

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



[www.cea.fr](http://www.cea.fr)

## Software used to size the safety devices

Jean-Marc Poncet, Eric Ercolani,  
Philippe Gully, Chantal Meuris

Cryogenic Safety

HSE seminar – 21-22 September 2016

## Abstract

To avoid mistakes during the calculation, CEA/SBT has decided to write a software that take into account all the situations it is possible to encountered (subcritical state, supercritical state, ...). The goal is to permit to the engineer in charge of a cryostat manufacturing to perform this calculation; he is the only person able to do the accidental analysis which is fundamental for the sizing of the safety device. The software written is presented.

## Summary

Safety approach at CEA/SBT

Description of the tool

Result of the calculation

Conclusion

## Safety analysis

Parameters:

- Final use of the cryostat (magnet, MLI, ...)
- Design of the cryostat (weak point, bellows, ...)
- ➔ Performed by the project leader: adapted to the size of the projects developed in the lab

## Choice of the heat fluxes deposited on the cold surfaces

Situation can be complex if difficulties appear with the size of the safety device (see quantification of heat flux in supercritical helium)

## Sizing of safety device

A specific software has been developed at CEA/SBT based on the article: “Sécurité en cryogénie” – Techniques de l’ingénieur BE 9814 – English version available soon

## Safety report

Analysis and sizing reported in a dedicated document

## Only one tool authorized in the lab (if applicable)

With the cryostats designed in the SBT lab, an analytical approach is often sufficient.

Calculation is not so simple then the tool to be used is imposed to avoid calculation error.

With the approach proposed in the “Techniques de l’ingénieur”, the software has been written and exhaustive verifications have to be finished.

## User friendly

It is not an easy work but a software as user friendly as possible has been written

## No parameters blocked

By experience with the previous version of the software, no parameters have been blocked. It is really important in complicated situation to understand where margins are available to modify the design.

Users have no access to formula but discussions are always open

## Calculation of the safety device for the reservoir or the vacuum vessel

**Soupapes**

Fichier Aide

**Réservoir** Enceinte Graphiques

Caractéristiques du réservoir

Fluide contenu dans le réservoir **Hélium**

Pression maximale (relative / Pexti) admissible (PS) 4

Zone de rejet du dispositif de protection

Dans l'enceinte  En zone chaude

Type de dispositif de protection

Disque de rupture et clapet  Soupape Kd : 0.8

Caractéristiques de la ligne de décharge (dans le vide)

Φ extérieur 20 Flux de chaleur (W/mm²) 0.038

Longueur 1000 Temp. avant sortie du vide (T1v) -

Prise en compte de la partie interne de la ligne dans le calcul

Conditions de fonctionnement avant l'accident

Pression absolue à l'intérieur du réservoir (Pi) 1

Pression absolue extérieure au réservoir (vide) (Pexti) 0

Pression absolue à l'aval immédiat de la soupape (P2i) 0

Température du fluide (Ti) 4.20814

Etat du fluide

Liquide saturé  Autre

Niveau de liquide maxi dans le réservoir (% volume) 100

Unités

Pression en bar Température en K

Dimensions en mm Débit en kg/s

Résultats

Pression de tarage maximum (PT) Pression au moment de l'accident (P0) Section soupape (A) Diamètre soupape

Conditions de fonctionnement dans l'enceinte

P max admissible (relative / P3) de l'enceinte (PS Enc.) 0.5

Pression absolue extérieure de l'enceinte (Pext Enc.) 1

ATTENTION, cela doit être cohérent avec le calcul de l'enceinte

Conditions de fonctionnement en situation accidentelle

Pression absolue extérieure du réservoir (vide) (Pext) 0

DP dans la tuyauterie en amont de la soupape (DP1) 0

Pression absolue à l'aval de la soupape (P3) 0

DP dans la tuyauterie en aval de la soupape (DP2) 0

Apport de chaleur (W) 10000

Température au moment de la rupture du disque (T0)

