.000;                          // Durée de la simulation (s)

//-------------------------------------------------------------------------------------------------------
// Réglage de la consigne de charge -----------------------------------------------------------------
//-------------------------------------------------------------------------------------------------------
ModAss=1.000;                          // Mode d'asservissement : 0 = Ouverture - 1=Puissance - 2=Débit
CReseau=0.250;                         // Charge réseau à la fermeture du disjoncteur (pu)
bReseau=1.000;                         //Mode de sélection pour CReseau -  0 = Ouverture - 1=Puissance - 2=Débit : bReseau

TDJF=0.000;                            // Instant de fermeture du disjoncteur (s) (0 pour démarrage DJF)
TDECL=9999.000;                            // Instant de déclenchement du groupe (s)

Riso=1.000;                            // Fonctionnement réseau interconnecté (0) ou réseau isolé (1)

//-----------------------------------------------------
// Perturbations sur le réseau ---------------------
//-----------------------------------------------------

    //-------------------------
    // Génétateur BF par défaut
    //-------------------------

bPertu=0;                              // Type de perturbation (0=Charge - 1=Vitesse) bloc Reseau
modPer=0.000;                          // Mode de perturbation (0=Echelons 1=SinuSync)
```

Figure 45 : Extrait d'un fichier de sauvegarde cfg

Voir aussi le fichier 01_FR2c - Declenchement - Pn= 90% - PosMini=0.02.cfg pour l'introduction d'une séquence spéciale avec le paramètre PosMini.

4.3.2.3.2 Les fichiers .scg

Les fichiers graphiques de type .SCG sont directement exploitables par Scilab, ou peuvent être restituer avec l'utilitaire **LoadGraph**.

Les noms des fichiers sont constitués de la façon suivante :

Numéro_NomScope -- NomFichierSCE - Titre.scg

Exemples :

01_Francis -- FR2c - Pn=25% Step 1% - PU-MM.scg

01_Reseau -- FR2c - Pn=25% Step 1% - PU-MM.scg

Le numéro d'enregistrement est identique à celui du fichier générateur .CFG

NomScope est le nom d'un scope numérique utilité dans le fichier XCOS de simulation.

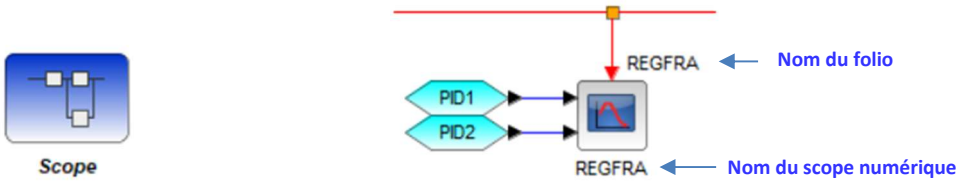


Figure 46 : Scope « REGFRA » dans le simulateur FR2 – Composant « Scope » - Folio « REGFRA»

4.3.2.3.3 Les fichiers txt (Passerelle vers Excel)

Les fichiers ASCII au format txt offrent un format parallèle, prévu pour une réutilisation des données sur des logiciels connexes, comme Excel, FlexPro,…autres.

Ces fichiers ne sont produits que si l'option « ***Générer des fichiers txt pour Excel*** » dans la boite de dialogue en ***Figure 43***, est positionnée à 1.

	A	B	C	D
1	Time	Vitesse réduite	Puissance Groupe	Puissance Réseau
2	0	1	0.5000052	0.5
3	0.1	1.0006831	0.4996777	0.5
4	0.2	1.0013743	0.4988098	0.5
5	0.3	1.002073	0.4984943	0.5
6	0.4	1.0027451	0.4990545	0.5
7	0.5	1.0034381	0.4999015	0.5
8	0.6	1.0041522	0.5005985	0.5
9	0.7	1.0048435	0.5010782	0.5
10	0.8	1.0055524	0.5014238	0.5
11	0.9	1.0062638	0.5017097	0.5
12	1	1.0069914	0.5019704	0.5
13	1.1	1.0076931	0.5022177	0.5
14	1.2	1.0084245	0.5024562	0.5
15	1.3	1.0091299	0.5026902	0.5
16	1.4	1.0098509	0.5030417	0.5
17	1.5	1.010575	0.5031636	0.5
18	1.6	1.0112915	0.5012573	0.5
19	1.7	1.0119936	0.497423	0.5

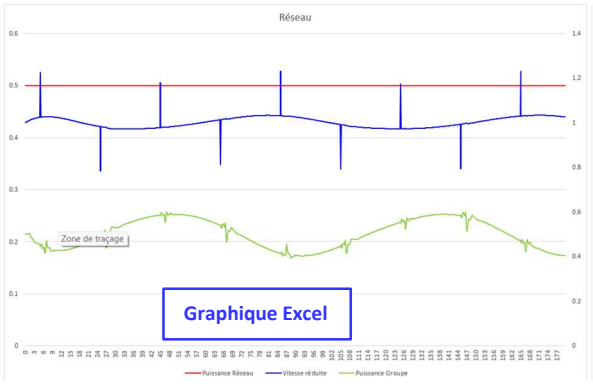


Figure 47 : Passerelle EXCEL - Fichier 01_Reseau -- FR2c - Pn=50% - Sinus 10% Fréquence Dirac 20%.txt et .xlsx

Un exemple graphique est indiqué en *Annexe G*.

4.3.3 CloseGraph : Fermeture de toutes les fenêtres graphiques

CloseGraphs.sce

L'utilitaire CloseGraphs ferme toutes les fenêtres graphiques visualisées dans une session Scilab, et n'a aucune influence ou incidence dans les différents répertoires de simulation.

4.3.4 LoadGraph : Restitution de graphiques préalablement sauvegardés

LoadGraph.sce

La restitution de figures préalablement enregistrées avec l'utilitaire « SaveGraph », s'effectue à partir du répertoire courant, en exécutant le script « LoadGraph.sce. ».

Ce dispositif permet de visualiser des séquences identiques dans lesquelles l'utilisateur aura modifié des paramètres.

4.3.4.1 Exemple 1 : Influence du conditionnement de l'intégrateur vitesse dans la simulation d'une turbine Kaplan

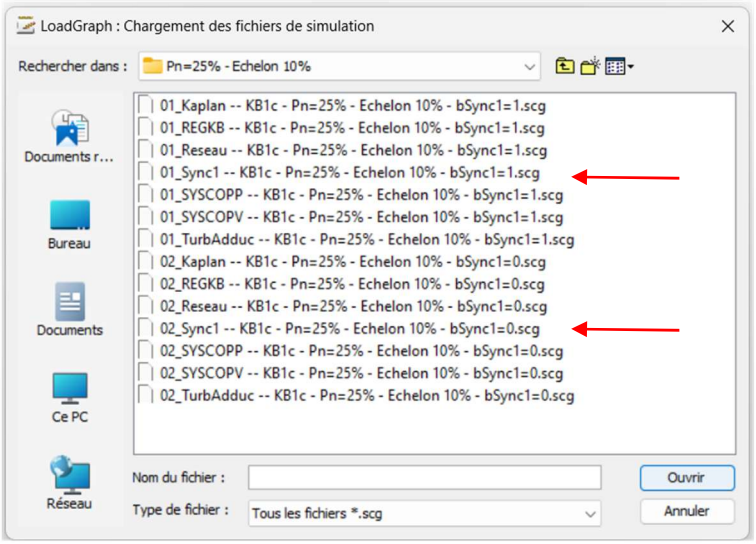
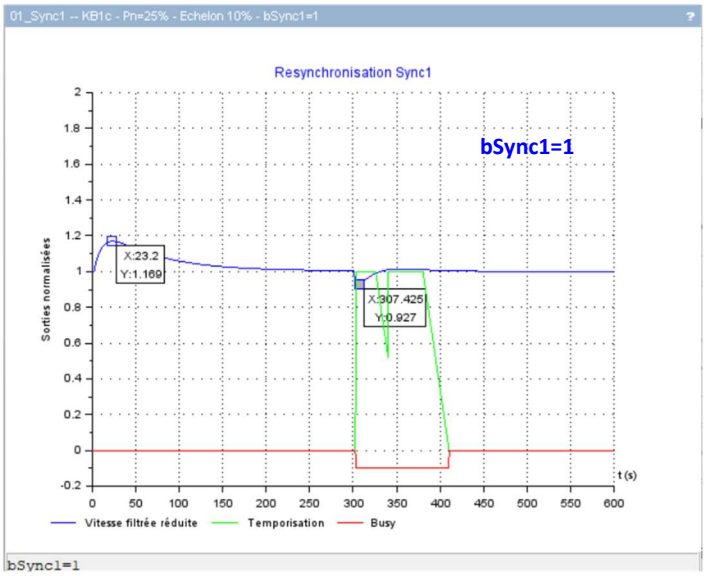


Figure 48 : Navigateur de fichiers LoadGraph



HydroSim\demos\KAPLAN\KB1\Standard\0 - Etudes stabilité\Pn=25% - Echelon 10%

Figure 49 : 01_Sync1 -- KB1c - Pn=25% - Echelon 10% - bSync1=1.scg

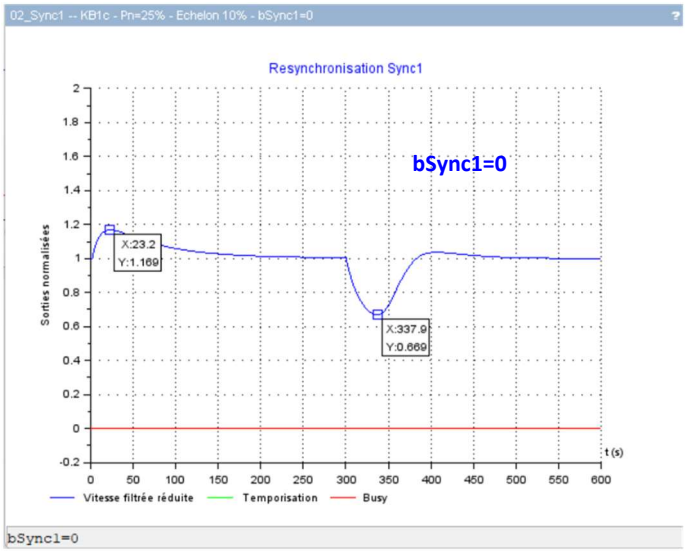


Figure 50 : 02_Sync1 -- KB1c - Pn=25% - Echelon 10% - bSync1=0.scg

Dans les 2 figures présentées ci-dessus, on peut apprécier l'amélioration des transitoires hydrauliques, par effet du paramètre de resynchronisation de l'intégrateur vitesse bSync1, dans le cadre d'une machine KAPLAN.

On obtient aussi un gain de plus de 20% sur la sous-vitesse machine.

4.3.4.2 *Exemple 2 : Influence du pré-positionnement du Vannage dans une séquence de délestage FRANCIS*

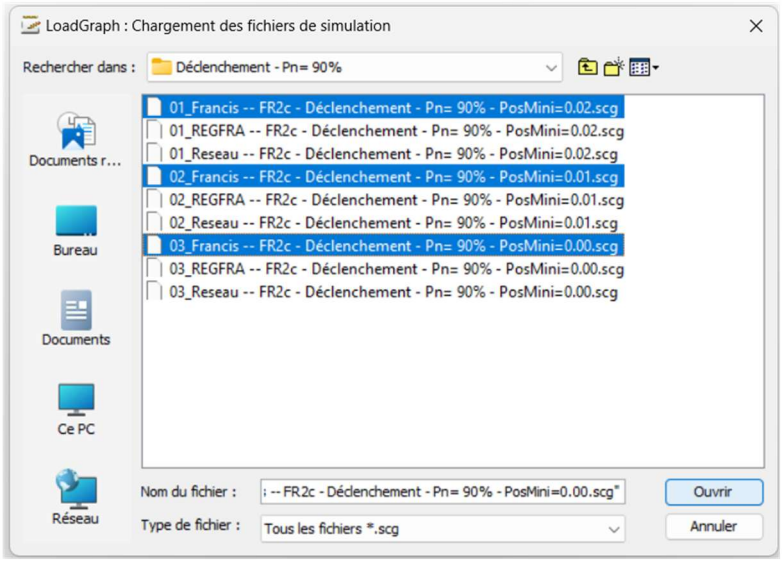


Figure 51 : Sélection des fichiers de délestage FRANCIS avec LoadGraph

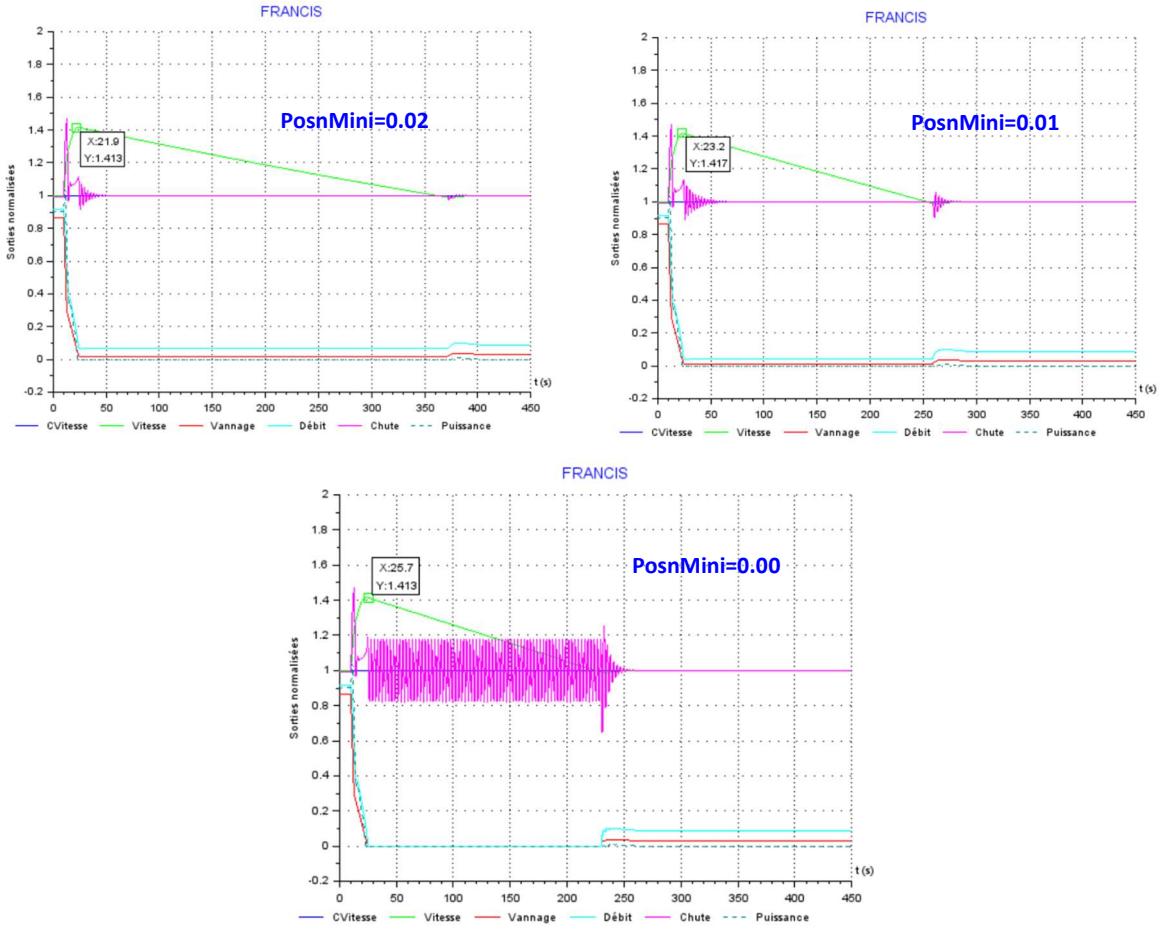


Figure 52 : Influence du pré-positionnement du Vannage dans une séquence de délestage FRANCIS - Paramètre PosMini

4.3.5 Replay : Relance d'une séquence de simulation

Replay.sce

4.3.5.1 Présentation

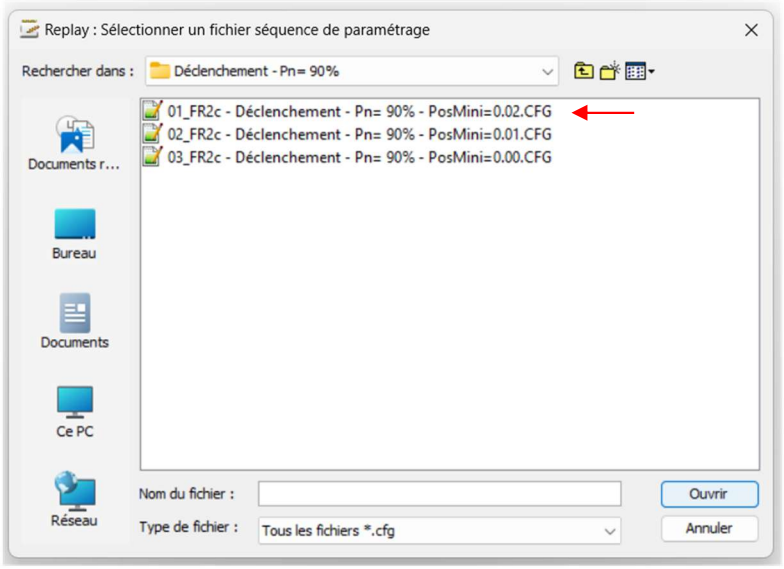


Figure 53 : Navigateur de fichier pour la relance d'une simulation enregistrée

L'exécution de l'utilitaire « Replay.sce » relance une simulation préalablement enregistrée.

Le navigateur de fichier liste l'ensemble des fichiers « .cfg » déjà enregistrés dans un répertoire sélectionné.

Un double clic sur un fichier «cfg» rejoue automatiquement la séquence de simulation associée.

4.3.5.2 Recherche de l'exécutable « .sce »

L'utilitaire extrait dans un premier temps de nom du fichier « sce » associé au fichier « cfg », d'après la règle de construction d'un fichier « cfg ».

Numéro_NomFichierSCE - Titre.cfg

Cette recherche s'effectue dans les répertoires en amont du fichier « cfg ».

Par exemple, le fichier « *01_FR2c - Déclenchement - Pn= 90% - PosMini=0.02.CFG* » indiqué contient l'information :

FRANCIS\FR2\10 - Sites\0 - Standard\FR2c.SCE

Figure 54 : Ligne d'entête d'un fichier « cfg »

HydroSim affiche un message d'erreur si le fichier « sce » ne peut pas être localisé :

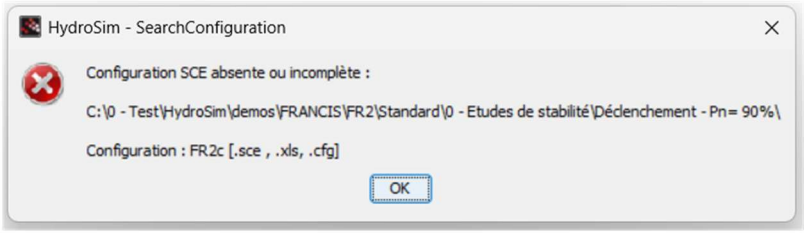


Figure 55 : Message d'erreur lorsqu'un fichier "sce" ne peut être localisé

☞ **Ce mécanisme permet à l'utilisateur d'implémenter HydroSim à tout endroit de son PC, en garantissant la réexécution des tests sauvegardés dans tous répertoires.**

4.3.6 Rename : Renommage d'enregistrements

Rename.sce

Le script **Rename** propose de sélectionner une séquence « cfg » dans un répertoire à préciser :

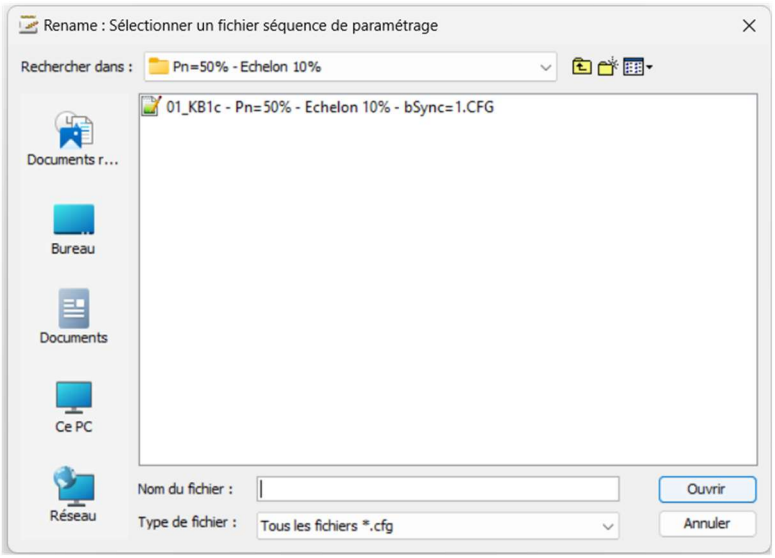


Figure 56 : Sélection d'une séquence à renommer

Sur validation de l'opérateur, un nouveau menu permet de renommer l'enregistrement :

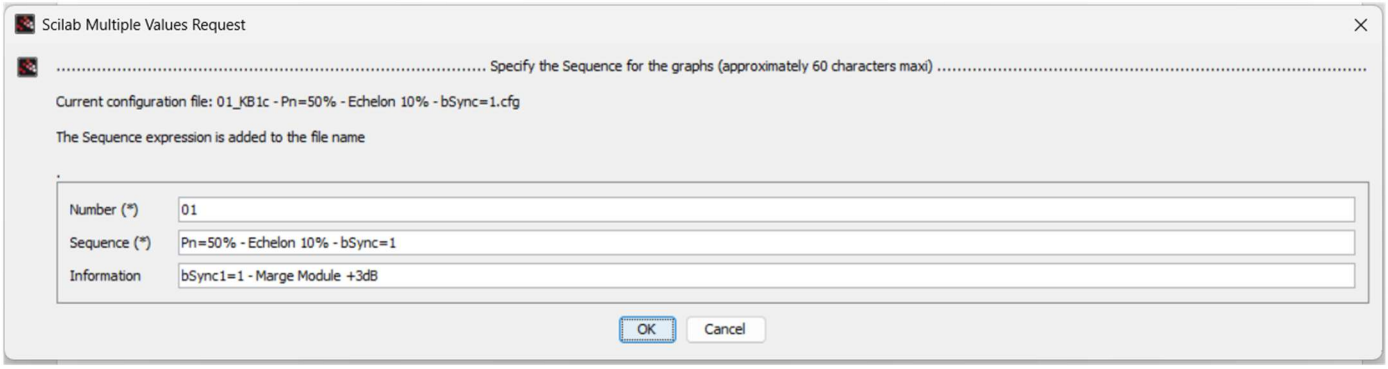


Figure 57 : Paramètres de renommage d'une séquence

Un compte-rendu des opérations s'inscrit ensuite dans la fenêtre Scilab :

