

# Deux programmes de calcul d'installations sous vide : VST - VTT

Jacques FAERBER<sup>1</sup>, Fabrice M AINGOT de la GRASSIÈRE<sup>1</sup>, coll. Romain JARRIER<sup>2</sup>, et le soutien du Réseau des Technologies du Vide (MITI, CNRS) IPCMS, <sup>1</sup>Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg, UMR 7504, F-67000 Strasbourg, France, Université de Strasbourg, CNRS, LCPMR, <sup>2</sup>Laboratoire de Chimie Physique - Matière et Rayonnement, UMR 7614, 75005 Paris, France, Sorbonne Université, CNRS,

Le développement de VST a débuté en 2012, suite à des galères de calculs de dimensionnements d'un bâti ayant d'importantes contraintes d'équilibre à assurer entre un débit de gaz important et un gradient de pression entre chambres. Le calcul nécessitant une optimisation par itérations successives, l'idée d'un outil dédié utilisant un moteur de calcul formel a émergé. Le manque de temps a entraîné un développement marqué par de longues pauses. Suite à des échanges avec R. Jarrier qui travaillait à un code ayant un objectif similaire (devenu depuis VTT), l'organisation d'une ITC soutenue par le RTV en 2019 a permis de relancer le projet VST et de confronter les 2 codes. Il en est ressorti qu'il n'était pas possible de les fusionner, mais qu'il est plus judicieux de les développer en parallèle car ils ont leur objectif et leur démarche propre.

L'intérêt majeur de VST est que chaque paramètre peut à tout moment passer du statut de "donnée" à celui d' "inconnue" et réciproquement. Il y a donc une grande liberté pour itérer et approcher une situation optimum, ou à l'inverse révéler une situation sans solution ! En parallèle, l'utilisateur à toujours sous les yeux les équations utilisées pour le calcul et peut les modifier, ce qui lui donne un intérêt pédagogique.

## VST : Vacuum System Tool

### Carte d'identité :

**Auteurs :** Jacques FAERBER (conception, tests, utilisation),  
Fabrice MAINGOT de la GRASSIÈRE (développement, programmation)  
**Objectif :** Optimisation de n'importe quel élément ou ensemble d'éléments d'un système de vide.  
Calcul à l'état stationnaire, à l'équilibre, du système.  
**Caractère dominant :** Optimisation de n'importe quelle dimension ou autre paramètre  
Tout paramètre peut être au choix *donnée* ou *inconnue*.  
**OS de développement :** Linux ; **Langage :** Tcl/Tk ; **Moteur de calcul :** Maxima

### Les équations utilisées :

Un certain nombre d'équations de composants sont proposées par défaut. Elles sont pour l'essentiel tirées de Delafosse et Mongaudin (Le Vide n°92 - 1961), référence largement reprise par tout le monde.  
Chaque équation peut être éditée et modifiée intégralement par l'utilisateur.  
Par défaut, le calcul est toujours en unités CGS, les équations étant plus familières sous cette forme à la plupart des utilisateurs. La saisie des longueurs se fait en mm.  
Les équations sont affichées par défaut en caractères ASCII, un bouton permet de sélectionner un affichage LaTeX, bien plus joli.

## A quoi ressemble VST ?

**Fenêtre "Schema"**  
Espace de "dessin" de l'installation, avec la liste de composants. Sauvegarde et rappel du projet.

**Fenêtre "Equations" (de comportement)**  
Un menu propose une liste d'équations décrivant le fonctionnement de l'ensemble. Pour chaque équation, un cadre de description s'ajoute ici.

**Equation example:**  

$$F1_Q = F1_{Seff} F1_P$$
 Affichage ASCII de l'équation  

$$F2_{Cgaz} = F2_{Cair} \left( \frac{29}{P2_M} \right)^{\frac{1}{2}}$$
 Affichage LaTeX de l'équation

**Fenêtre "Components"**  
A chaque ajout d'un composant dans le schéma, un cadre de description s'ajoute ici, avec ses paramètres et ses équations propres.

**Equation example:**  

$$Tm1_C = \frac{Tm1_D^3 Tm1_alpha K_T}{Tm1_L}$$
 Bouton et résultat d'un calcul local

**SysMap : Une fenêtres complémentaire**  
Rappelle les paramètres des eq. de comportement  
En noir, les **données**, en rouge les **inconnues**  
Le nom de l'équation où se trouve chaque paramètre  
Les valeurs numériques, données ou calculées

## Démarche et mise en œuvre

### 1-Que cherche-t-on ?

Une pression d'équilibre,  
La conductance d'une ligne de pompage,  
La vitesse effective de pompage d'un ensemble,  
Le taux de dégazage effectif propre à une installation connue ?

=> choix des équations générales, dites "de comportement" (fenêtre Equation)  
(On peut aussi faire cette étape après les étapes 2 et 3)

### 2 "Dessin" de l'installation (fenêtre Schema)

A chaque ajout d'un composant, une fenêtre s'ajoute à la liste de la fenêtre Component  
On la complète avec ses données numériques, et on détermine l'inconnue.

### 3 Vérifications et calculs "locaux"

On vérifie si on a toutes les données  
Chaque composant peut être optimisé avant d'être inclus dans le calcul globale

### 4 Paramétrage des équations "de comportement"

Calcul global (fenêtre Equation, bouton Solve)

### 5 Examen des résultats, modifications de données, d'inconnue ; Nouveau calcul.

## Principe de fonctionnement

### Analyse et traitement symbolique des équations (Maxima)

Gestion des variables  
Résolution formelle des systèmes d'équations  
Evaluations numériques  
Affichage ASCII / LaTeX

### Interface graphique (Tcl/Tk)

Gestion des événements d'interface  
Gestion de la structure de données  
Visualisation

### Analyse et synchronisation du flux d'E/S (Expectk)

## Perspectives

Aujourd'hui : une application un peu spartiate mais fonctionnelle, légère et robuste, fonctionnant sous Linux !

### En cours, en projet...

Graphisme : nettoyer les fenêtres de traces de l'histoire du code et les rendre plus compactes, dessins des composants selon symboles ISO.

Nouveaux composants : Réduction, Vanne (de fuite), Procédé, Soufflet.

Tester la validité de la démarche en calcul d'un pompage différentiel.

Portage vers Windows : Linux virtuel, Cygwin.

## Que peut-on calculer

La *conductance* d'un composant en différents régime,  
ou une *dimension* d'un composant pour obtenir une conductance donnée.  
La conductance d'un *ensemble de composants* (série ou parallèle)  
La vitesse de pompage effective  
La pression d'équilibre d'un ensemble  
Le flux de dégazage d'un système,  
Le taux de dégazage effectif (d'après des mesures de pression)  
Appliquer les corrections de gaz et de température

## Les "composants" de VST

Les composants de VST sont définis par les équations de D&M (ou autres ref.). Ils ne correspondent donc pas strictement aux éléments mécaniques installés.  
Un tube long se terminant en coude sera décomposé en 2 composants, tube + coude.  
Deux tubes de même diamètre bout à bout compteront pour un tube de la somme des longueurs, etc.

## VST et le taux de dégazage

VST calculant "à l'équilibre", le taux de dégazage utilisé doit être choisi à une valeur à un "temps long". On ne pourra pas suivre son évolution.  
Le calcul à rebours consiste à décrire un ensemble et y introduire un vide limite "à l'équilibre" mesurée (sur un bâti existant). Il permet alors de déterminer le taux de dégazage effectif de ce système, signature typique à l'instant t, englobant tout les matériaux, états de surface, pré-traitement, etc., contenus dans ce bâti.