Débit pour A maxi (différent du débit maxi)

Echauffement entre le réservoir et la soupape

Non  Oui

Température à l'amont immédiat de la soupape (sera imposée > T0 ou T1v si nécessaire) (T1) 7.00194

Coefficient de majoration de la section (> 1) 1.5

AVERTISSEMENTS

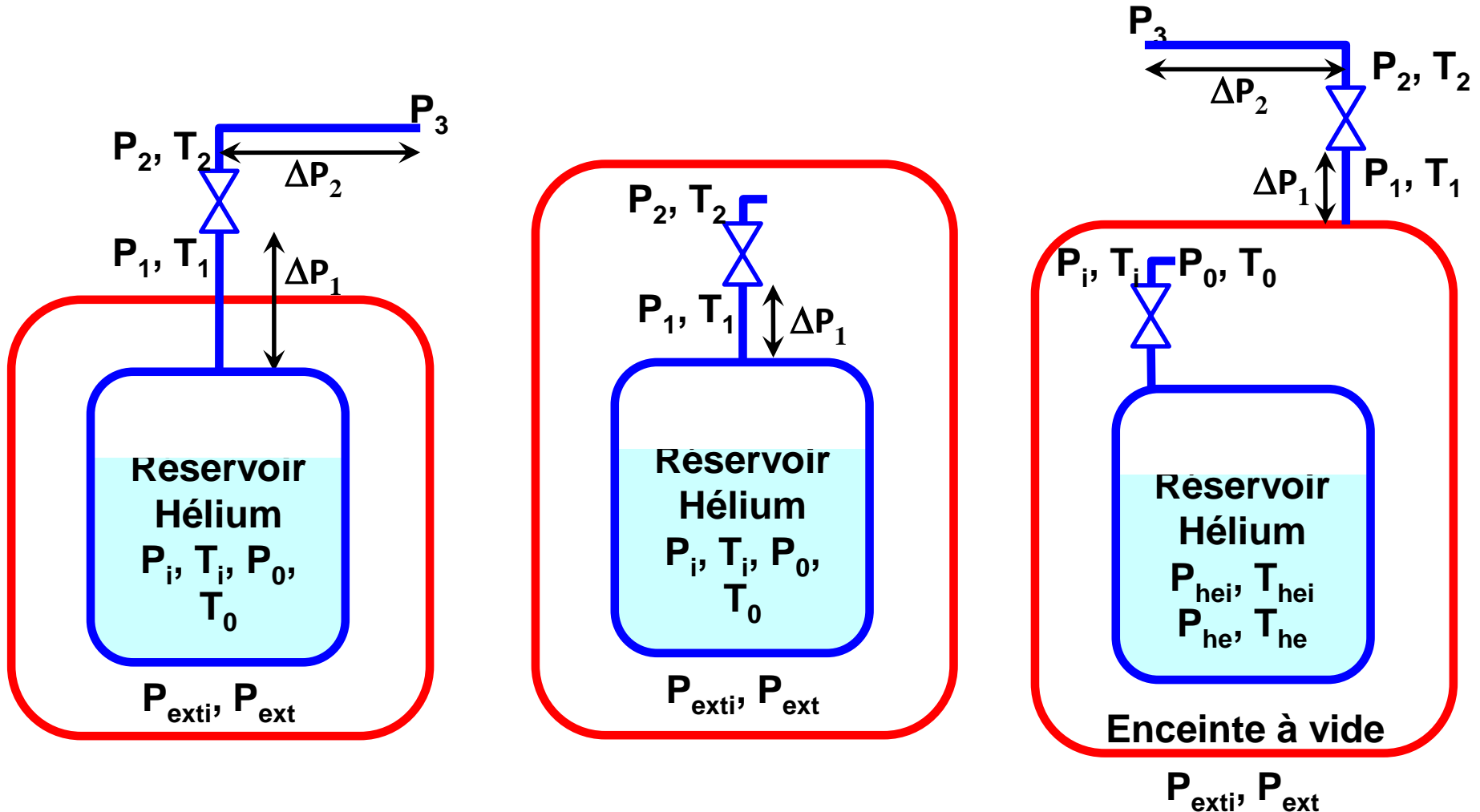
Fichier de données

D:\Mes documents\Calcul\exploitation\données\Soupape TI test don

Quitter Calcul soupape Ecriture résultats Résultats

**Schéma :** Réservoir Hélium (Pi, Ti, P0, T0) avec soupape (P2, T2) et différence de pression ΔP1. Pression absolue extérieure Pexti, Pext.

The patterns are adapted to the situation for a better understanding  
(reservoir, valve with discharge into the vacuum chamber or not, vacuum vessel)