```
Rename
------------
01_KB1c - Pn=50% - Echelon 10% - bSync=1 - Marge Module 3dB.cfg

01_Kaplan -- KB1c - Pn=50% - Echelon 10% - bSync=1 - Marge Module 3dB.scg
01_REGKB -- KB1c - Pn=50% - Echelon 10% - bSync=1 - Marge Module 3dB.scg
01_Reseau -- KB1c - Pn=50% - Echelon 10% - bSync=1 - Marge Module 3dB.scg
01_Sync1 -- KB1c - Pn=50% - Echelon 10% - bSync=1 - Marge Module 3dB.scg
01_TurbAdduc -- KB1c - Pn=50% - Echelon 10% - bSync=1 - Marge Module 3dB.scg

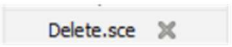

...Rename : 6 fichiers renommés
```

Figure 58 : Exemple de compte rendu dans la fenêtre Scilab après renommage

Le script renomme les fichiers « cfg » « scg » et « txt » s'ils sont présents.

Les nouvelles fenêtres graphiques sont réaffichées avec leurs caractéristiques modifiées.

4.3.7 Delete : Suppression d'une séquence de simulation et des fichiers liés



Le script **Delete** propose de sélectionner une séquence « cfg » dans un répertoire à préciser :

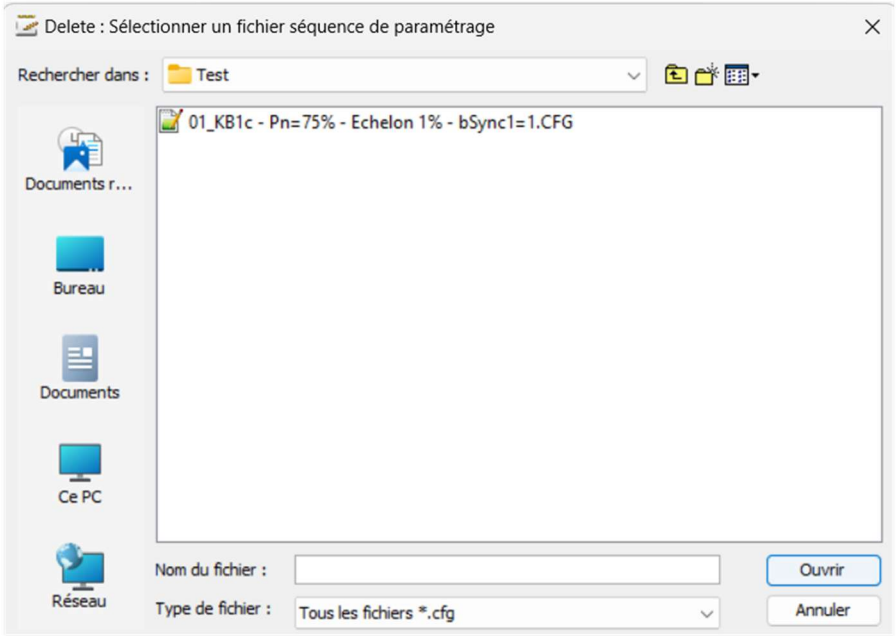


Figure 59 : Sélection d'une séquence à supprimer

Sur validation de l'opérateur, le script Delete supprime :

- Le fichier de configuration .cfg
- L'ensemble des fichiers liés .scg et .txt s'ils sont présents dans le répertoire
- Efface les figures graphiques si elles sont présentes dans la fenêtre Scilab.

Un compte rendu de l'opération s'affiche ensuite dans la fenêtre Scilab :

```
Delete
-------
...01_KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.CFG

...01_TurbAdduc -- KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.scg
...01_SYSCOPV -- KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.scg
...01_SYSCOPP -- KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.scg
...01_Sync1 -- KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.scg
...01_Reseau -- KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.scg
...01_REGKB -- KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.scg
...01_Kaplan -- KB1c - Pn=75% - Echelon 1% - bSync1=1.scg

Suppression de 8 fichier(s) HYDROTUR
```

Figure 60 : Exemple de compte rendu dans la fenêtre Scilab après suppression d'une séquence

4.3.8 MScope : Masquage des scopes numériques présents dans les simulations

MScope.sce

4.3.8.1 Accès aux scopes numériques dans les schémathèques HydroSim

Les fichiers HydroSim de simulation au format Xcos intègrent des séries d'oscilloscope numériques, utiles au contrôle des états des processus simulés (exemple : FR2c.zcos, KB1.zcos, PELTON.zcos…etc)).

Tous les scopes numériques sont accessibles à partir du composant « Scope » disponible sur le folio principal des modèles Xcos :



Figure 61 : Accès aux scopes numériques des modèles Xcos de HydroSim

Un double clic sur ce composant, visualise l'ensemble de tous les scopes prévus dans le modèle affiché :

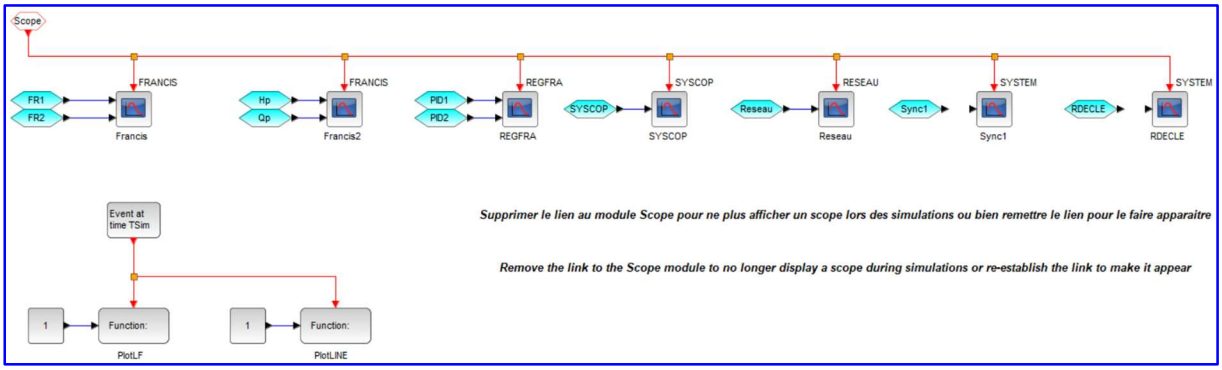


Figure 62 : Scopes numériques dans le modèle FR2

Chaque scope est représenté en rouge par sa base de temps, des étiquettes et connexions générées dans les folios de la schémathèque, du nom de folio dans lequel le scope est créé, le nom du scope apparaissant dans l'écran graphique.

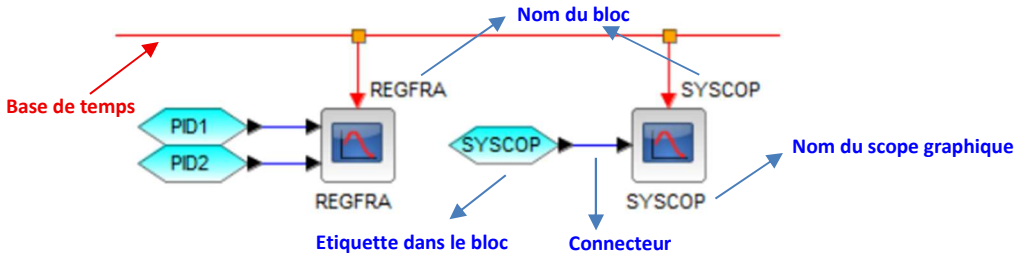


Figure 63 : Description d'un scope numérique

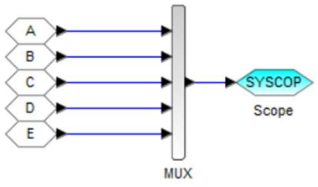


Figure 64 : Scope "SYSCOP" dans le bloc "SYSCOP"

Une partie de ces scopes sont partiellement utilisés pour la mise au point de l'algorithmique embarquée, et peuvent être masqués par la suite. Ce dispositif est fourni par l'utilitaire **MScope.sce**.

Les raisons de cet utilitaire sont justifiées :

- En phase de mise au point d'un modèle, il peut être nécessaire d'introduire des scopes supplémentaires pour validation de l'algorithmique
- Il est facile de supprimer un scope dans un modèle, et plus compliqué de le réintroduire avec des liens pertinents
- Actuellement, Scilab ne permet pas de masquer des scopes dans la phase de simulation
- Tous les scopes ne sont pas forcément utiles dans la phase d'exploitation d'un modèle pour un site simulé avec ses données d'entrée.

- …etc.

Machine	FRANCIS	KAPLAN	PELTON
Nombre maximal de scope	11	12	16
Nombre maximal de scope masquables par MScope	8	9	12

Figure 65 : Nombre maximal de scope par type de machine

4.3.8.2 Suppression de scopes – Masquage de niveau 0

Il est possible de supprimer un scope directement dans le folio « Scope » des modèles.

Cette solution est la moins élégante, car elle demande l'édition du fichier modèle, et la réintroduction du scope détruit peut s'avérer hasardeuse.

4.3.8.3 Déconnexions de scopes - Masquage de niveau 1

Le masquage de niveau 1 consiste à supprimer le lien à un scope dans le folio « Scope »

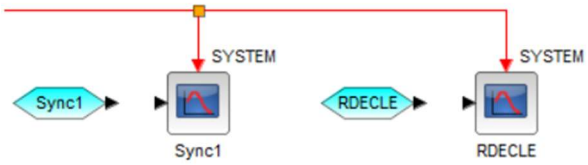


Figure 66 : Exemple de masque de scopes niveau 1

La figure ci-dessus montre les déconnexions des scopes « Sync1 » et du relais « RDECL »

Cette solution est préférable à la précédente. Néanmoins, elle présente également l'inconvénient d'éditer le fichier modèle.

4.3.8.4 MScope - Masquage de niveau 2

4.3.8.4.1 Présentation

En exécutant l'utilitaire MScope, on affiche l'écran de contrôle des oscilloscopes numériques :

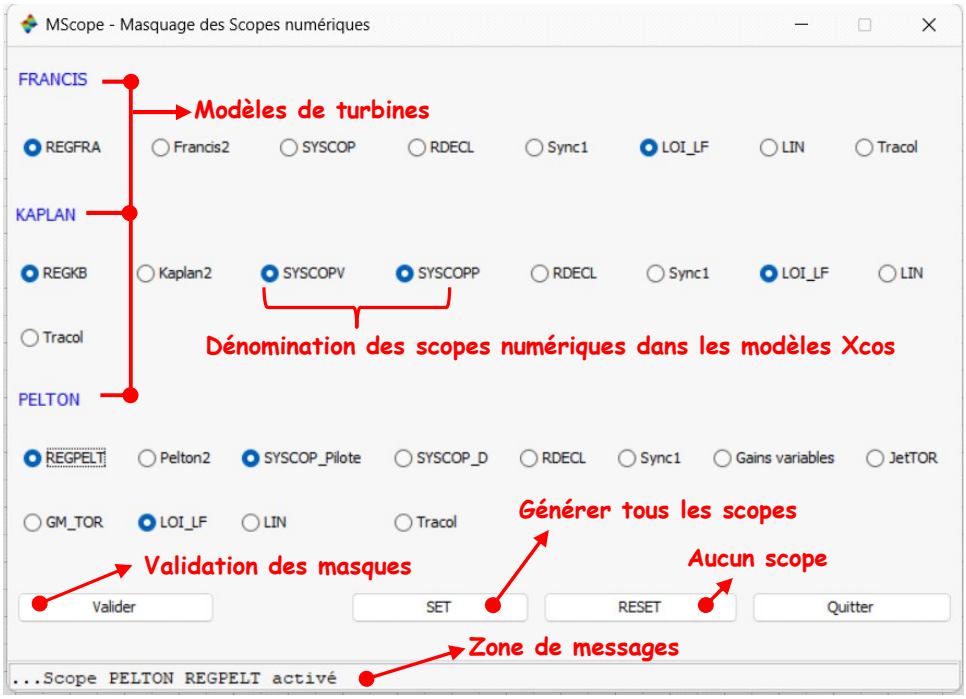


Figure 67 : Écran d'accueil de la fonction MScope - Principe

4.3.8.4.2 Principe général

Chacune des figures à masquer et présentes dans les fichiers Xcos, sont représentés par des «radiobuttons », précisant les noms de scope indiqués dans les fichiers Xcos

Un clic sur un « radiobutton » valide alternativement le scope associé si le « radiobutton » est allumé, ou supprime le scope en fin de simulation s'il est éteint.

Cette méthode présente l'avantage de ne pas éditer le fichier modèle.

4.3.8.4.3 Touche Valider 

L'appui sur le BP « **Valider »,** provoque l'enregistrement des masques dans le fichier système HydroSim nommé **Options.txt**, situé dans le répertoire *SCI_HydroSim,*

Ce fichier contient l'ensemble des scopes devant être masqués, c'est-à-dire l'ensemble des oscilloscopes dont les « radiobuttons » sont éteints dans le menu MScope.

➔ Les fenêtres graphiques correspondantes disparaissent en fin de simulation

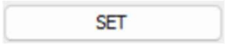
```
//-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
// Fichier système HYDROTUR : Options.txt
// Ce fichier est réservé à l gestion de masquages des scopes HYDROTUR. Ne pas éditer ce fichier
// This file is reserved for managing masking of HYDROTUR scopes. Do not edit this file
//-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Mask_Francis=[ "Francis2"  "SYSCOP"  "RDECL"  "Sync1"  "LIN"  "Tracol" ]

Mask_Kaplan=[ "Kaplan2"  "RDECL"  "Sync1"  "LIN"  "Tracol" ]

Mask Pelton=[ "Pelton2"  "SYSCOP D"  "RDECL"  "Sync1"  "Gains variables"  "JetTOR"  "GM TOR"  "LIN"  "Tracol" ]
```

Figure 68 : Fichier « Option.txt » de masquage des oscilloscopes dans le répertoire ***SCI_HydroSim***

4.3.8.4.4 Touche SET 

La touche « SET » allume tous les boutons radios sélectionnés dans le menu de choix préliminaire proposé :

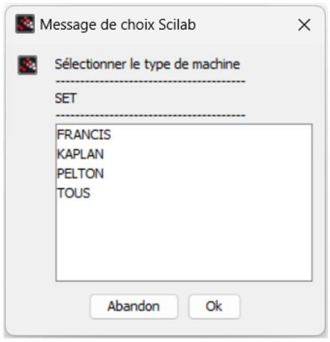


Figure 69 : Sélection des masques pour la fonction SET

. Il s'ensuit que le fichier ***Options.txt*** contiendra des masques vides, en choisissant l'item « TOUS » :