The software adapts the required input data to the cryostat configuration

## Different sets of data to fulfil

- Maximum Allowable working pressure
- The structure of the cryostat (eventually the characteristics of the vacuum vessel for the calculation of the reservoir safety device, ...)
- Parameter of the cryostat in normal operation
- Description of the accidental situation



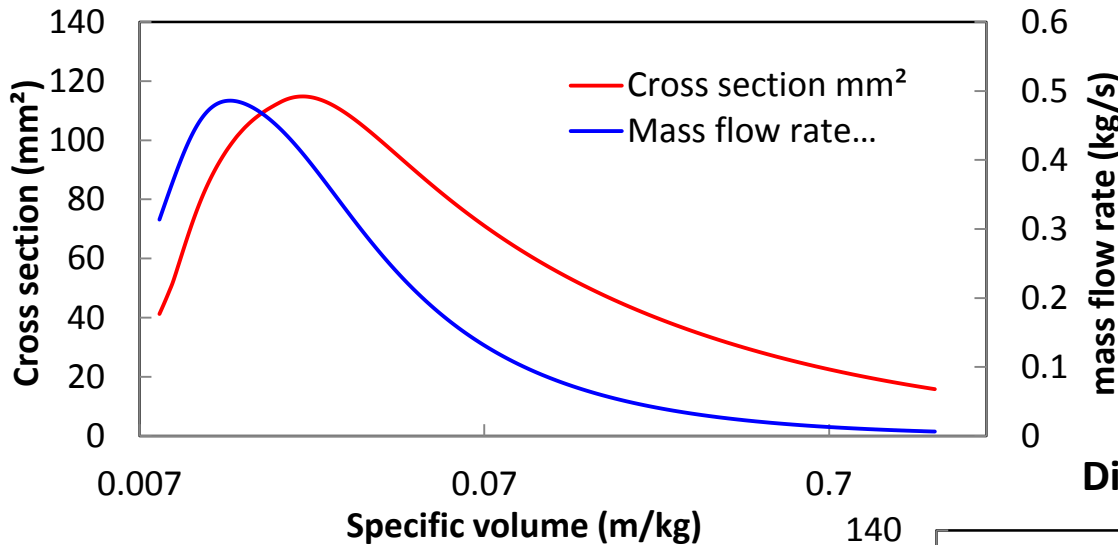
## Results

- Maximum required cross section of the safety device (responsibility of the safety device manufacturer)
- Temperature corresponding to the maximum required section
- Mass flow rate
- The set pressure of the safety device (relative pressure)
- The maximum pressure during the accident

## Results

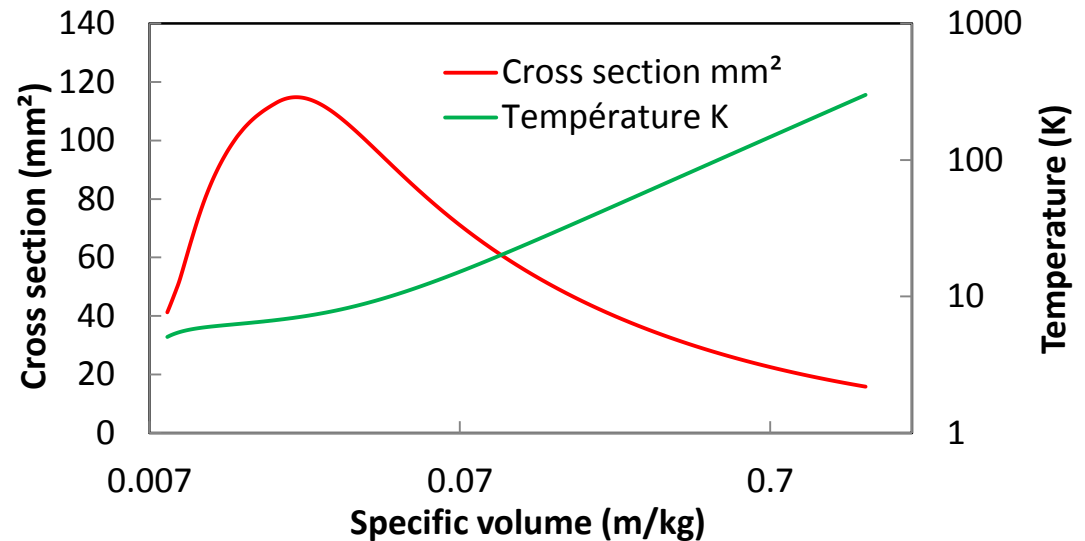
- Evolution of the discharge of the reservoir during the accident

### Discharge of the reservoir



Maximum mass flow rate and cross section not for the same specific volume

### Discharge of the reservoir



Dimensionnement de soupape  
Version 1.0 du 7 septembre 2016

## Results

- Input data and results written in a text file

```

Gaz utilisé : Hélium
Type de système à protéger : RESERVOIR
Zone de rejet du dispositif de protection : Dans l'enceinte
Type de dispositif de protection : Disque de rupture
Pression maximale admissible (PS) : 4

Conditions de fonctionnement avant l'accident
Pression abs. dans le réservoir (Pi) : 1
Pression abs. extérieure au réservoir (Pexti) : 0
Pres. abs. à l'aval immédiat de la soupape (P2i) : 0
Température du fluide (Ti) : 4,20814
Niveau de liquide MAXIMUM (% du volume) : 100

Conditions de fonctionnement en situation accidentelle
Pression abs. extérieure au réservoir (Pext) : 0
DP dans la tuyauterie amont de la soupape (DP1) : 0,1
ATTENTION : DP tuyauterie amont (DP1) > 3% de PT : 0,1 > 0,075
DP dans la tuyauterie aval de la soupape (DP2) : 0
Apports de chaleur (W) : 10000
Echauffement entre le réservoir et la soupape : Non
Température du réservoir (T0) : 6,96703
Température amont immédiat de la soupape (T1) : 6,96703
Pression de tarage maximum (PT) : 2,5
Pression abs. dans le réservoir (P0) : 4,4
Pres. abs. à l'amont immédiat de la soupape (P1) : 4,3
Pres. abs. à l'aval immédiat de la soupape (P2) : 1,55
Débit (m) : 0,41423

Dimensions de la soupape et grandeurs servant au calcul
Coefficient de décharge de l'organe (Kd) : 0,8
Coefficient de majoration de la section : 1,5
Section de l'organe de sécurité (A) : 222,318
Diamètre de la soupape (D) : 16,8245
    
```

A safety approach is proposed for all the CEA/SBT lab.

A common tool is available for the persons who need to size some safety devices in the lab. This tool is based on the article: “Sécurité en cryogénie” – Techniques de l’ingénieur BE 9814. The exhaustive validation has to be finished. The use of the tool will certainly required some improvements.

Depending on the design of the safety circuit, other tools (e.g. thermohydraulic software) can be necessary (e.g. long pipes between the circuit to protect and the safety device with external heating)

Results are available to facilitate the written of the safety reports.