```
1   //-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
2   // Fichier système HYDROTUR : Options.txt
3   // Ce fichier est réservé à l gestion de masquages des scopes HYDROTUR. Ne pas éditer ce fichier
4   // This file is reserved for managing masking of HYDROTUR scopes. Do not edit this file
5   //-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
6
7   Mask_Francis=[]
8
9   Mask_Kaplan=[]
0
1   Mask_Pelton=[]
```

Figure 70 : Fichier de masquage MScope.txt suite à une action "SET" sur toutes les machines

4.3.8.4.5 *Touche RESET* RESET

La touche «RESET » éteint tous les boutons radios sélectionnés dans le menu de choix préliminaire proposé :

. Il s'ensuit que le fichier ***Options.txt*** contiendra des tous les masques du menu MScope.

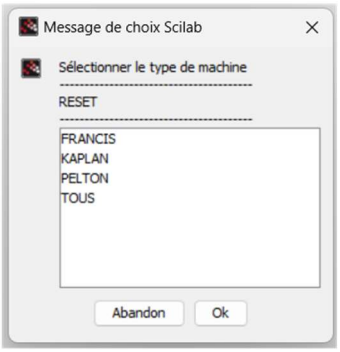


Figure 71 : Sélection des masques pour la fonction RESET

4.3.8.4.6 *Touche Quitter* Quitter *ou Croix de fermeture de la fenêtre MScope*

La touche Quitter ou la Croix de fermeture met fin à la session MScope.

Si la configuration n'a pas évolué, la fermeture de la fenêtre MScope est immédiate.

Sinon un message fugitif propose une sauvegarde de la configuration avec fermeture du programme.

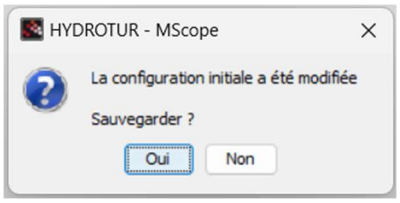


Figure 72 : Message de proposition d'enregistrement avant « Quitter »

4.3.8.4.1 *Tracé des collines machines Ajout de scopes supplémentaires : Linéarisation – Loi multi-pentes de fermeture de servomoteur*

En plus des scopes contenus dans les fichiers de simulation, il est possible d'obtenir en fin de simulation, le tracé des lois de linéarisation des modèles, le tracé de la loi de fermeture multi-pentes de servomoteur, ou le tracé des collines machine si le modèle est défini avec des collines (exemples dans les modèles FR4, FR5, KB1)

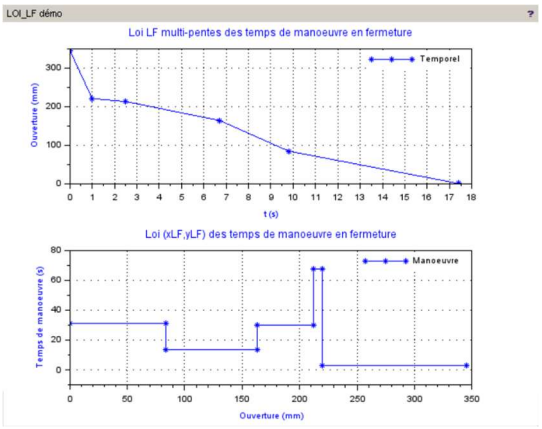


Figure 73 : Loi de fermeture multipente **LOI_LF**

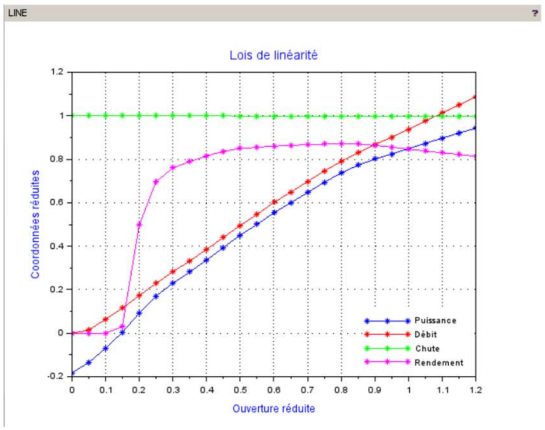


Figure 74 : Lois de linéarisation **LINE**

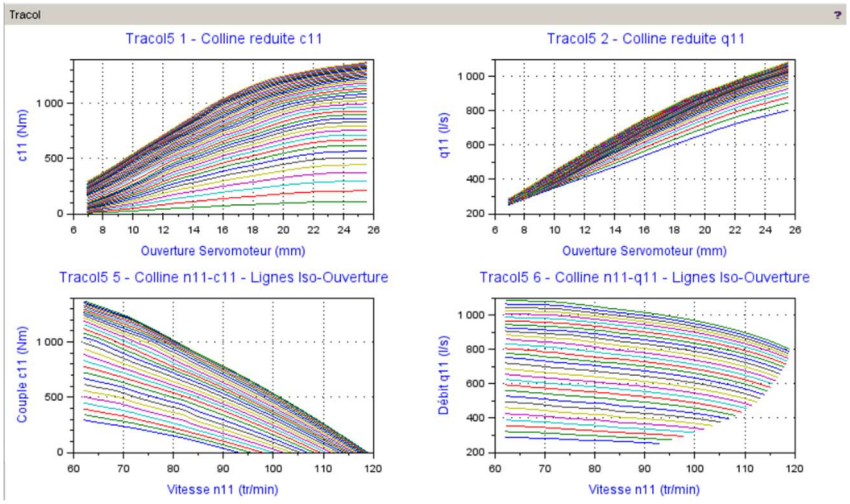


Figure 75 : Tracé des Collines Machine **Tracol** sous Scilab-HydroSim

Ce dispositif est obtenu en allumant les radiobuttons **LOI_LF, LIN, Tracol** dans le menu MScope.

4.3.9 Change_Language : Changement de langue English/Français

Change_Language.sce

Ce script autorise le changement de langue Français (fr) ou English (en).

Seuls sont concernés les messages produit par HydroSim dans la console Scilab.

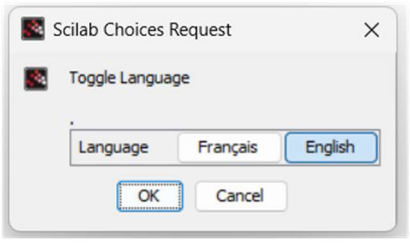


Figure 76 : Changement de langue sous HydroSim

Pour changer le niveau de langue globalement dans Scilab, voir l'instruction *setdefaultlanguage.*

Les recommandations peuvent être suivies en entrant dans la console Scilab : --> doc setdefaultlanguage

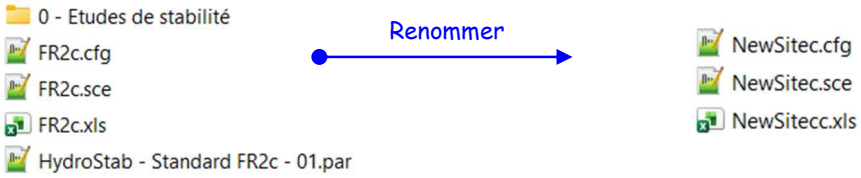
4.4 Création d'un nouveau projet d'étude

Le plus simple, pour créer un nouveau projet d'étude, est de réaliser un Copier/Coller du répertoire entier d'une étude existante, en respectant les arborescences présentées en *Figure 22*.

1. Par exemple, pour réaliser une étude similaire à l'étude *Standard*, située dans le répertoire FR2, Copier/Coller le répertoire *Standard*, et le renommer *NewSite*, si *NewSite* est le nom de la nouvelle étude.



2. Dans le nouveau répertoire *NewSite*, renommer les fichiers d'exécution et de paramétrage, et supprimer le répertoire *0-Etude de stabilité* et le fichier HydroStab *HydroStab Standard FR2c – 01.par*



- Effectuer une étude de stabilité avec les paramètres hydrauliques du site *NewSite* , en utilisant l'outil **HydroStab** (**Run_HydroStab.sce**) prévu à cet effet, et enregistrer le fichier d'étude « **.par** » dans le répertoire *NewSite.*
- Copier le répertoire type d'essai *0 - Etudes stabilité (Kit d'Essais type)* situé dans le répertoire *HydroSim\Utilitaires* , dans le répertoire *NewSite*.

  Réaménager ce répertoire en fonction des tests que vous souhaitez exécuter.



3. Seule la racine du projet est acceptée. Dans le cas contraire, HydroSim indique les noms de fichiers non conformes à la racine définie dans le fichier « sce » :

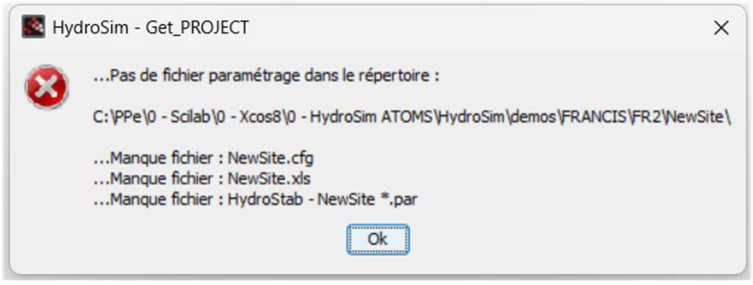


Figure 77 : Exemple de détection de conformité de fichier d'un projet

4. ☞ À ce stade, le projet *NewSite* est exécutable et prêt à l'emploi.

Dans Scilab, se positionner sur le répertoire *NewSite*, et exécuter un double clic sur le fichier « *NewSite.sce*» pour positionner ce fichier dans la partie SciNotes de l'écran de navigation.

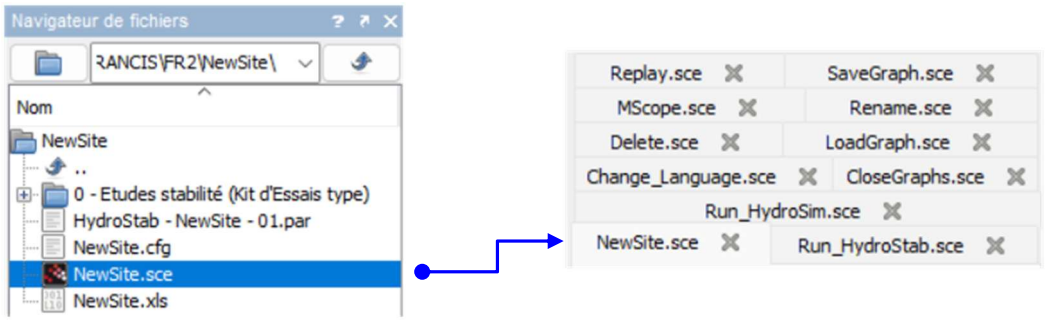


Figure 78 : Installation du nouveau projet dans l'environnement de travail Scilab dans la fenêtre Scinotes de Scilab

…Bien entendu, il reste maintenant à paramétrer le nouveau projet avec les nouvelles caractéristiques du site :

5. Réaliser une étude et réduction du circuit hydraulique en utilisant **CALCUR**

6. Réaliser une étude de stabilité du site en utilisant **HydroStab** fourni dans le paquet **HYDROTUR,** et créer le fichier « *HydroStab - NewSite - 01.par* » comportant plusieurs méthodes si besoin.

7. Redéfinir les paramètres site dans le fichier « xls »

8. Renseigner les paramètres de simulation lors du lancement du fichier « sce » en utilisant le **RUNNER HydroSim**

4.5 Interruption d'une simulation

Une simulation en cours peut être interrompue à tout instant, en saisissant la séquence « CTRL+C » dans la console Scilab[4].

Dans ce cas, Scilab cesse les calculs en cours, et affiche l'indicateur « **-1→** » à l'invite des commandes.

Saisir alors l'instruction « **abort** » pour retrouver un fonctionnement normal dans la console Scilab.

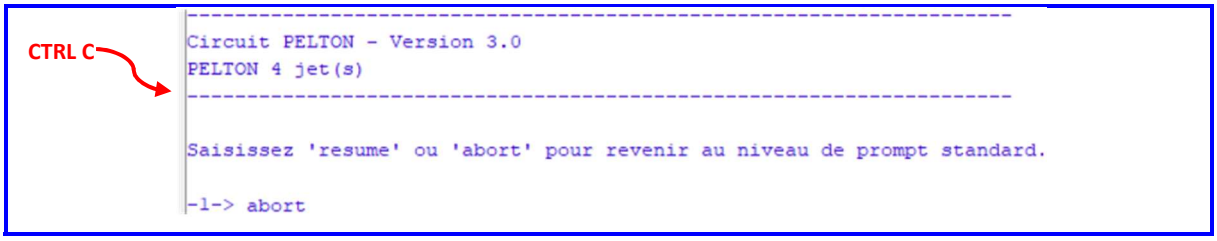


Figure 79 : Interruption d'une simulation

☞ **Si l'appui « CTRL+C » ne fonctionne pas, essayer « CTRL+Q » suivi de « CTRL+C »**

[4] Pour une raison inconnue, l'interruption de programme n'est pas possible dans le modèle FFR2.zcos

5 PARAMÉTRISATION DES MODÉLISATIONS

5.1 Guide de programmation HydroSim - Fichiers de paramétrisation

5.1.1 Présentation

Les paramètres utilisés dans tous les modèles « XCOS », sont décrits dans le « **Guide de Programmation** » du paquet HydroSim :

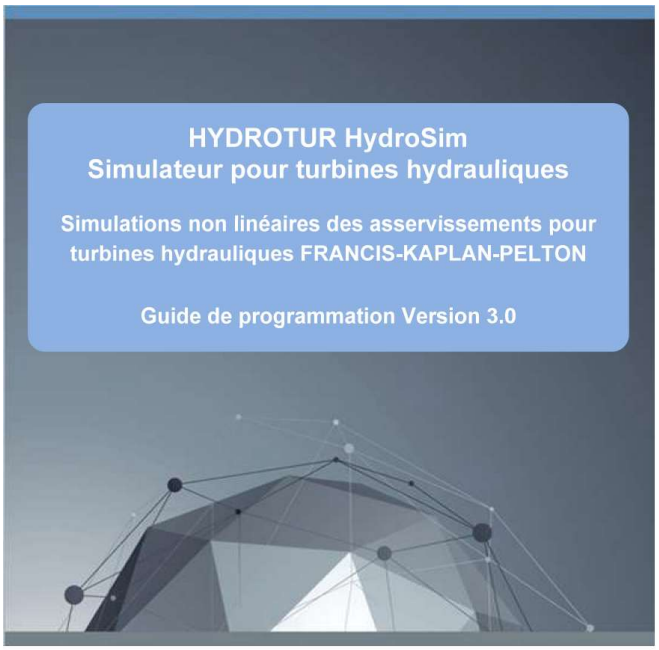


Figure 80 : Guide de programmation HydroSim

5.1.2 À propos de la table des Index

Une table des index fournit un accès rapide à la description de chacun des paramètres utilisés :

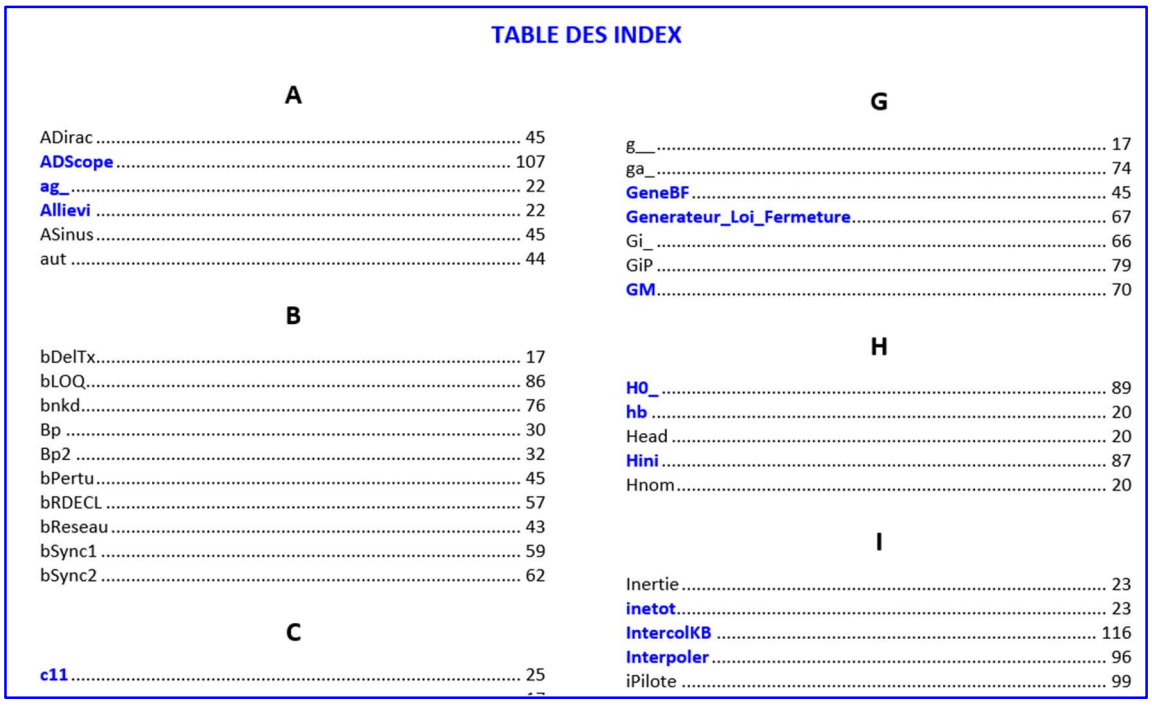


Figure 81 : Aperçu de la table des index dans le document "Guide de programmation"

Dans cette table, les paramètres indiqués en bleu, caractères gras, ne sont pas des paramètres présents dans les fichiers de paramétrage, mais des paramètres calculés, en général, dans les calculs préliminaires (fichier « **.ctx** ») à charque circuit de simulation.

5.2 Fichiers de paramétrisation Excel « XLS »

Ces fichiers sont normalement communs à toutes les simulations réalisées pour un modèle. L'objectif est bien de le maintenir constant dans les essais effectués.

Un fichier XLS peut intégrer plusieurs feuilles suivant les modèles :

Feuille Excel	Signification	Caractère
PAR	Paramètres généraux	Obligatoire
TM	Temps de manœuvre Ouverture/Fermeture des servomoteurs	Obligatoire
REND	Loi de rendement turbine	Suivant modèle
LINE	Loi de linéarisation Puissance/Ouverture suivant données site	Suivant données site (K2 FRANCIS)
HILL	Collines machine	Suivant modèle (FR4, FR5)

Figure 82 : Dénomination des feuilles dans les fichiers Excel "xls"

☞Les feuilles Excel ne doivent pas intégrer de tracé graphique sous peine de dysfonctionnement de HydoSim

6 LOIS ET CAME SURFACE DE CONJUGAISON

6.1 Réglage des temps de manœuvre des organes de commande – Loi multi-pentes LF

Les temps de manœuvre correspondent aux temps d'ouverture (① tmo) ou de fermetures (② + ③), calculés à partir de la loi programmable **LF**, pour une course de 100% du ou des servomoteurs.

Le diaphragme est automatiquement ajusté en fonction de la position du servomoteur, et du sens du mouvement à prendre en compte.

Le réglage de la machine en fermeture correspond au meilleur compromis entre la survitesse et la surpression conduite pour un délestage à 4/4 de la machine.

Le temps de manœuvre rapide permet généralement d'éviter une survitesse trop importante, tandis que le ou les temps de fermeture lents minimisent les oscillations dans la conduite générée par la fermeture de l'obturateur, donc du vannage.

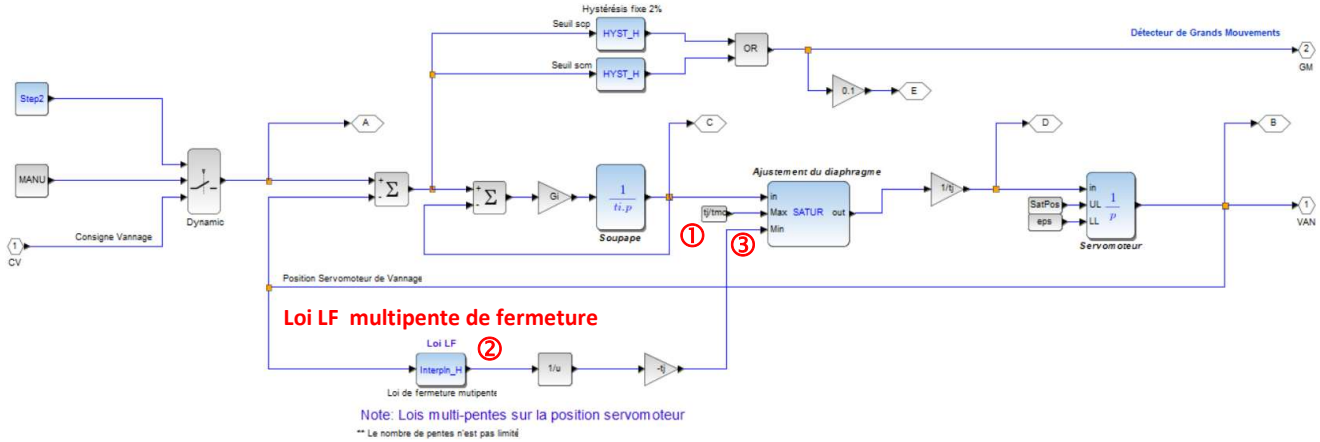


Figure 83 : Module SYSCOP d'asservissement du système copiant du vannage dans HydroSim

La loi de fermeture **LF** à programmer, est une loi bi-dimensionnelle portant en abscisse le temps de fermeture (s), à partir de la pleine ouverture du servomoteur au temps t=0, jusqu'au temps de fermeture complète du servomoteur. Les abscisses sont exprimées en seconde.

Les ordonnées représentent les points de rupture de pente. Elles peuvent être exprimées en millimètres de course du servomoteur, ou bien en représentation normalisées 0-1.

A partir de la loi **LF** programmée, l'instruction remarquable « **Generateur_Loi_fermeture** », automatiquement appelée dans les fichiers .CTX, génère automatiquement les deux vecteurs **xLF** et **yLF** utilisés dans les modules **SYSCOP**, comme indiqué en ② dans la *Figure 83*.

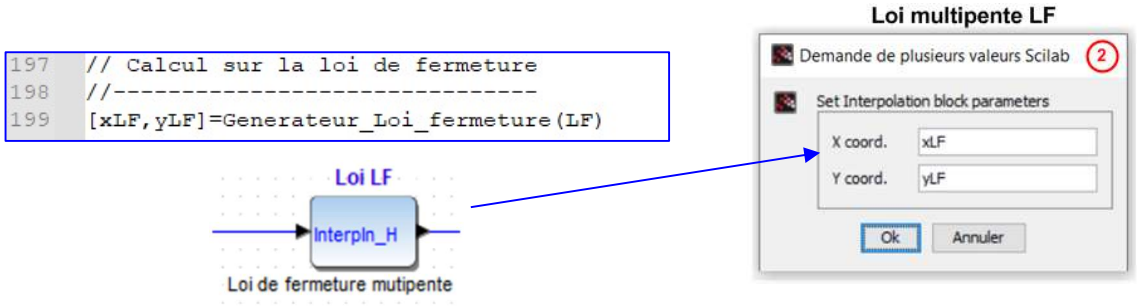


Figure 84 : Calcul des temps de manœuvre à la fermeture sur la loi LF dans les fichiers CTX

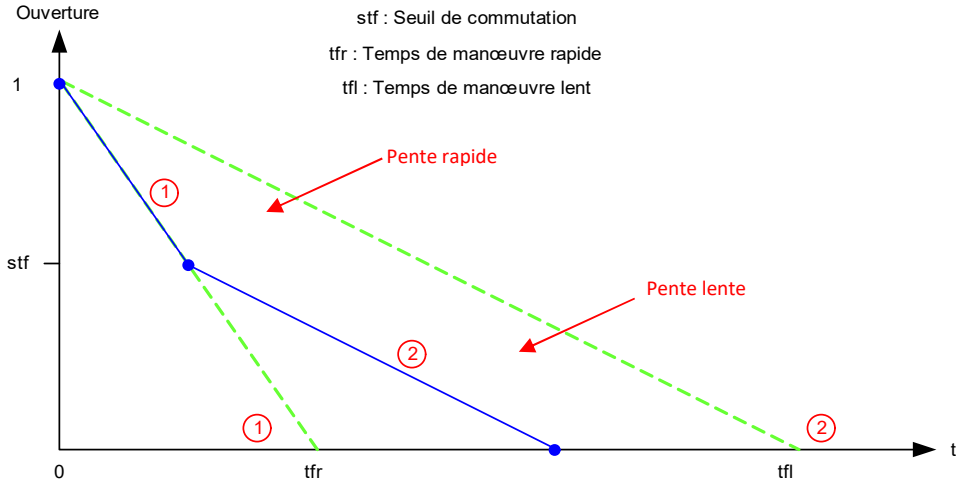


Figure 85 : Principe du paramétrage des lois de fermeture multipente

La loi LF doit être programmée dans le fichier XLS de chaque projet, dans la feuille Excel nommée TM

	A	B	C	D	E	F
1	// Temps de manoeuvre et lois de fermeture multi-pentes positionneur SYSCOP					
2	//----------					
3	tmo=10;	// Temps de manoeuvre en ouverture du servomoteur (s)				
4						
5	// Les lois LF et LFP sont traçables en utilisant l'instruction HYDROTUR "PlotLF"					
6	----------					
7	LF=[					
8	0.0	1.0				
9	3.5	0.3				
10	15.5	0.0				
11	];					
12						

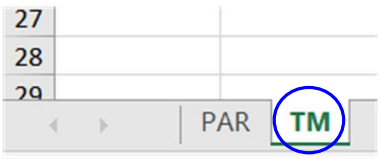


Figure 86 : Loi multi-pentes dans la feuille TM du fichier projet HydroSim\FRANCIS\FR2\Standard\FR2c.xls

D'autre part, l'instruction « **PlotLF** » permet de visualiser la loi de manœuvre **LF** programmée, ainsi que la loi des temps de manœuvre automatiquement [xLF ; yLF] calculée par HydroSim.

Un message d'erreur est affiché si la loi n'est pas présente dans le fichier XLS :



Figure 87 : Loi de manœuvre par défaut si la feuille TM est absente

L'exemple ci-dessous illustre l'utilisation de l'instruction PlotLF dans une loi de fermeture à 4 pentes.

Une démonstration de la loi de fermeture est réalisée en saisissant dans la console Scilab le commande « **PlotLF demo** » ou « **PlotLF demo** » (*voir Figure 100*).

```
"LF"

 0.      345.4
 1.      220.
 2.5     212.3
 6.7     163.4
 9.8     83.8
 17.4    0.
```

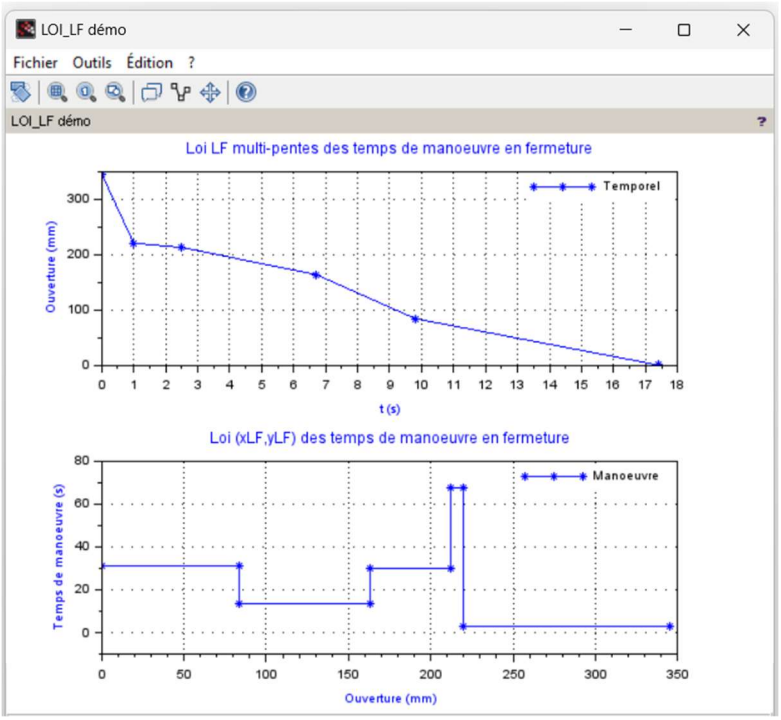


Figure 88 : Exemple de loi de fermeture à plusieurs pentes - Instruction de traçage « **Plot LF demo »**

6.2 Loi de rendement

À partir d'une table de 2-uplets (xRend, yRend), cette loi prend en compte le rendement de la machine dans le calcul de la puissance mécanique fournit par le groupe hydraulique, suivant la loi :

$$P = \eta.\rho.g.H.Q$$

où η est la loi de rendement *Rend*.

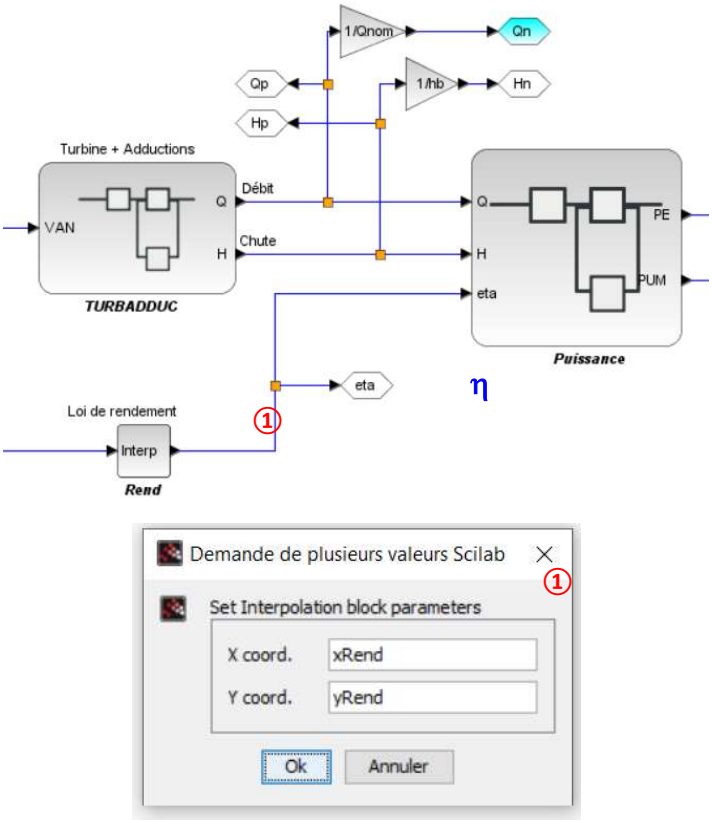


Figure 89 : Prise en compte de la loi de rendement Rend dans le module principal FR2

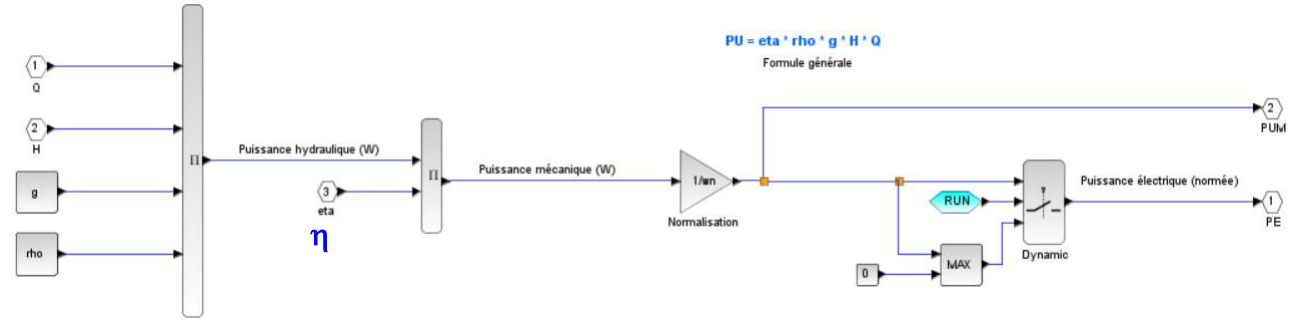


Figure 90 : Prise en compte du rendement dans le module Puissance du circuit FR2

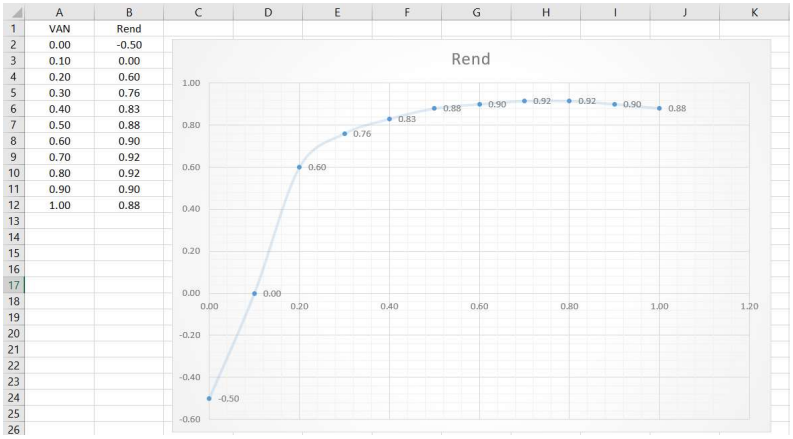


Figure 91 : Exemple de loi de rendement dans le circuit FR2 (Fichier FR2 - Lois.xlsx)

☞ Une loi de rendement est définie par défaut dans le fichier « **VariablesGlobales.sce** ». Ce fichier est chargé au lancement de toute simulation, et positionné dans le répertoire « **HydroSim\macros**» :

```
//-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
// Loi Rendement par défaut
// Si cette loi ne convient pas, il convient de la reprendre en surchargeant
// le fichier de paramétrisation  "XLS" avec une nouvelle relation (xRend, yRend) dans une feuille REND
//-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
Rend=[];
REND=[];        // Rendement si défini dans la feuille XLS

xRend=[0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80  0.90 1.00];    //Ouverture
yRend=[0.00 0.75 0.85 0.88 0.9 0.905 0.91 0.91 0.905 0.90 0.89];    //Rendement
;
```

Figure 92 : Loi de rendement est définie par défaut dans le fichier « **VariablesGlobales.sce** »

☞ La loi rendement est parfois directement intégrée dans une colline Machine (FR4, FR5, KB). Dans ce cas, la multiplication par η n'est pas nécessaire.

La loi de rendement peut également être redéfinie dans une feuille REND du fichier XLS :

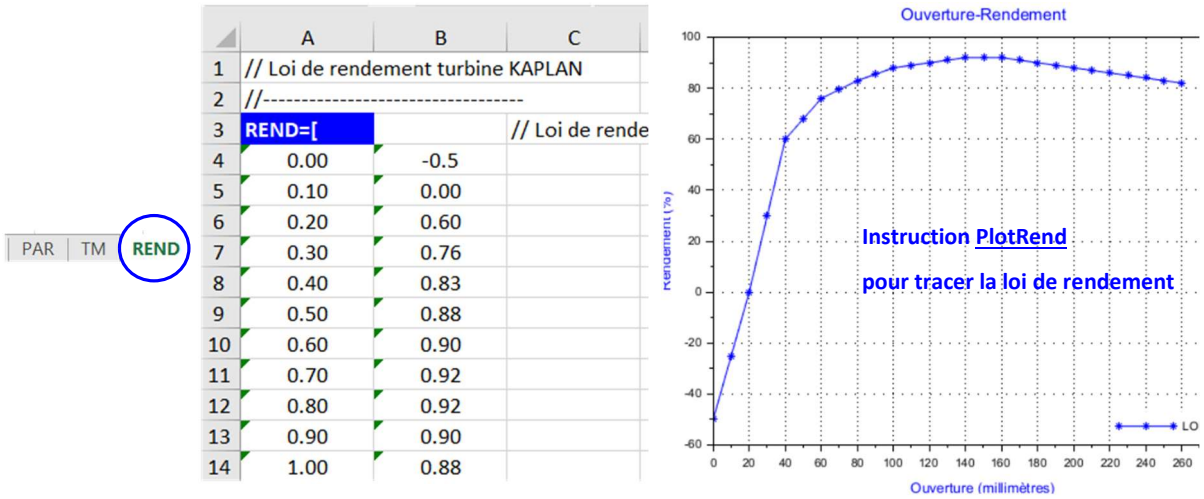


Figure 93 : Loi de rendement définie dans le fichier HydroSim\demos\KAPLAN\KB1\Standard\KB1.xls

La loi de rendement est traçable en saisissant PlotRend dans la console Scilab (*Voir* Figure 100).

6.3 Freinage hydraulique ou électrique de la machine hydraulique

HydroSim intègre un dispositif de freinage de la turbine.

Ce principe est réalisé dans le sous-module « CFRIC » dans le module « Reseau » des schémathèques.

Le lecteur consultera le paramètre CFRIC dans le guide de programmation

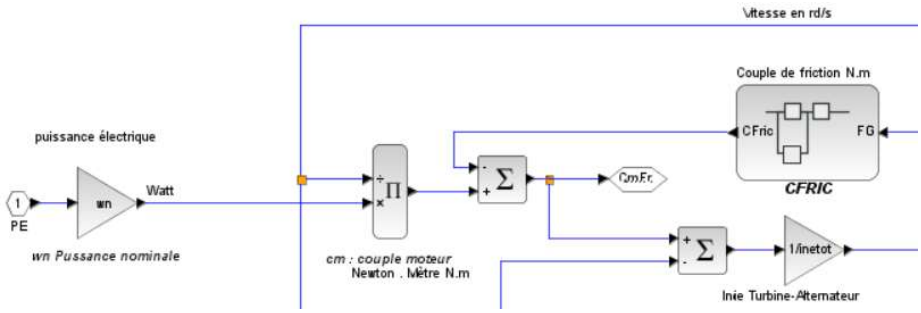


Figure 94 : Application du couple de friction dans le module « Reseau »

6.4 Linéarités et lois de linéarisation

6.4.1 Introduction

Les lois de linéarisation établissent une relation linéaire entre les différentes grandeurs du circuit de calcul (Ouverture, Débit, Chute, Puissance, Perte de charge, …etc). HydroSim intègre plusieurs méthodes de traitement de ces lois dans les systèmes simulés.

Le principe général de réalisation consiste à réécrire le circuit **TURBADDUC** sous forme littérale (Turbine+Adduction), et à itérer cette routine jusqu'à un point de convergence jugé satisfaisant.

Ces routines sont disponibles dans le répertoire HydroSim\macros[5], et exécutées dans les fichiers « ctx » des répertoires HydroSim\TURBINES (*voir §4.2.3*).

Ces calculs garantissent aussi un démarrage sans transitoire des simulations (**bumpless, démarrage sans à-coups**)

L'algorithmique mise en place, se décline par une possibilité de choix entre deux comportements possibles, programmables par un paramètre **bLOQ**.

Les lois de linéarisations peuvent donc être :

- définies par l'utilisateur **suite à des essais site** (voir plus loin paramètre **bLOQ=1**)

- calculées par le simulateur à partir d'une approximation analytique de la loi Débit/Ouverture, et calculs des pertes de charge par les lois de Colebrook-White, et Darcy-Schwartz (**bLOQ=0**)

➢ Voir aussi ***F - RelevÉ des linéaritÉs – CIRCUIT FR2 – fichier FR2_LOIS.XLSX***

6.4.2 Programmer bLOQ=0 si les lois de linéarisation ne sont pas connues – Loi LINE

- Si **bLOQ=0** :

  Le débit Q est simulé par une loi analytique et hypothétique $Q = O^{nq}$, où $nq = 0.7$ et O l'ouverture vannage

  Les rattrapages d'offsets différentiels *yDifQ* et *yDifH* en sortie du circuit sont alors nuls.

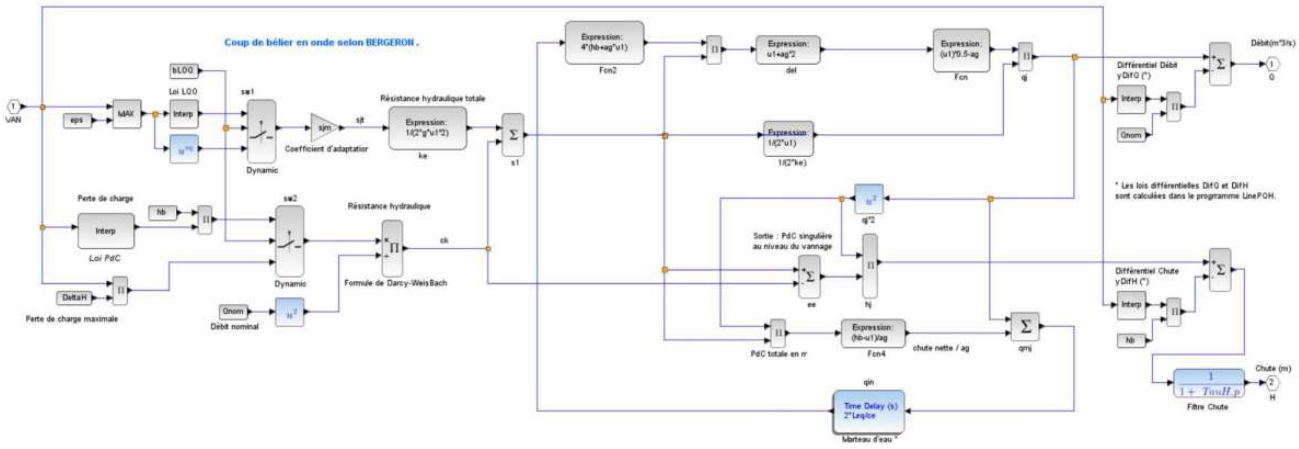


Figure 95 : Circuit TURBADDUC (sans colline machine)

☞ **Les lois de linéarisation et dépendances P, Q, H, PDC, sont calculées automatiquement au lancement de la simulation (fichier .sce). Il n'est donc pas nécessaire de les renseigner**.

Dans ce cas, une loi de rendement [xRend,yRend] par défaut, est obligatoire, et définie dans le fichier VariablesGlobales.sce, fourni dans le répertoire HydroSim\macros

[5] Routines LINE_TURBADDUC.sci, LINE_TURBADDUC_FR4FR5.sci, LINE_TURBADDUC_KB.sci

```
//Ouverture
//---------------
xRend=[0:00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50
0.60 0.70 0.80  0.90 1.00];

//Rendement
//---------------
yRend=[0.00 0.75 0.85 0.88 0.9 0.905
0.91 0.91 0.905 0.90 0.89];
```

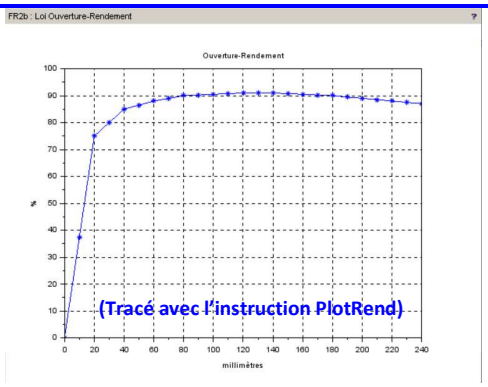


Figure 96 : Loi de rendement par défaut dans le fichier **VariablesGlobales.sce**

☞ **Si cette loi ne convient pas, il convient de la reprendre en programmant une loi Rend dans le fichier « XLS » du répertoire du site, avec une nouvelle relation (xRend, yRend), dans une feuille « REND » d'Excel** *(voir §6.2).*

6.4.3 Programmer bLOQ=1 si les lois de linéarisation sont connues

6.4.3.1 Principe

- Si **bLOQ=1** :

  Le débit est calculé à partir d'une loi de linéarisation expérimentale Q=f(O), obtenue à partir des relevés des linéarités mesurées directement sur le site de production, et fournies dans un fichier Excel dans la feuille **LINE** (*voir §6.4.3.2, fichier **K2c.xls**, répertoire **HydroSim\demos\FRANCIS\FR2\K2_c**)*

  Dans ce cas, le circuit de calcul TURBADDUC produit, par construction, un décalage par rapport aux valeurs sites mesurées.

  Pour cette raison, des composants différentiels, compensateurs d'écart *yDifQ* et *yDifH,* sont rajoutés en sortie du circuit pour garantir les valeurs statiques de débit et de chute, tout en conservant l'aspect dynamique de la simulation, en particulier pour la simulation des coups de bélier et retards purs dans les conduites.

  ☞ *Les lois **yDifQ** et **yDifH** sont automatiquement calculées dans la phase préliminaire de lancement de la simulation.*

  Il convient alors de spécifier les lois de linéarisation, comme indiqué dans le chapitre suivant.

6.4.3.2 Saisie des lois de linéarisation - Loi LINE

Les lois de linéarisation de l'étude doivent être introduites dans les fichiers .XLS, dans une feuille nommée « LINE », par des Copier/Coller des colonnes des tableaux Excel les spécifiant en coordonnées utilisateur, dans les vecteurs orientés ligne (au sens Scilab) :

- Vecteurs O[] (ouverture), Q[] (débit), P[] (puissance) Rend[] (rendement), H[] (chute), PDC[] (Pertes de charge) ()



	// Ouverture en mm	// Débit (m^3/s)	// Puissance (MW)	// Chute nette en m	// Rendement (%)	// Pertes de charge en m
2	O=[	Q=[	P=[	H=[	Rend=[	PDC=[
3	275;	73.211;	275.226;	444.21;	86.2692;	11.79;
4	265.83;	71.539;	271.987;	444.74;	87.1425;	11.26;
5	256.67;	69.831;	268.501;	445.27;	88.0248;	10.73;
6	247.5;	68.048;	264.346;	445.81;	88.8257;	10.19;
7	238.33;	66.203;	259.499;	446.36;	89.5166;	9.64;
8	229.17;	64.088;	253.241;	446.96;	90.1197;	9.04;
9	220;	61.362;	243.32;	447.72;	90.2823;	8.28;
10	210.83;	59.237;	235.484;	448.28;	90.3962;	7.72;
11	201.67;	57.364;	228.504;	448.76;	90.4839;	7.24;
12	192.5;	54.616;	217.749;	449.44;	90.4265;	6.56;
13	183.33;	51.514;	205.101;	450.16;	90.1585;	5.84;
14	174.17;	49.301;	195.92;	450.65;	89.8907;	5.35;
15	165;	47.089;	186.696;	451.12;	89.589;	4.88;
16	155.83;	44.124;	174.483;	451.72;	89.236;	4.28;
17	146.67;	40.919;	160.82;	452.32;	88.5728;	3.68;
18	137.5;	38.241;	148.787;	452.78;	87.595;	3.22;
19	128.33;	35.787;	137.479;	453.18;	86.4115;	2.82;
20	119.17;	32.841;	124.056;	453.63;	84.8849;	2.37;
21	110;	29.639;	109.49;	454.07;	82.9314;	1.93;
22	107.8;	28.883;	106.044;	454.16;	82.4073;	1.84;
23	0;	0;	-0.1*Pnom;	Hnom;	0;	0;
24	]	]	]	]	]	]

Figure 97 : Insertion des lois de linéarisation dans un fichier XLS - Feuille **LINE** – *Répertoire HydroSim\demos\FRANCIS\FR2\K2_c)*

Des points de définition peuvent être rajoutés pour définir les points de fonctionnement à ouverture nulle.

HydroSim utilise principalement l'instruction Scilab « **interpln** »[6] pour gérer les interpolations sur l'ensemble du domaine de fonctionnement.

Cette instruction suppose des lois monotones triées par ordre croissant. Il n'est pas nécessaire de ré-inverser les tableaux Excel s'ils se présentent un ordre différent, car HydroSim exécute un réarrangement automatique des lois au lancement de la simulation.

Dès lors, la fonction **interpln** de Scilab peut s'appliquer à l'ensemble des variables internes et globales suivantes :

Variable HydroSim	Signification	Unité
xLPO / yLPO	Abscisse / Ordonnée de loi Ouverture / Puissance	Réduite
xLQO / yLQO	Abscisse / Ordonnée de loi Ouverture/ Débit	Réduite
xLHO / yLHO	Abscisse / Ordonnée de loi Ouverture/ Chute	Réduite
xRend / yRend	Abscisse / Ordonnée de loi Ouverture/ Rendement	Réduite
xPdC / yPdC	Abscisse / Ordonnée de loi Ouverture/ Pertes de charge	Réduite
yDifQ	Vecteur colonne - Différentiel entre Débit modèle et Débit expérimental	Réduite
yDifH	Vecteur colonne - Différentiel entre Chute modèle et Chute expérimentale	Réduite
O	Vecteur colonne Ouverture	mm
Q	Vecteur colonne Débit	m^3/s
P	Vecteur colonne Puissance	MW
H	Vecteur colonne Chute	m
Rend	Vecteur colonne Rendement	Réduite
PDC	Vecteur colonne Perte de charge	m

Figure 98 : Variables globales utilisées dans les lois de linéarisation

[6] Saisir « help interpln » dans la console Scilab pour obtenir de l'aide sur cette fonction, ou bien « interpln Scilab » sur le NET (Firefox, google…etc)

Il est plus lisible d'afficher un vecteur sous sa forme transposée (vecteur nx1). Ainsi, dans la console Scilab, taper plutôt « O' » à la place de « O ».

Par contre, dans les instructions **interpln**, il faut obligatoirement entrer des vecteurs ligne (1xn) « O »

Ouverture :	**Ouverture :**	**Débit :**	**Débit :**

`-->interpln([P;O],210)`
`ans =`
`186.88185`
	`-->interpln([yLPO;O],210/Pnom)`
	`ans =`
	`186.88185`
		`-->interpln([P;Q]`
		`ans =`
		`52.71551`
			`-->interpln([yLPO;Q],210/Pnom`
			`ans =`
			`52.71551`

Figure 99 : Syntaxe de la fonction Scilab **interpln**

Toutes les combinaisons sont possibles avec les variables indiquées en *Figure 98*

6.4.4 Tracé et vérification des lois de linéarisation

Des instructions spéciales ont été développées pour visualiser les courbes de linéarisation.

Les fonctions de traçage sont disponibles à partir de la console Scilab, après un premier chargement des lois (ou bien le premier lancement d'une simulation avec un fichier « .sce »).

☞ En saisissant la commande « **Plot** » dans la console Scilab, on obtient une aide en ligne résumant l'ensemble des fonctions de traçage *:*

```
--> Plot   <-- Instruction à saisir dans la console Scilab
-------------------------------------------------------------------------------
Aide en ligne :

        Fonctions de traçage des lois de linéarisation HYDROTUR

        Un fichier de paramétrage doit être préalablement chargé avant utilisation

        Entrez une commande dans la console Scilab:
        ---------------------------------------------------------------------
         PlotP           : Courbe Puissance/Ouverture
         PlotQ           : Courbe Débit/Ouverture
         PlotPQ          : Courbe Débit/Puissance
         PlotQP          : Courbe Puissance/Débit
         PlotH           : Courbe Chute/Ouverture
         PlotRend        : Loi de rendement
         PlotPDC         : Loi de perte de charge
         PlotDifH        : Différentiel de chute
         PlotDifQ        : Différentiel de débit
         PlotLINE        : Ensemble des lois de linéarisation
         PlotLF          : Loi multi-pentes des temps de manoeuvre en fermeture
         PlotLF demo     : Loi multi-pentes des temps de manoeuvre en fermeture
         PlotHill        : Colline machine
         PlotHill demo   : Colline machine
         PlotAll         : Toutes lois
-------------------------------------------------------------------------------
```

Figure 100 : Aide en lignes sur le traçage des lois de linéarisation dans la console Scilab

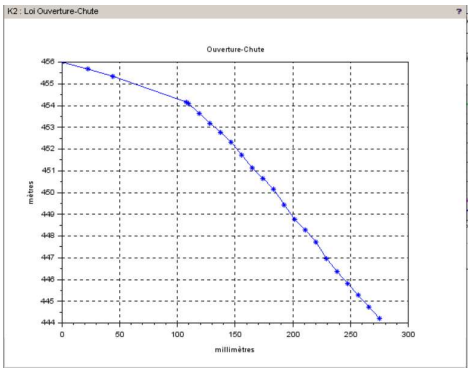


Figure 101 : Instruction **PlotH**

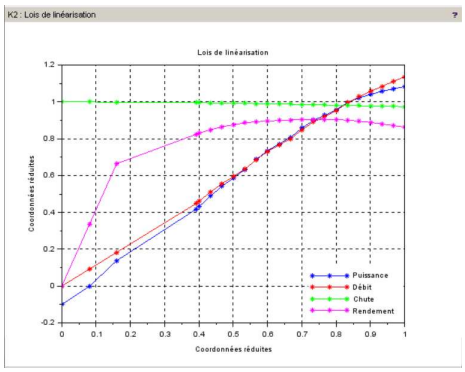


Figure 102 : Instruction **PlotLINE**

6.4.5 Rajout de points d'interpolation dans les lois de linéarisation

Il est possible de rajouter des points d'interpolation dans les lois de linéarisation, en utilisant l'instruction « **Interpoler** », présente dans la nouvelle version d'HydroSim (*Figure 103*)

Ce dispositif permet de compléter les lois lorsque le domaine indiquer dans le fichier Excel reste partiel, ou pour s'assurer que le point de fonctionnement défini dans une séquence est à repréciser.

Si tel n'est pas le cas, le point de fonctionnement sera calculé par interpolation linéaire dans les lois de linéarisation, ce qui peut éventuellement provoquer l'apparition d'un régime transitoire au lancement de la simulation (*non bumpless*)

Il s'agit donc d'affiner les lois.

Par exemple, dans l'étude K2, on trouvera dans le fichier K2c.xls, feuille LINE :

```
Interpoler("o=44, p=35");        // Insertion d'un point à l'ouverture 44 mm Puissance 35 MW - Le rendement est recalculé

Interpoler("o=Omav, p=0");       // Insertion du point de fonctionnement en marche à vide (Puissance électrique nulle)
```

Figure 103 : Utilisation de la fonction HydroSim '**Interpoler**'

La syntaxe est la suivante : **Interpoler(«** o=xxx, p=yyy ») pour interpoler le point à l'ouverture xxx millimètres à le puissance yyy en MW.Il est également d'interpoler en débit, en remplaçant « p » par « q » en m^3/s

Dans ce cas, la puissance est évaluée à partir de la loi de rendement du groupe, seule loi obligatoire dans les simulations.

Les points à interpoler sont en général déduits des enregistrements, lorsqu'ils ne sont pas présents dans les lois de linéarisations fournies (exemple : la marche à vide dans une séquence de déclenchement)

Si l'ajout d'un point interpoler rompt la monotonie de la loi, une erreur est signalée et la simulation n'est pas lancée.

Ce qui est le cas si on essaie ici d'interpoler le point **Interpoler**("o=183.3, p=210") (l'instruction est en commentaire //)

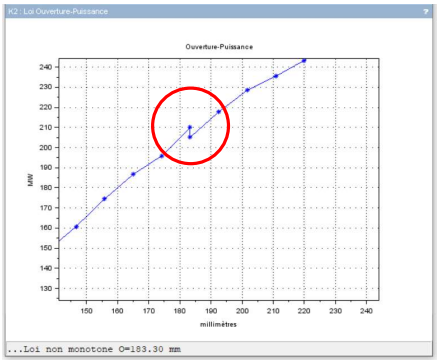


Figure 104 : Détection d'une rupture de monotonie dans les lois de linéarisation

7 COLLINES MACHINE

7.1 Généralités - Courbes caractéristiques à vitesse variable

Pour maitriser le comportement d'une turbine pendant les régimes transitoires (démarrage, mise en décharge brusque et emballement), il est utile d'en connaître les courbes caractéristiques à vitesse variable.

Pour ce faire, les turbiniers établissent, à l'aide d'essais sur modèles réduits, des abaques, valables pour une turbine, spécialement usinée, étudiés pour obtenir les meilleures efficiences des roues.

Ces courbes caractéristiques sont mesurées sur un banc d'essais dans un Laboratoire Hydraulique Expert, généralement sur des modèles avec une roue de 1 m de diamètre, sous 1 mètre de chute, d'où les indices « 11 » que l'on retrouve dans les indices des formules.

Ces essais sont réalisés sous une chute constante, une ouverture de turbine constante, un débit et une vitesse de rotation variables.

Les paramètres obtenus sont les suivants, en fonction de la vitesse de rotation « n » :

– débit Q (utile pour calcul du coup de bélier à l'emballement) ;

– rendement η (eta) ;

– couple C sur l'arbre turbine (utile pour calculer l'accélération du groupe et dimensionner le volant d'inertie).

De manière similaire aux courbes Q - H, ces courbes sont réunies sous forme d'abaque avec une colline des rendements.

Pour rendre ces courbes utilisables pour toute grandeur de turbine et toute hauteur de chute, les échelles sont converties sous une forme unitaire :

- Le débit Q devient débit unitaire Q11 (ou q11)
- La vitesse n devient vitesse de rotation unitaire n11
- Le couple C devient couple unitaire C11 (ou c11)

En effet, des règles d'homothétie permettent alors de passer des caractéristiques des modèles réduits aux caractéristiques de la machine réelle.

Les grandeurs normalisées dans la modélisation sont :

✓ n_{11} : Vitesse de rotation unitaire d'une turbine de 1 m de diamètre fonctionnant sous 1 m de chute ($m^{1/2}.tr/min$)

$$n_{11} = \frac{n.D}{\sqrt{H}}$$ où n est la vitesse en tr/mn, D le diamètre de la roue, et H la chute nette en m.

✓ q_{11} : Débit unitaire d'une turbine de 1 m de diamètre fonctionnant sous 1 m de chute ($m^{1/2}/s$)

$$q_{11} = \frac{Q}{D^2.\sqrt{H}}$$ où Q est le débit en m^3/s

✓ c_{11} : Couple unitaire d'une turbine de 1 m de diamètre fonctionnant sous 1 m de chute (N/m^3)

$$c_{11} = \frac{C}{D^3.H}$$, où C est le couple en $N.m$

✓ p_{11} : Puissance unitaire d'une turbine de 1 m de diamètre fonctionnant sous 1 m de chute

$$p_{11} = \frac{P}{D^2.H^{3/2}}$$, où P est la puissance en W

☞ **On retrouvera ainsi ces calculs et leurs représentations dans les modules TurbAdduc, pour les circuits concernés.**

Les collines machine permettent de simuler le comportement du groupe, en prenant en compte le schéma de principe indiqué ci-dessous :

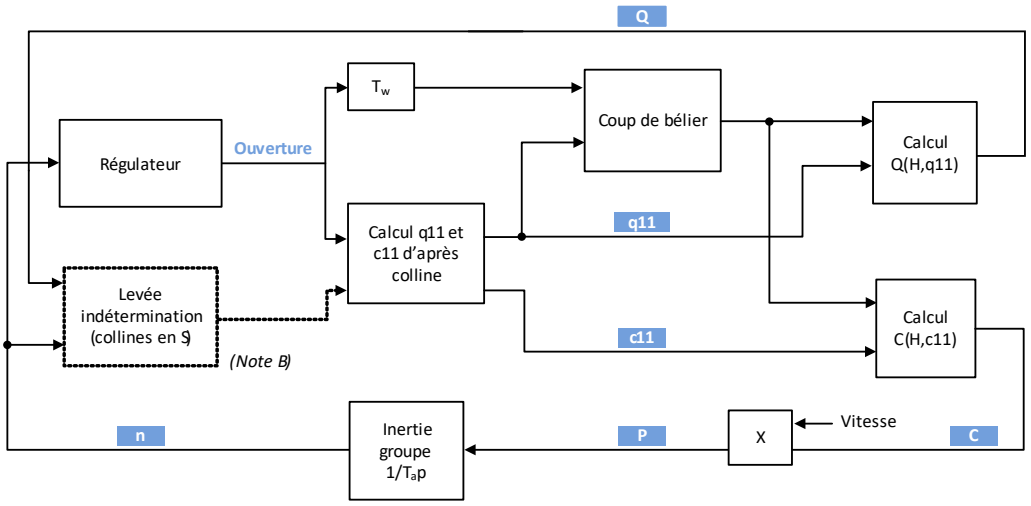


Figure 105 : Principe de modélisation avec les collines caractéristiques

7.2 Organisation

Les collines machine sont chargées lors du lancement du fichiers « **SCE** » du modèle prenant ces données en, ou bien dans une séquence « **Replay** » d'un enregistrement dans le répertoire correspondant.

Les routines d'interpolation des collines Machine, et leurs chargeurs, sont disponibles dans le répertoire « **macros** » de **HydroSim**.

Actuellement, trois modèles sont disponibles ; ils peuvent être étendus et améliorés dans les études :

Modèle	Chargeur	Interpolateur
FR4 pour machine FRANCIS	ChargeurColline4.sci	Intercol4.sci
FR5 pour machine FRANCIS	ChargeurColline5.sci	Intercol5.sci
KB1 pour machine Kaplan	ChargeurCollineKB_STD.sci	IntercolKB.sci

Dans ces modules, les interpolateurs sur les collines ont les points communs suivant, dans leurs résolutions dans les SOLVERS SCILAB ; les sorties de ces boîtes dépendent de l'algorithmique embarquée :

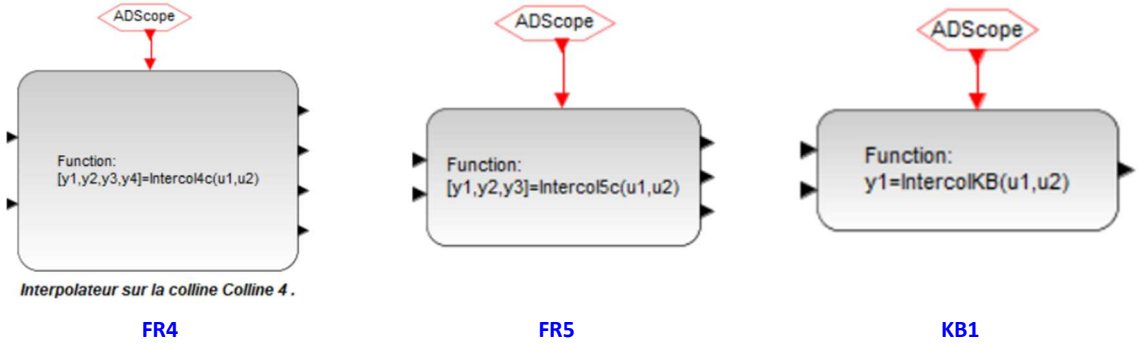


Figure 106 : Fonctions Collines dans les modules Xcos TurbAdduc FR4-FR5-KB1

- Les interpolateurs sont échantillonnés à la période **ADScope** 

. Cette contrainte de réalisation est due au fait qu'en l'absence d'échantillonnage, l'unité de calcul et de run-time de XCOS est saturée, et bloque tous calculs de façon rédhibitoire.
- La période ADScope peut être modifiée dans le composant « Système », commun à tous les circuits, et est fixée actuellement à 2 ms.

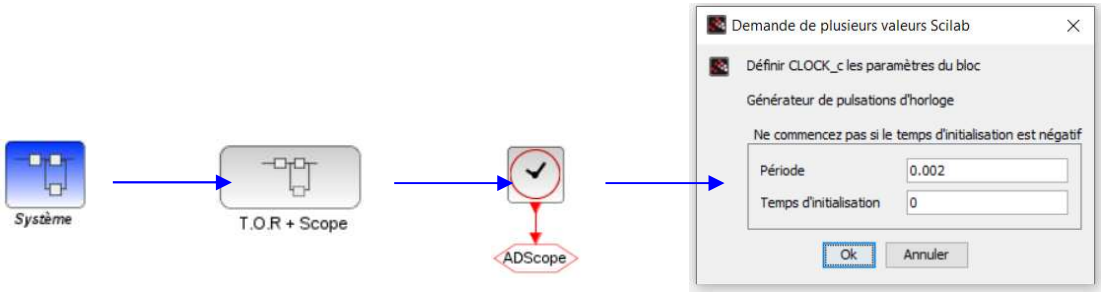


Figure 107 : Échantillonnage des interpolateurs - Colline Machine

- Les interpolateurs Xcos sont réalisés à partir du bloc standard « **scifunc_block_m** » accessible dans le sous-groupe « Fonctions définies par l'utilisateur » de la palette standard XCOS :

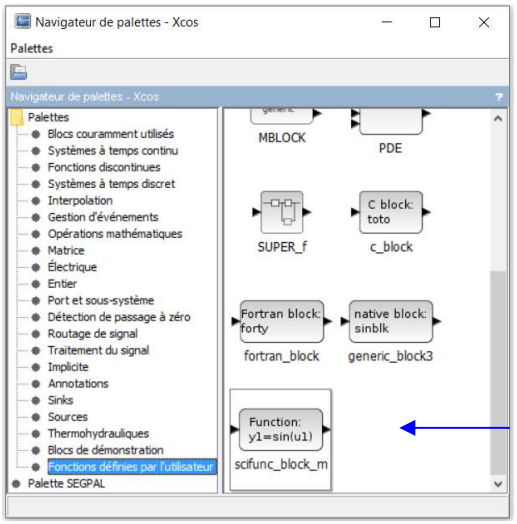


Figure 108 : Fonction « **scifunc_block_m** » dans la palette standard Xcos

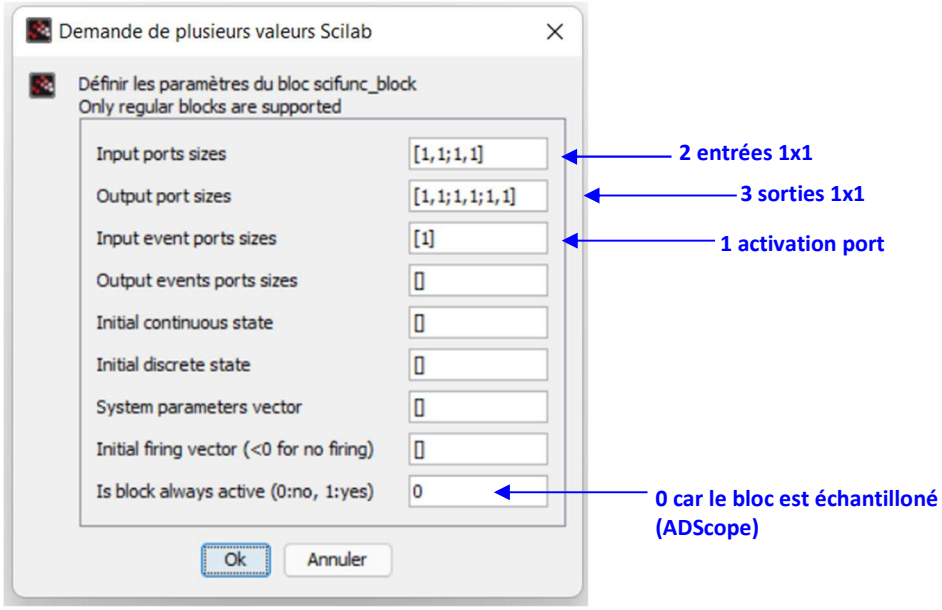


Figure 109 : Boîte fonctionnelle de l'interpolateur **Intercol5c** – circuit FR5 (Boîte 1/2)

7.3 Démonstrateur d'un interpolateur sur un colline machine

En saisissant la commande « **PlotHill demo** » dans la console Scilab, il est possible de visualiser le principe d'interpolation général sur les collines machines :

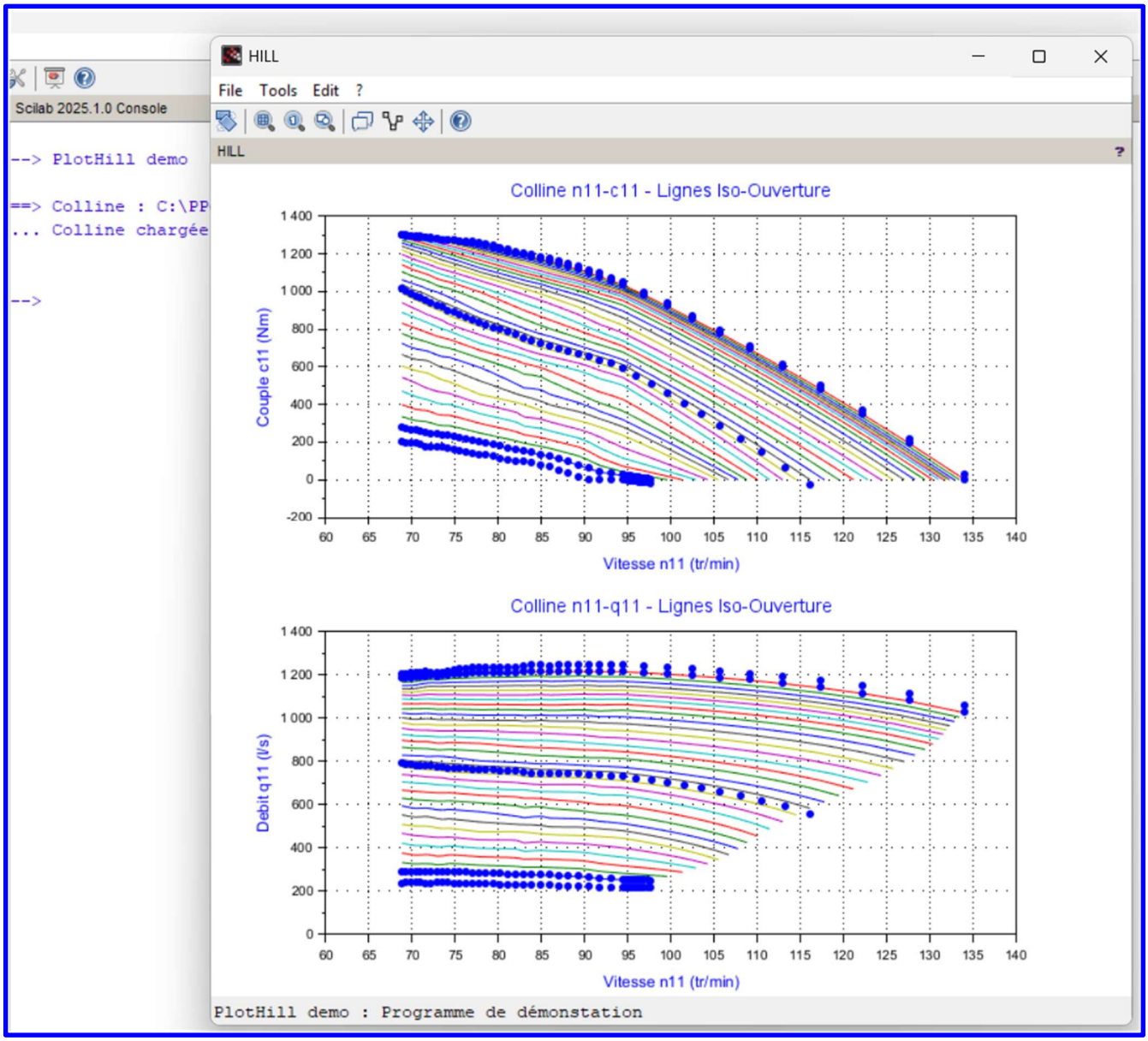


Figure 110 : **PlotHill demo** - Démonstrateur d'un interpolateur sur une colline machine

7.4 Collines pour Machine Francis type FR4

7.4.1 Représentation dans le circuit TurbAdduc

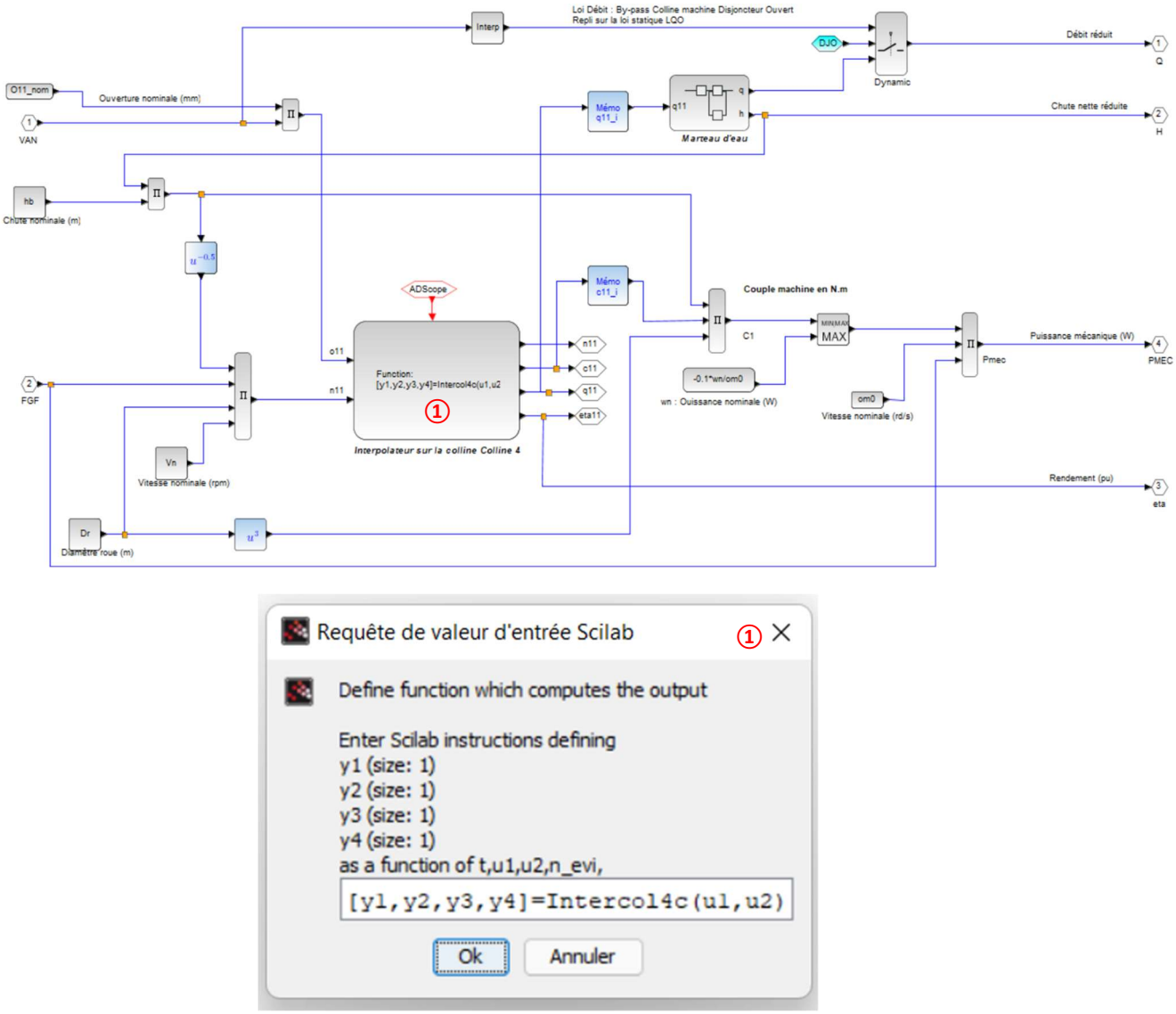


Figure 111 : Colline pour Machine FRANCIS Type FR4 – Interpolateur **Intercol4.sci** (Boîte 2/2)

7.4.2 Chargement des collines FR4

La colline à charger doit être présente dans une feuille nommée « **HILL** » du fichier de paramétrisation Excel, au format **XLS**

25	24	6.11	85.962	271.848	41.312	122.11
26	25	6.11	87.03	270.487	37.162	107.96
27	26	6.11	88.139	269.124	32.574	92.97
28	27	6.11	89.292	267.708	27.559	77.23
29	28	6.11	90.491	263.285	21.446	58.32

PAR TM HILL

Figure 112 : Déclaration et insertion de la colline machine FR4 dans le fichier de paramétrisation XLS

Elle est ensuite chargée par le loader « FR4_Loader » :

En fin d'exécution du script, si tous les formats ont été respectés, un message signale, dans la console Scilab, la bonne exécution de l'opération :

```
-------------------------------------------------------------------
Machine :         FRANCIS
Xcos Model :      FR4c.zcos
Project :         FR4c
-------------------------------------------------------------------

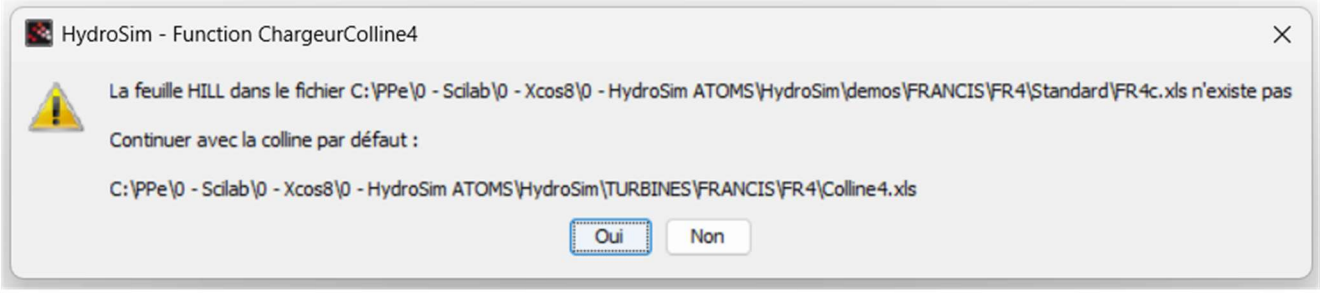
==> Hill : C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\demos\FRANCIS\FR4\Standard\FR4c.xls
... Loaded Hill

Xcos Model : C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\TURBINES\FRANCIS\FR4\FR4c.zcos

==> Hill : C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\demos\FRANCIS\FR4\Standard\FR4c.xls
```

Figure 113 : Diagnostic de chargement d'une colline FR4 dans la console Scilab

Un message d'alerte est signalé si la feuille « HILL » n'existe pas :



Dans ce cas, HydroSim utilise une colline par défaut située dans le répertoire **HydroSim\TURBINES\FRANCIS\FR4\Colline4.xls** :

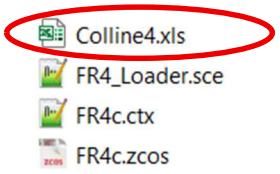


Figure 114 : Colline par défaut Colline4.xls

7.4.3 Format des collines FR4

Le fichier Colline FR4 (par exemple Collin4.txt) est un fichier texte comportant un ensemble de lignes. Les lignes sont séparées par un Retour Chariot (« \n » en langage C ou code ascii hexadécimal (0Dh 0Ah)

Chaque ligne est constituée d'un ensemble de 6 champs :

	A	B	C	D	E	F
1	Indice	Ouverture (mm)	N (rpm)	Q (l/s)	ETA (%)	C (N.m)

Figure 115 : Format des collines FR4

Les champs sont séparés par un caractère de tabulation (« \t » en langage C ou code ascii 09h)

Le tableau doit être impérativement trié :

- **D'abord par ouverture croissante**
- **Puis, pour chaque ouverture, par vitesse croissante n_{11}**

40	39	6.11	96.956	248.295	1.992	4.77
41	40	6.11	97.29	247.679	1.009	2.4
42	41	6.11	97.628	247.045	0	0
43	1	6.89	68.8	332.177	74.21	334.9
44	2	6.89	69.344	329.763	73.712	327.65
45	3	6.89	69.901	327.291	73.163	320.2
46	4	6.89	70.472	325.813	72.717	314.24
47	5	6.89	71.057	326.52	72.475	311.29
48	6	6.89	71.657	327.245	72.224	308.3

Figure 116 : Classement extrait du fichier Colline4.txt

On obtient ainsi des courbes d'iso-ouverture.

7.4.4 Tracé des collines FR4

En fin de simulation d'une séquence, il est possible de visualiser une colline en utilisant l'instruction **PlotHill** dans la console Scilab :

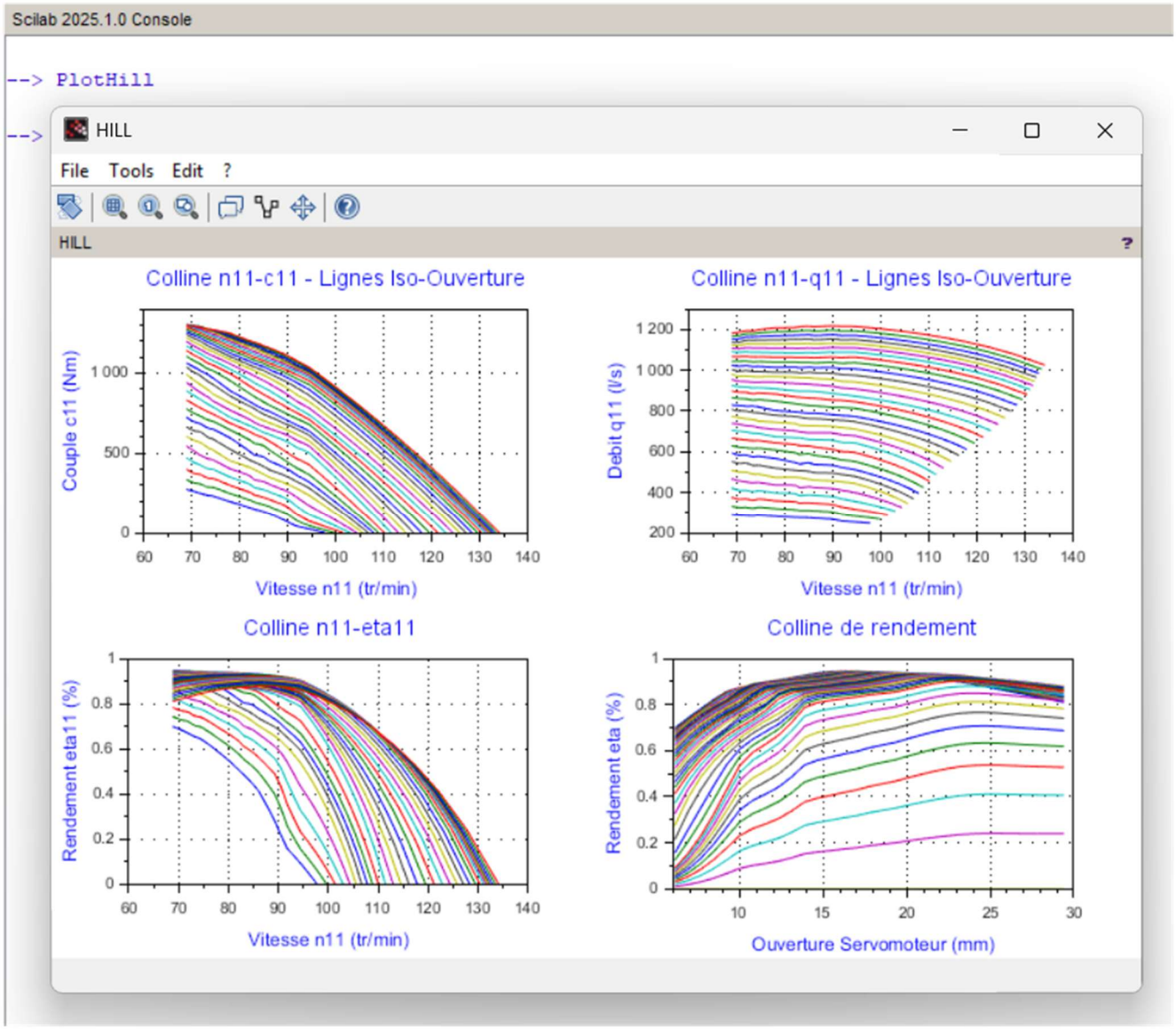


Figure 117 : Tracé de la colline FR4 dans la console Scilab

7.5 Collines pour Machine Francis type FR5

7.5.1 Représentation dans le circuit TurbAdduc

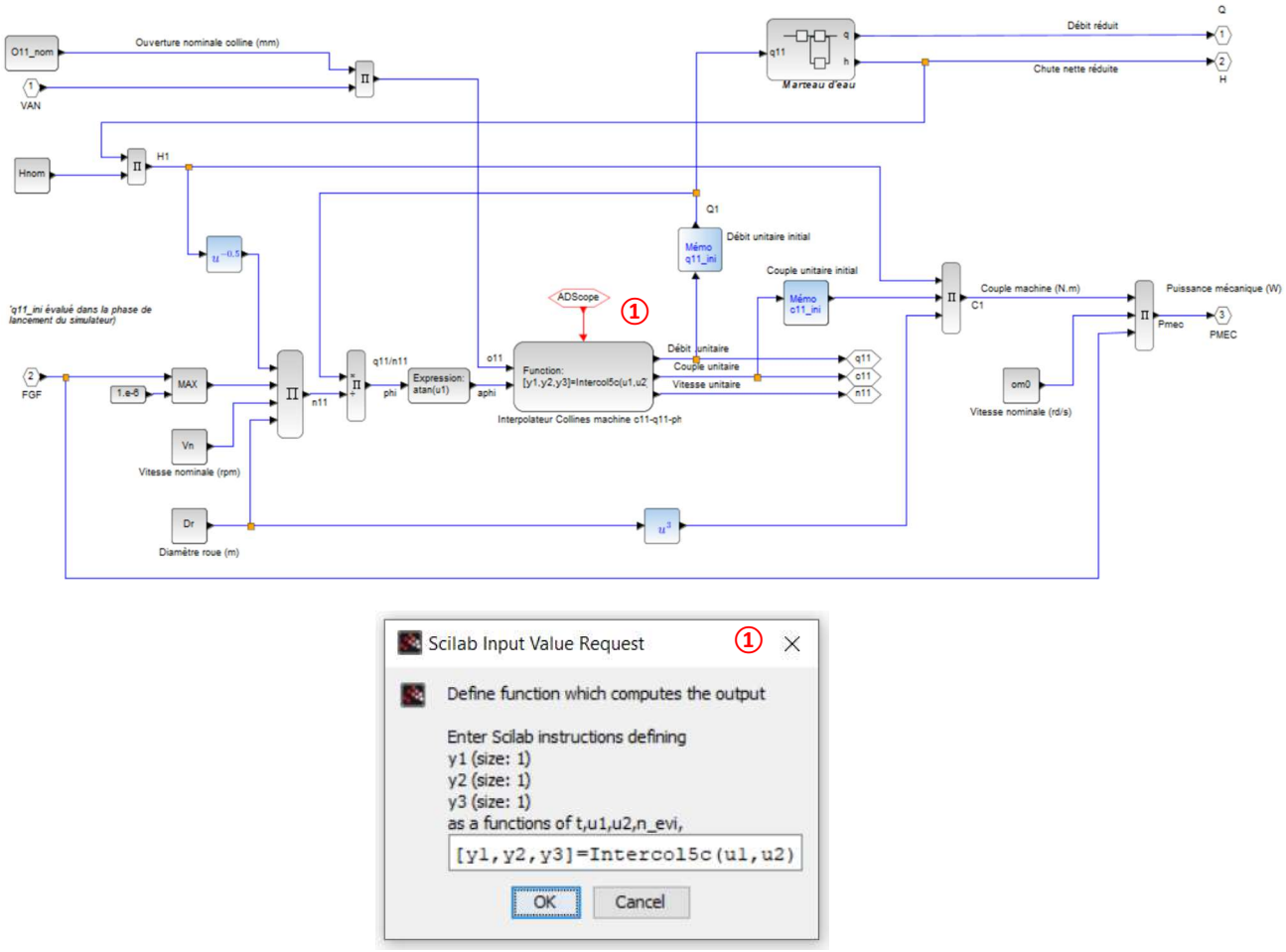


Figure 118 : Colline pour Machine FRANCIS Type FR5 – Interpolateur **Intercol5c.sci** (Boîte 2/2)

7.5.2 Chargement des collines FR5

La colline à charger doit être présente dans une feuille nommée « **HILL** » du fichier de paramétrisation Excel, au format **XLS**

23	6.95	77.284	271.901	174.61	1.154105528
24	6.95	76.192	273.106	184.32	1.178819146
25	6.95	75.144	274.273	193.57	1.200503003
26	6.95	74.139	276.156	202.54	1.219898565
27	6.95	73.173	278.132	210.98	1.236953397
28	6.95	72.243	279.457	218.86	1.251969656
29	6.95	71.348	280.446	225.13	1.263890585

PAR TM HILL

Figure 119 : Déclaration et insertion de la colline machine FR5 dans le fichier de paramétrisation XLS

Elle est ensuite chargée par le loader « FR5_Loader » :

En fin d'exécution du script, si tous les formats ont été respectés, un message signale, dans la console Scilab, la bonne exécution de l'opération :

```
-------------------------------------------------------------------
Machine :         FRANCIS
Modèle Xcos :     FR5c.zcos
Projet :          FR5c
-------------------------------------------------------------------

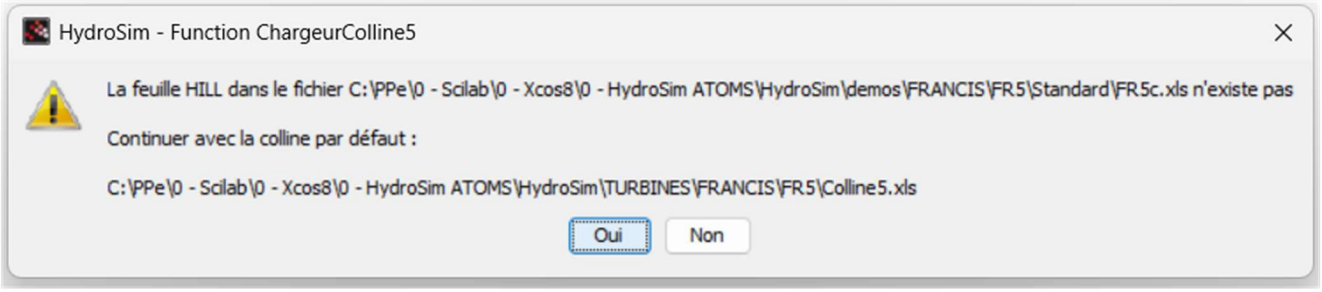
==> Colline : C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\demos\FRANCIS\FR5\Standard\FR5c.xls
... Colline chargée

Modèle Xcos : C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\TURBINES\FRANCIS\FR5\FR5c.zcos

==> Colline : C:\PPe\0 - Scilab\0 - Xcos8\0 - HydroSim ATOMS\HydroSim\demos\FRANCIS\FR5\Standard\FR5c.xls
```

Figure 120 : Diagnostic de chargement d'une colline FR5 dans la console Scilab

Un message d'alerte est signalé si la feuille « HILL » n'existe pas :



Dans ce cas, HydroSim utilise une colline par défaut située dans le répertoire H**ydroSim\TURBINES\FRANCIS\FR5\Colline5.xls :**

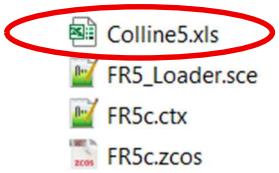


Figure 121 : Colline par défaut Colline5.xls

7.5.3 Format des collines FR5

Le fichier Colline FR5 (par exemple Collin5.txt) est un fichier texte comportant un ensemble de lignes. Les lignes sont séparées par un Retour Chariot (« \n » en langage C ou code ascii hexadécimal (0Dh 0Ah)

Chaque ligne est constituée d'un ensemble de 5 champs :

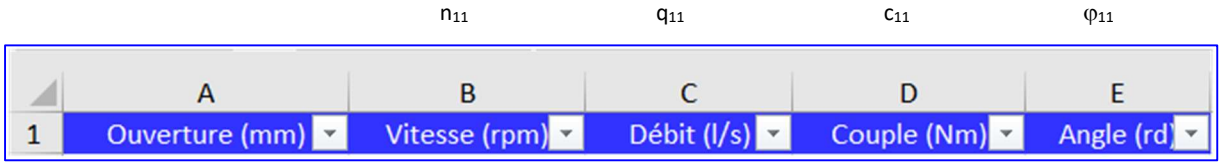


Figure 122 : Format des collines FR5

Les champs sont séparés par un caractère de tabulation (« \t » en langage C ou code ascii 09h)

Sur chaque ligne on peut vérifier la relation, pour un diamètre de roue modèle Dr=1 m :

$$\varphi_{11} = \text{atan}\left(\frac{q_{11}}{n_{11}}\right)$$

, atan représente la fonction mathématique « Arc Tangente ».

Le tableau doit être impérativement trié :

- **D'abord par ouverture croissante**
- **Puis, pour chaque ouverture, par angle croissant φ_{11}**

	A	B	C	D	E
1	Ouverture (m	Vitesse (rp	Débit (l	Couple (N	Angle (rd
2	6.95	92.954	251.533	0	0
3	6.95	92.353	252.735	7.63	0.082430573
4	6.95	91.763	253.871	15.07	0.162774414
5	6.95	91.185	254.946	22.32	0.240056985
6	6.95	90.617	255.965	29.39	0.313627669
7	6.95	90.06	256.931	36.29	0.383049976

Figure 123 : Classement extrait du fichier Colline5.txt

On obtient ainsi des courbes d'iso-ouverture.

7.5.4 Tracé des collines FR5

En fin de simulation d'une séquence, il est possible de visualiser une colline en utilisant l'instruction **PlotHill** dans la console Scilab :

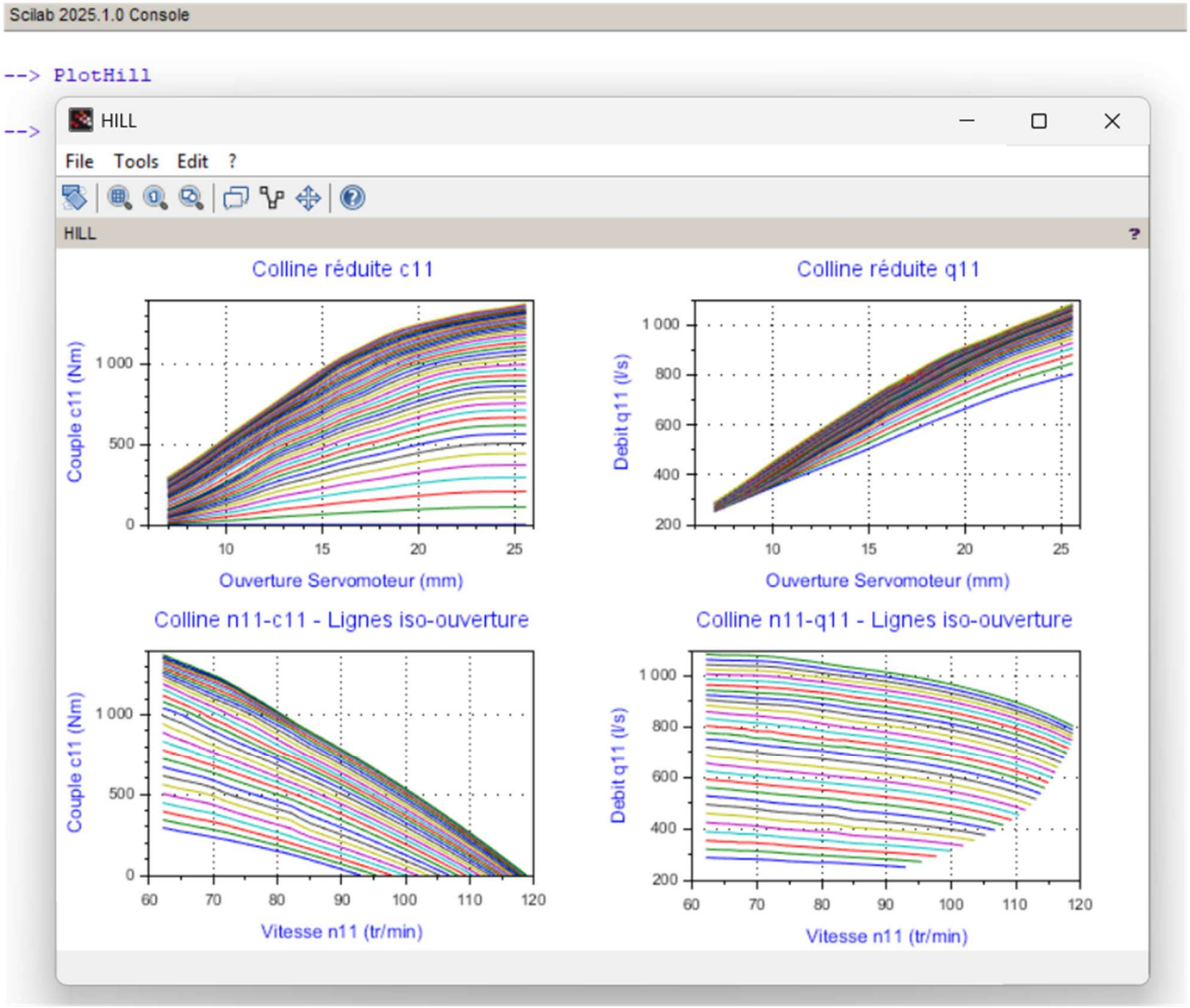
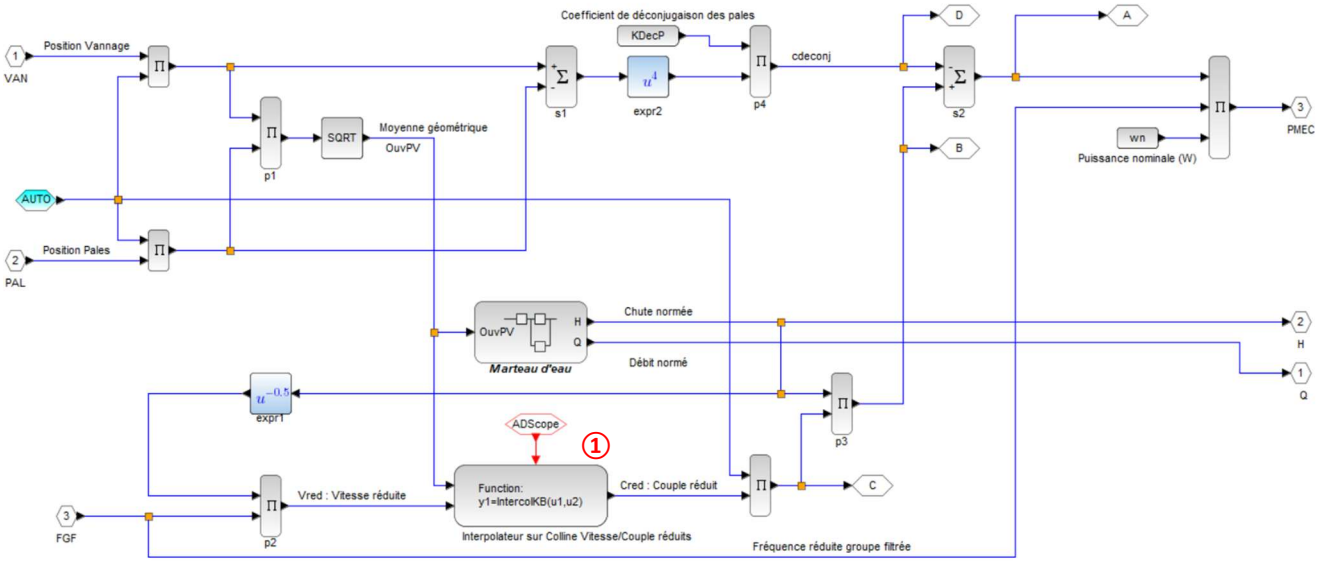


Figure 124 : Tracé de la colline FR5 dans la console Scilab

7.6 Colline analytique pour Machine Kaplan KB1

7.6.1 Représentation dans le circuit TurbAdduc



L'interpolateur est réalisé par la fonction **IntercolKB**.

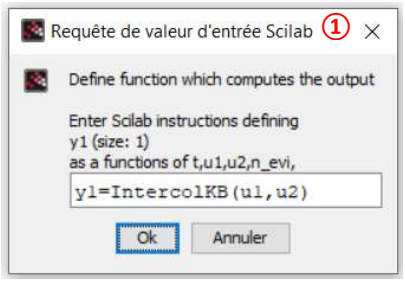


Figure 125 : Colline pour Machine Kaplan KB1 – Interpolateur **IntercolKB** (Boîte 2/2)

7.6.2 Tracé de la colline KAPLAN

En fin de simulation d'une séquence, il est possible de visualiser une colline en utilisant l'instruction **PlotHill** dans la console Scilab :

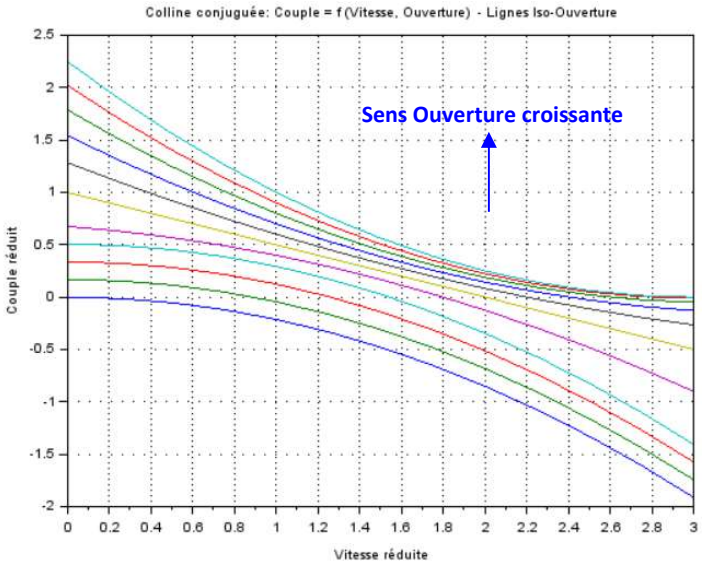


Figure 126 : Lignes d'iso-ouverture de la colline analytique KB1

ANNEXE

A. ELEMENTS DE CALCUL DANS LE CIRCUIT HYDRAULIQUE CALTUR EXCEL

Calculation note CALTUR - Version 2.4 (en-fr) .xlsx - Length-Section

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1		GROUPE:	1		SITE:					TURBINE:	FRANCIS				Eléments à renseigner	
2															Résultats	
3										Unité						
4		Temps de lancer mécanique (s) :	Ta =	10.807				MR2 (*)	4825.00	T.m^2						
5								Vitesse	250.00	t/mn	26.180	rad/s				Inertie Alternateur + Turbine
6		Tw/Ta=		0.198				Puissance	306.00	MW						Il s'agit du MR2 et non du MD2
7								Débit	175.70	m^3/s						(MR2=MD2/4)
8		Vitesse spécifique		ns = 189.783				Chute	195.00	m						
9								Diam. Roue (**)	3.57	m						(**) Non obligatoire
10																
11																
12		CONDUITE:														
13		Temps de lancer hydraulique	Tw =	2.145				Paramètre d'Allièvi		1.532			Débit nominal	175.7	m3/s	
14													Chute nominale	195	m	
15		Longueur équivalente	Leq =	700.00	m	Section équivalente		Seq=	29.98	m^2			Rendement η	0.910		
16																
17							Débit									
18		Tronçon N°	Nbr. Groupes	Longueur	Diamètre	Section	supplémentaire	Total	v	L*v	L/S	v équivalent =		5.860949	m/s	
19				m	m	m^2	m^3/s	m3/s	m/s	m^3/s	m^{-1}.s^{-1}	L*v total =		4102.66	m^2/s	
20		1	2	180	9	31.81		175.7	5.52	994.26	5.66					
21		2	1	170	5.6	24.63		175.7	7.13	1212.70	6.90					
22		3	1	40	4	12.57		175.7	13.98	559.27	3.18					
23		4	1	130	7.4	43.01		175.7	4.09	531.08	3.02					
24		5	2	180	10	39.27		175.7	4.47	805.35	4.58					
25		6														
26		7														
27		8														
28		9														
29		10														
30		11														
31		12														
32		13														
33		14														
34		15														
35		16														
36		17														
37		18														
38		19														
39		20														
40		21														
41		22														
42		23														
43		24														
44		25														

HYDROTUR

CALTUR Version 2.4

09/09/2025

1/1

Figure 127 : Note de calcul en/fr CALTUR.xlsx

B. STRUCTURE OLEOHYDRAULIQUE DU SYSTEME COPIANT SYSCOP A 2 ETAGES

B.1 Principe de fonctionnement du système copiant double étage

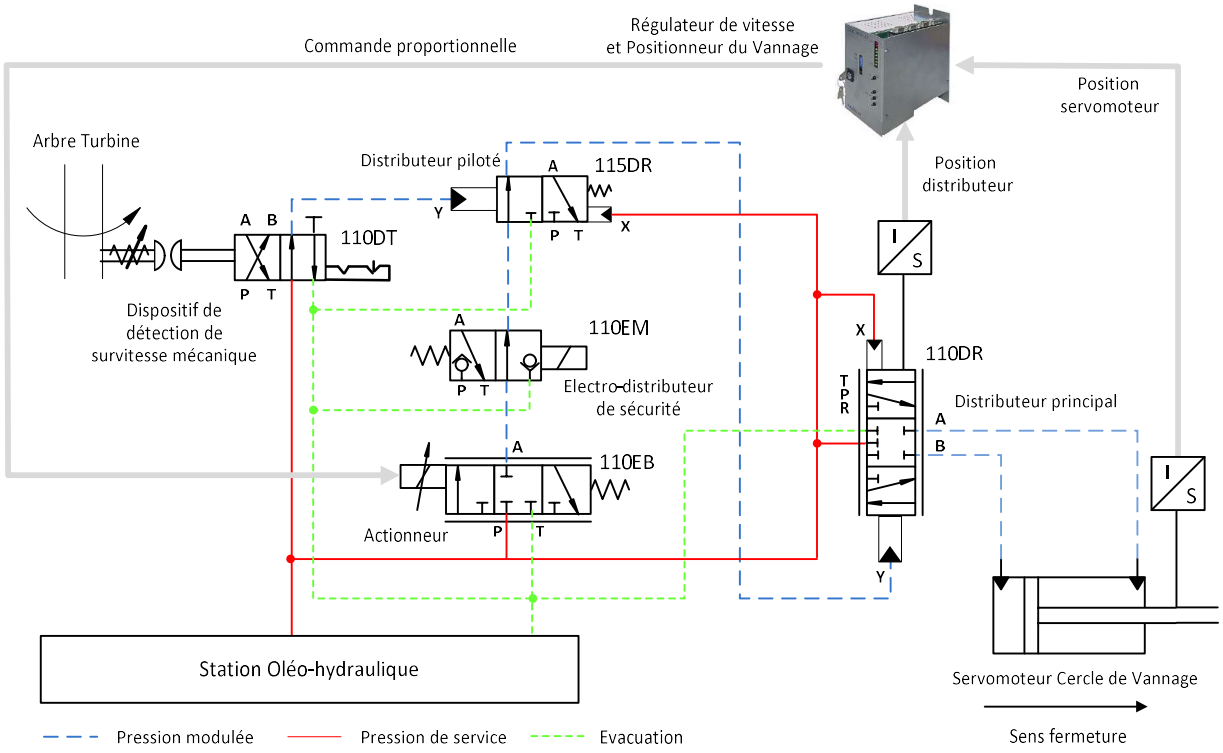


Figure 128 : Schéma simplifié de commande de l'organe de réglage – Système copiant SYSCOP à 2 organes

C. EXEMPLE DE FICHIER DE PARAMÉTRISATION

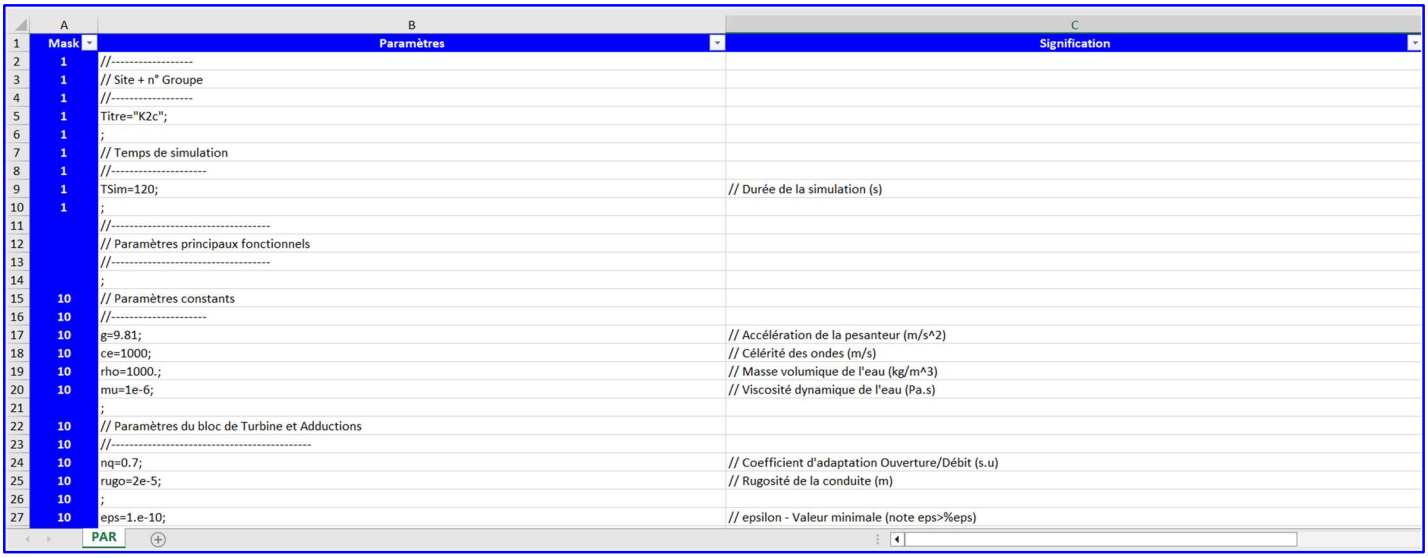
C.1 Fichier «FR2c .xls »

Les fichiers « **xls** », au format **EXCEL 97 2003**, deviennent les nouvelles formes de paramétrisation des modèles.

Pour rappel, Le fichier « .txt » est obtenu systématiquement en programmant « **bDelTxt=1** » dans le fichier « HydroSim\macros\ VariablesGlobales.sce »

Chaque ligne d'un fichier « xls » est structurée sur 3 colonnes

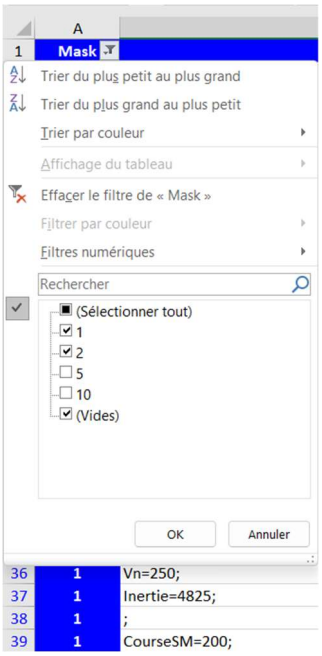
Colonne A	Colonne B	Colonne C
Masque d'affichage sur plusieurs niveaux (Nombre entier 1, 2 ,…etc)	Paramétrage (ex : Tsim=120)	Commentaire éventuel d'un paramètre (ex : // Durée de la simulation (s))



	A	B	C
1	Mask	Paramètres	Signification
2	1	//----------	
3	1	// Site + n° Groupe	
4	1	//----------	
5	1	Titre="K2c";	
6	1	;	
7	1	// Temps de simulation	
8	1	//----------	
9	1	TSim=120;	// Durée de la simulation (s)
10	1	;	
11		//----------	
12		// Paramètres principaux fonctionnels	
13		//----------	
14		;	
15	10	// Paramètres constants	
16	10	//----------	
17	10	g=9.81;	// Accélération de la pesanteur (m/s^2)
18	10	ce=1000;	// Célérité des ondes (m/s)
19	10	rho=1000.;	// Masse volumique de l'eau (kg/m^3)
20	10	mu=1e-6;	// Viscosité dynamique de l'eau (Pa.s)
21		;	
22	10	// Paramètres du bloc de Turbine et Adductions	
23	10	//----------	
24	10	nq=0.7;	// Coefficient d'adaptation Ouverture/Débit (s.u)
25	10	rugo=2e-5;	// Rugosité de la conduite (m)
26	10	;	
27	10	eps=1.e-10;	// epsilon - Valeur minimale (note eps>%eps)

PAR

Figure 129 : Vue partielle du fichier FR2c.xls et colonnage



Accès à la Zone de masquage

La colonne A de filtrage des données permet l'affichage de tout ou partie des paramètres en fonction des masques sélectionnées.

Pour ce faire, cliquer sur la case « Mask » en A1 

pour faire apparaitre le menu déroulant des masques.

Masques disponibles

Puis sélectionner ou désélectionner les masques à appliquer sur la feuille Excel.

Le classement proposé est fourni à titre informatif.

L'opérateur peut donc redéfinir les niveaux attribués suivant son propre arrangement.

Figure 130 : Masquage dans une feuille de paramétrage au format EXCEL 97 2003

Les niveaux de masquage sont *a priori* définis, suivant un ordre allant des paramètres fondamentaux de la régulation, aux paramètres optionnels d'expertise.

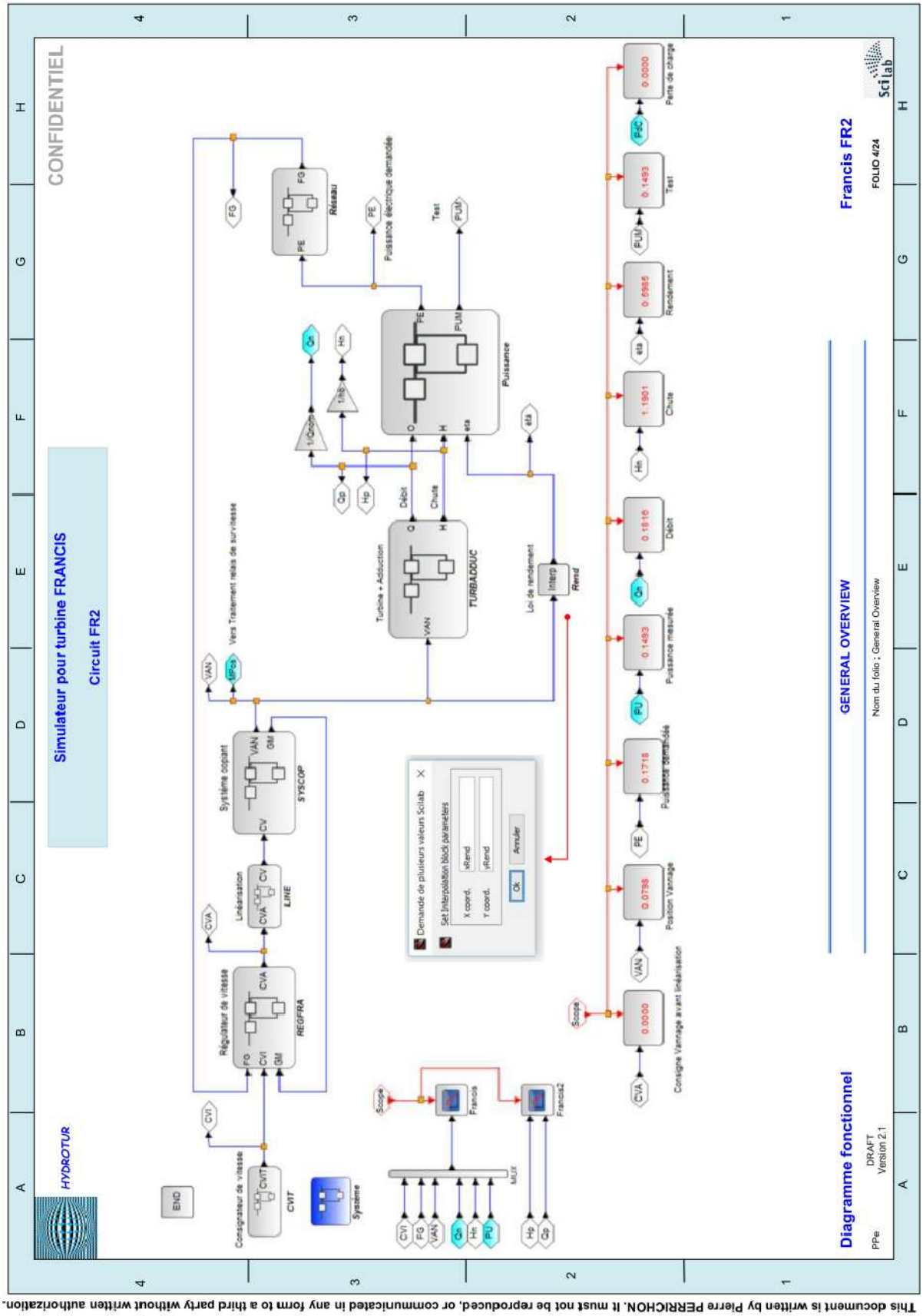
Le tableau ci-dessous résument ces choix arbitraires, pouvant être modifiés en changeant les masques dans la colonne A.

Il est bien entendu possible d'ajouter d'autres masques 3, 4 ,20…etc.

Niveau	Signification
1	Paramètres fondamentaux issus d'une étude de stabilité (Kp, Ti, …etc)
2	Générateur et perturbateurs de signaux,
5	*a priori* paramètres système 1-ier niveau, à ne modifier que sur instructions particulières
10	Lignes de commentaires, paramètres système 2ième niveau à ne modifier que sur instructions particulières
Vides	Lignes vides

Figure 131 : Classement *a priori* des paramètres dans un fichier .xls

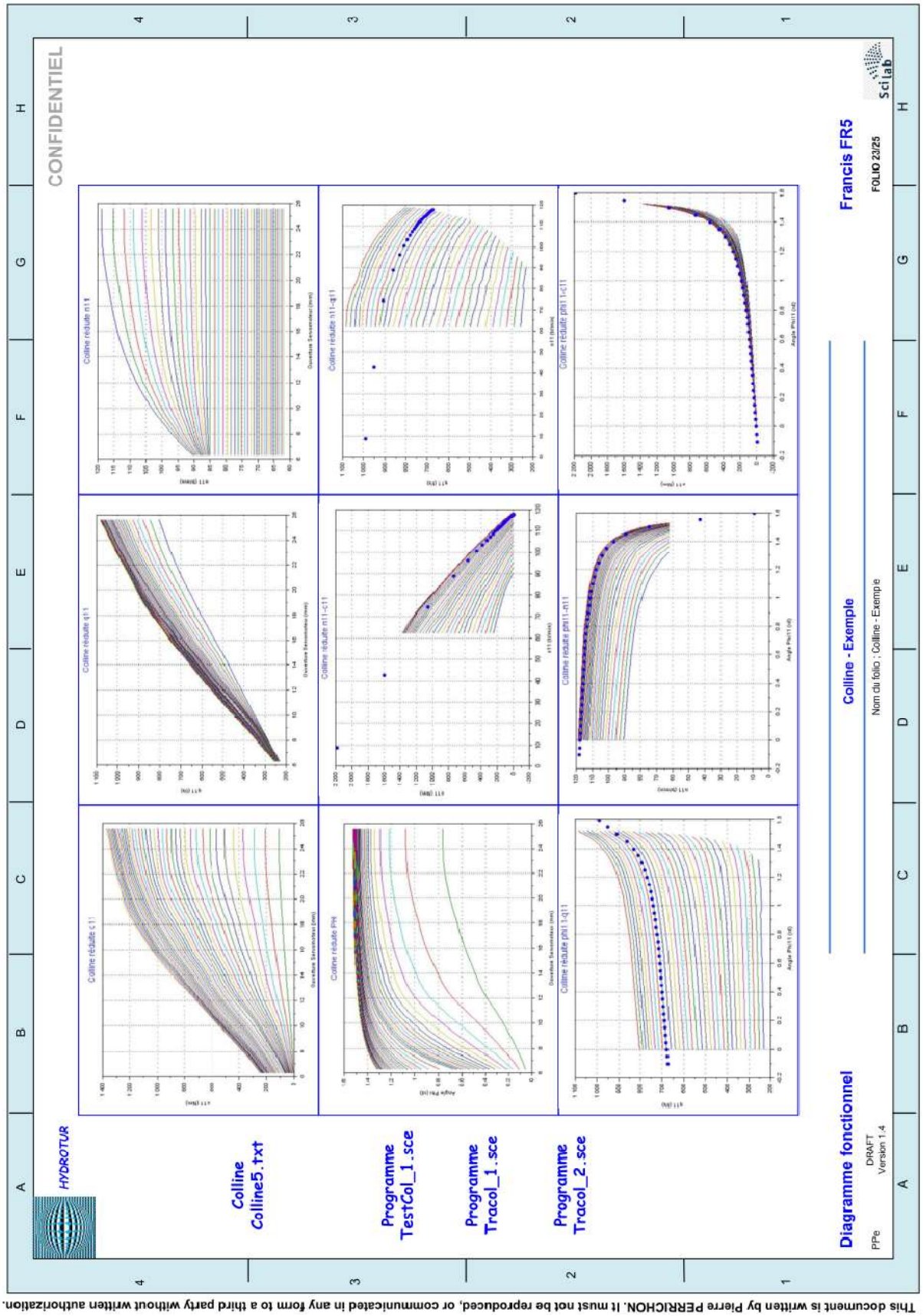
D. SCHÉMA PRINCIPAL DU MODÈLE FR2



This document is written by Pierre PERRICHON. It must not be reproduced, or communicated in any form to a third party without written authorization.

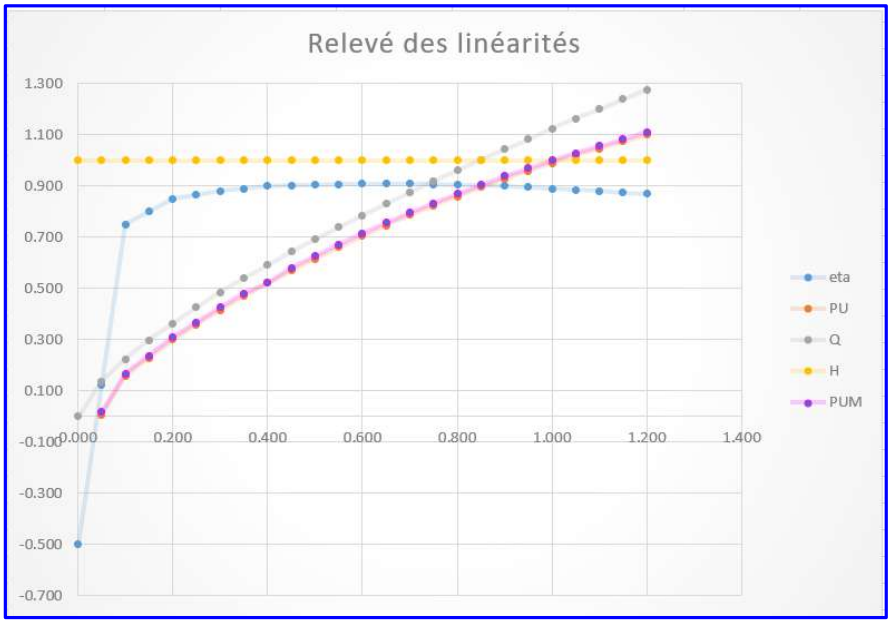
Figure 132 : Simulateur pour turbine FRANCIS - Circuit FR2

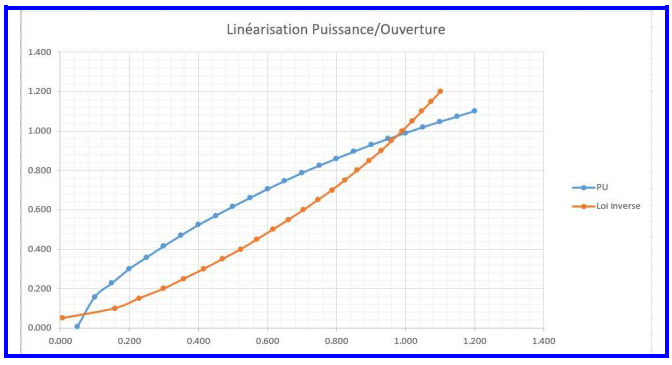
E. REPRÉSENTATION D'UNE COLLINE



F. RELEVÉ DES LINEARITÉS – CIRCUIT FR2 – FICHIER FR2_LOIS.XLSX

	A	B	C	D	E	F
1	**Ouverture**	**PUM**	**PU**	**Q**	**H**	**eta**
2	0.000	0.000	-0.010	0.000	1.000	-0.500
3	0.050	0.017	0.007	0.138	1.000	0.125
4	0.100	0.168	0.158	0.224	1.000	0.750
5	0.150	0.238	0.228	0.298	1.000	0.800
6	0.200	0.310	0.300	0.364	1.000	0.850
7	0.250	0.368	0.358	0.426	1.000	0.865
8	0.300	0.426	0.416	0.484	1.000	0.880
9	0.350	0.480	0.470	0.539	1.000	0.890
10	0.400	0.523	0.523	0.592	1.000	0.900
11	0.450	0.580	0.570	0.643	1.000	0.903
12	0.500	0.626	0.616	0.692	1.000	0.905
13	0.550	0.671	0.661	0.740	1.000	0.908
14	0.600	0.715	0.705	0.786	1.000	0.910
15	0.650	0.756	0.746	0.831	1.000	0.910
16	0.700	0.797	0.787	0.875	1.000	0.910
17	0.750	0.834	0.824	0.919	1.000	0.908
18	0.800	0.870	0.860	0.961	1.000	0.905
19	0.850	0.905	0.895	1.003	1.000	0.903
20	0.900	0.939	0.929	1.044	1.000	0.900
21	0.950	0.970	0.960	1.084	1.000	0.895
22	1.000	1.000	0.990	1.124	1.000	0.890
23	1.050	1.029	1.019	1.163	1.000	0.885
24	1.100	1.057	1.047	1.201	1.000	0.880
25	1.150	1.084	1.074	1.239	1.000	0.875
26	1.200	1.111	1.101	1.277	1.000	0.870





G. PASSERELLE DE FICHIERS D'ENREGISTREMENT .SCG VERS EXCEL

Il est possible de créer, à partir de fichier graphiques .SCG, des fichiers au format .TXT pour une reprise des enregistrements sous EXCEL (*voir SaveGraph §4.3.2*)

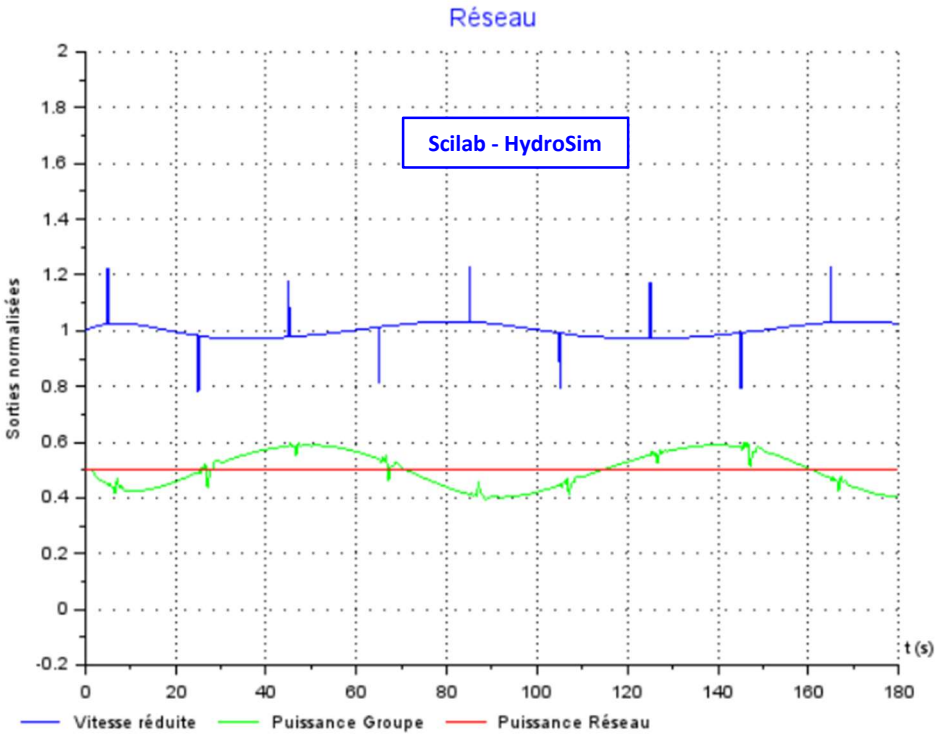


Figure 133 : Fichier 01_Reseau -- FR2c - Pn=50% - Sinus 10% Fréquence Dirac 20%.scg

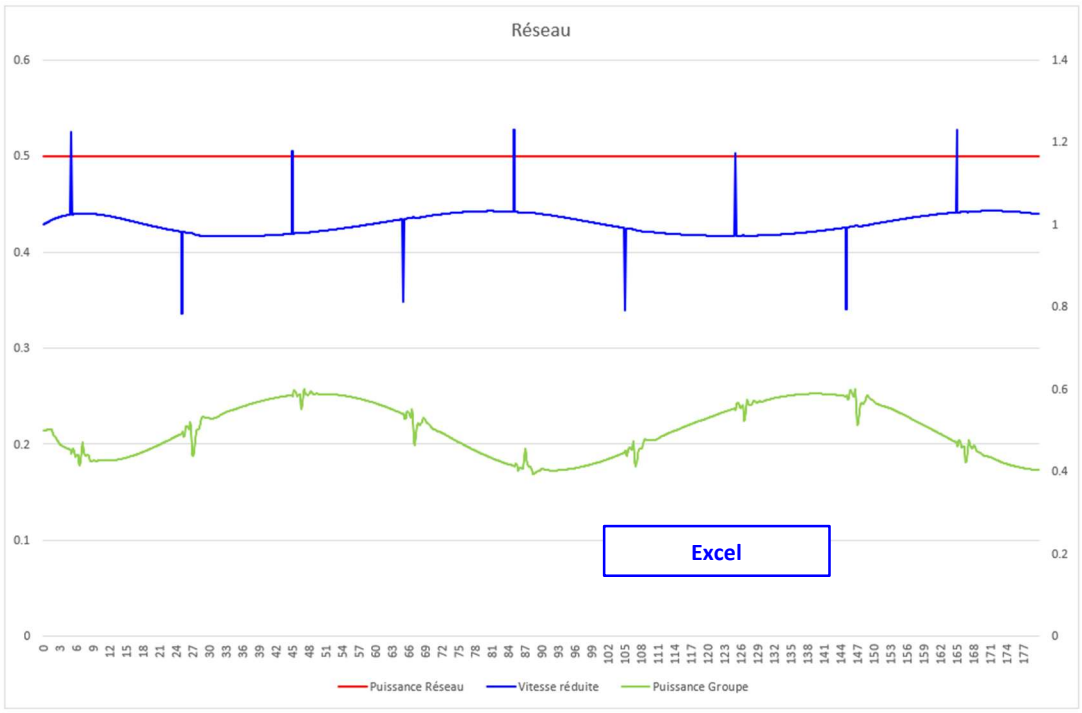


Figure 134 : Fichier 01_Reseau -- FR2c - Pn=50% - Sinus 10% Fréquence Dirac 20%.xlsx

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Support technique du projet HYDROTUR 6
Figure 2 : Liste des principaux documents HYDROTUR 7
Figure 3 : Diagramme fonctionnel général d'un système de commande hydro-électrique 8
Figure 4 : Vue panoramique des composants additionnels de la palette SEGPAL 10
Figure 5 : Circuit de calcul des paramètres d'un PID Vitesse - Méthode de la Marge du Module 11
Figure 6 : Réduction du schéma hydraulique - Calculs préliminaires à l'étude de stabilité d'un groupe hydraulique 11
Figure 7 : Exemple de résultat d'une étude de stabilité dans HydroStab dans le plan de Nyquist 12
Figure 8 : Extrait d'un fichier «. PAR » généré par HydroStab 12
Figure 9 : Différentes méthodes d'installation de HydroStab 13
Figure 10 : Répertoire d'installation automatique de de HydroSim 13
Figure 11 : Décompactage du fichier HydroSim.zip 13
Figure 12 : Contenu du répertoire HydroSim 14
Figure 13 : Instructions Scilab pour lancer HydroSim en mode manuel 15
Figure 14 : Console Scilab après démarrage de HydroSim 15
Figure 15 : Désinstallation de HydroSim 16
Figure 16 : Exemple de chargement de la bibliothèque HydroSim dans Scilab – Utilisation du fichier loader.sce 17
Figure 17 : Variable d'environnement SCI_HydroSim 17
Figure 18 : Outillage HydroSim dans le répertoire "Utilitaires" 18
Figure 19 : Navigation préconisée dans Scilab pour la manipulation de HydroSim 18
Figure 20 : Exemple de fichier de démarrage HydroSim.cfg 19
Figure 21 : Liste des modèles et algorithmes disponibles 20
Figure 22 : Accès aux modèles de simulation 21
Figure 23 : Contexte des modèles XCOS FR2 et FR5 dans le répertoire HydroSim\TURBINES 21
Figure 24 : Exemple d'architecture du modèle FR5 21
Figure 25 : Exemple de Blocs Fonctionnels – Schéma unifilaire du circuit FR5 avec Collines machine 22
Figure 26 : Modification du contexte de simulation 23
Figure 27 : Contexte d'exécution d'un fichier XCOS – Version du circuit de calcul 23
Figure 28 : Structure générale de paramétrage des simulateurs 24
Figure 29 : Kit d'essais type de caractérisation d'un simulateur 24
Figure 30 : Lancement d'une simulation à partir d'un fichier .sce (ici Pelt6c.sce) 25
Figure 31 : Fenêtre "HydroSim RUNNER" au lancement d'un fichier "sce" 25
Figure 32 : SetPoint : Accès aux principaux paramètres de consignation du groupe hydraulique 26
Figure 33 : Folio "Reseau" dans les schémathèques HydroSim 27
Figure 34 : Paramètres du générateur Gene_BF 27
Figure 35 : Principe général du perturbographe Gene_BF dans le module « Réseau » 28
Figure 36 : Menu HydroStab - Sélection d'une méthode d'optimisation 28
Figure 37 : Menu Export d'un fichier ".cfg" 28
Figure 38 : Exécution générale d'un script Loader 29
Figure 39 : Exécution d'un fichier « ctx » dans le script de lancement « FR2_Loader.sce » du simulateur 30

Figure 40 : Exemple de calcul de Résistance hydraulique - Extrait fichier FR2c.ctx 31
Figure 41 : Liste des outils HydroSim 31
Figure 42 : Navigateur de fichiers SaveGraph 31
Figure 43 : Interface de structuration des fichiers d'enregistrements 32
Figure 44 : Exemple de sauvegarde de fichiers après simulation 32
Figure 45 : Extrait d'un fichier de sauvegarde cfg 33
Figure 46 : Scope « REGFRA » dans le simulateur FR2 – Composant « Scope » - Folio « REGFRA» 33
Figure 47 : Passerelle EXCEL - Fichier 01_Reseau -- FR2c - Pn=50% - Sinus 10% Fréquence Dirac 20%.txt et .xlsx 34
Figure 48 : Navigateur de fichiers LoadGraph 34
Figure 49 : 01_Sync1 -- KB1c - Pn=25% - Echelon 10% - bSync1=1.scg 35
Figure 50 : 02_Sync1 -- KB1c - Pn=25% - Echelon 10% - bSync1=0.scg 35
Figure 51 : Sélection des fichiers de délestage FRANCIS avec LoadGraph 36
Figure 52 : Influence du pré-positionnement du Vannage dans une séquence de délestage FRANCIS - Paramètre PosMini . 36
Figure 53 : Navigateur de fichier pour la relance d'une simulation enregistrée 37
Figure 54 : Ligne d'entête d'un fichier « cfg » 37
Figure 55 : Message d'erreur lorsqu'un fichier "sce" ne peut être localisé 37
Figure 56 : Sélection d'une séquence à renommer 38
Figure 57 : Paramètres de renommage d'une séquence 38
Figure 58 : Exemple de compte rendu dans la fenêtre Scilab après renommage 38
Figure 59 : Sélection d'une séquence à supprimer 39
Figure 60 : Exemple de compte rendu dans la fenêtre Scilab après suppression d'une séquence 39
Figure 61 : Accès aux scopes numériques des modèles Xcos de HydroSim 40
Figure 62 : Scopes numériques dans le modèle FR2 40
Figure 63 : Description d'un scope numérique 40
Figure 64 : Scope "SYSCOP" dans le bloc "SYSCOP" 40
Figure 65 : Nombre maximal de scope par type de machine 41
Figure 66 : Exemple de masque de scopes niveau 1 41
Figure 67 : Écran d'accueil de la fonction MScope - Principe 41
Figure 68 : Fichier « Option.txt » de masquage des oscilloscopes dans le répertoire *SCI_HydroSim* 42
Figure 69 : Sélection des masques pour la fonction SET 42
Figure 70 : Fichier de masquage MScope.txt suite à une action "SET" sur toutes les machines 42
Figure 71 : Sélection des masques pour la fonction RESET 43
Figure 72 : Message de proposition d'enregistrement avant « Quitter » 43
Figure 73 : Loi de fermeture multipente LOI_LF 44
Figure 74 : Lois de linéarisation LINE 44
Figure 75 : Tracé des Collines Machine Tracol sous Scilab-HydroSim 44
Figure 76 : Changement de langue sous HydroSim 44
Figure 77 : Exemple de détection de conformité de fichier d'un projet 45
Figure 78 : Installation du nouveau projet dans l'environnement de travail Scilab dans la fenêtre Scinotes de Scilab 46
Figure 79 : Interruption d'une simulation 46
Figure 80 : Guide de programmation HydroSim 47

Figure 81 : Aperçu de la table des index dans le document "Guide de programmation" 47
Figure 82 : Dénomination des feuilles dans les fichiers Excel "xls" 48
Figure 83 : Module SYSCOP d'asservissement du système copiant du vannage dans HydroSim 48
Figure 84 : Calcul des temps de manœuvre à la fermeture sur la loi LF dans les fichiers CTX 49
Figure 85 : Principe du paramétrage des lois de fermeture multipente 49
Figure 86 : Loi multi-pentes dans la feuille TM du fichier projet HydroSim\FRANCIS\FR2\Standard\FR2c.xls 49
Figure 87 : Loi de manœuvre par défaut si la feuille TM est absente 50
Figure 88 : Exemple de loi de fermeture à plusieurs pentes - Instruction de traçage « Plot LF demo » 50
Figure 89 : Prise en compte de la loi de rendement Rend dans le module principal FR2 51
Figure 90 : Prise en compte du rendement dans le module Puissance du circuit FR2 51
Figure 91 : Exemple de loi de rendement dans le circuit FR2 (Fichier FR2 - Lois.xlsx) 51
Figure 92 : Loi de rendement est définie par défaut dans le fichier « VariablesGlobales.sce » 52
Figure 93 : Loi de rendement définie dans le fichier HydroSim\demos\KAPLAN\KB1\Standard\KB1.xls 52
Figure 94 : Application du couple de friction dans le module « Reseau » 52
Figure 95 : Circuit TURBADDUC (sans colline machine) 53
Figure 96 : Loi de rendement par défaut dans le fichier VariablesGlobales.sce 54
Figure 97 : Insertion des lois de linéarisation dans un fichier XLS - Feuille LINE – *Répertoire HydroSim\demos\FRANCIS\FR2\K2_c)* 55
Figure 98 : Variables globales utilisées dans les lois de linéarisation 55
Figure 99 : Syntaxe de la fonction Scilab interpln 56
Figure 100 : Aide en lignes sur le traçage des lois de linéarisation dans la console Scilab 56
Figure 101 : Instruction PlotH 57
Figure 102 : Instruction PlotLINE 57
Figure 103 : Utilisation de la fonction HydroSim 'Interpoler' 57
Figure 104 : Détection d'une rupture de monotonie dans les lois de linéarisation 57
Figure 105 : Principe de modélisation avec les collines caractéristiques 59
Figure 106 : Fonctions Collines dans les modules Xcos TurbAdduc FR4-FR5-KB1 59
Figure 107 : Échantillonnage des interpolateurs - Colline Machine 60
Figure 108 : Fonction « scifunc_block_m » dans la palette standard Xcos 60
Figure 109 : Boîte fonctionnelle de l'interpolateur Intercol5c – circuit FR5 (Boîte 1/2) 60
Figure 110 : PlotHill demo - Démonstrateur d'un interpolateur sur une colline machine 61
Figure 111 : Colline pour Machine FRANCIS Type FR4 – Interpolateur Intercol4.sci (Boîte 2/2) 62
Figure 112 : Déclaration et insertion de la colline machine FR4 dans le fichier de paramétrisation XLS 62
Figure 113 : Diagnostic de chargement d'une colline FR4 dans la console Scilab 63
Figure 114 : Colline par défaut Colline4.xls 63
Figure 115 : Format des collines FR4 63
Figure 116 : Classement extrait du fichier Colline4.txt 64
Figure 117 : Tracé de la colline FR4 dans la console Scilab 64
Figure 118 : Colline pour Machine FRANCIS Type FR5 – Interpolateur Intercol5c.sci (Boîte 2/2) 65
Figure 119 : Déclaration et insertion de la colline machine FR5 dans le fichier de paramétrisation XLS 65
Figure 120 : Diagnostic de chargement d'une colline FR5 dans la console Scilab 66

Figure 121 : Colline par défaut Colline5.xls 66
Figure 122 : Format des collines FR5 66
Figure 123 : Classement extrait du fichier Colline5.txt 67
Figure 124 : Tracé de la colline FR5 dans la console Scilab 67
Figure 125 : Colline pour Machine Kaplan KB1 – Interpolateur IntercolKB (Boîte 2/2) 68
Figure 126 : Lignes d'iso-ouverture de la colline analytique KB1 68
Figure 127 : Note de calcul en/fr CALTUR.xlsx 69
Figure 128 : Schéma simplifié de commande de l'organe de réglage – Système copiant SYSCOP à 2 organes 70
Figure 129 : Vue partielle du fichier FR2c.xls et colonnage 71
Figure 130 : Masquage dans une feuille de paramétrage au format EXCEL 97 2003 71
Figure 131 : Classement *a priori* des paramètres dans un fichier .xls 72
Figure 132 : Simulateur pour turbine FRANCIS - Circuit FR2 73
Figure 133 : Fichier 01_Reseau -- FR2c - Pn=50% - Sinus 10% Fréquence Dirac 20%.scg 76
Figure 134 : Fichier 01_Reseau -- FR2c - Pn=50% - Sinus 10% Fréquence Dirac 20%.xlsx 76

Notes personnelles