CARMEN

atelier logiciels simulation de systèmes propulsifs à ergols liquides

- LMCS
- 17/04/2008

cnes
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

Table de matières

- Introduction sur DLA
- Présentation CARMEN
- Logiciel CARINS
- Logiciel CARDIM
- Conclusions

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

DLA: direction des lanceurs du CNES

Domaine d'activité:

- **<u>transport spatial</u>**

Activités fondamentales:

- **Conduire des projets**
- **Mener des analyses prospectives et des avant-projets**
- **Conduire des expertises**
- **Animer la recherche**

Les **compétences techniques** propres à la DLA ont été développées pour maîtriser **<u>toute la chaîne de valeur</u>** **<u>d'un lanceur</u>** (R&T, études d'avant projets, développement et exploitation....).

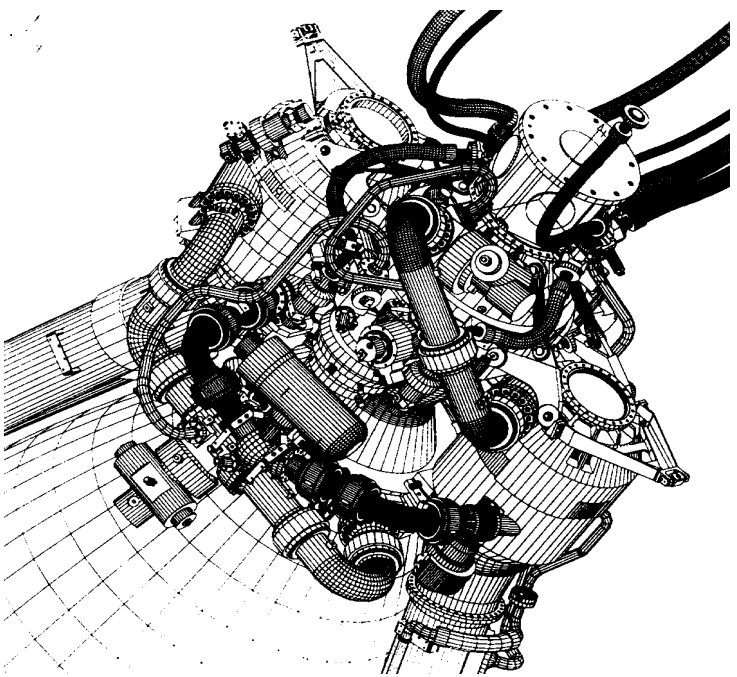
Le CNES a donc besoin d'outils intégrés pour couvrir tous les besoins des avant-projets à l'exploitation.

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

L'atelier logiciel CARMEN

- **CARMEN est l'outil de référence du CNES pour la simulation des systèmes propulsifs des lanceurs à ergols liquides**
  - **depuis leur dimensionnement..**
  - **jusqu'à leur analyse et leur régulation**

- **Traite différents domaines, notamment :**
  - **Hydraulique**
  - **Pneumatique**
  - **Mécanique**
  - **Organes de combustion**



This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Introduction

- **Concept général de l'étude d'un <u>système propulsif</u>**
  - **Macro discrétisation en espace du système**
    - Sous-systèmes moteur (branches) + interfaces (nœuds) = maillage
  - **Définition des équations de bilan sur les branches**
    - Algébriques (calcul cycle thermodynamique)
    - Différentielles (analyse fonctionnel transitoire et stabilisé)
  - **Définition des interfaces entre les sous-systèmes (nœuds)**
    - Égalité des variables transportées entre un élément et l'autre
  - **Résolution du système (simulateur)**
  - **Dimensionnements géométriques des éléments**
    - Méthode de dimensionnement géométrique

➔ ***<u>Atelier CARMEN</u>***

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

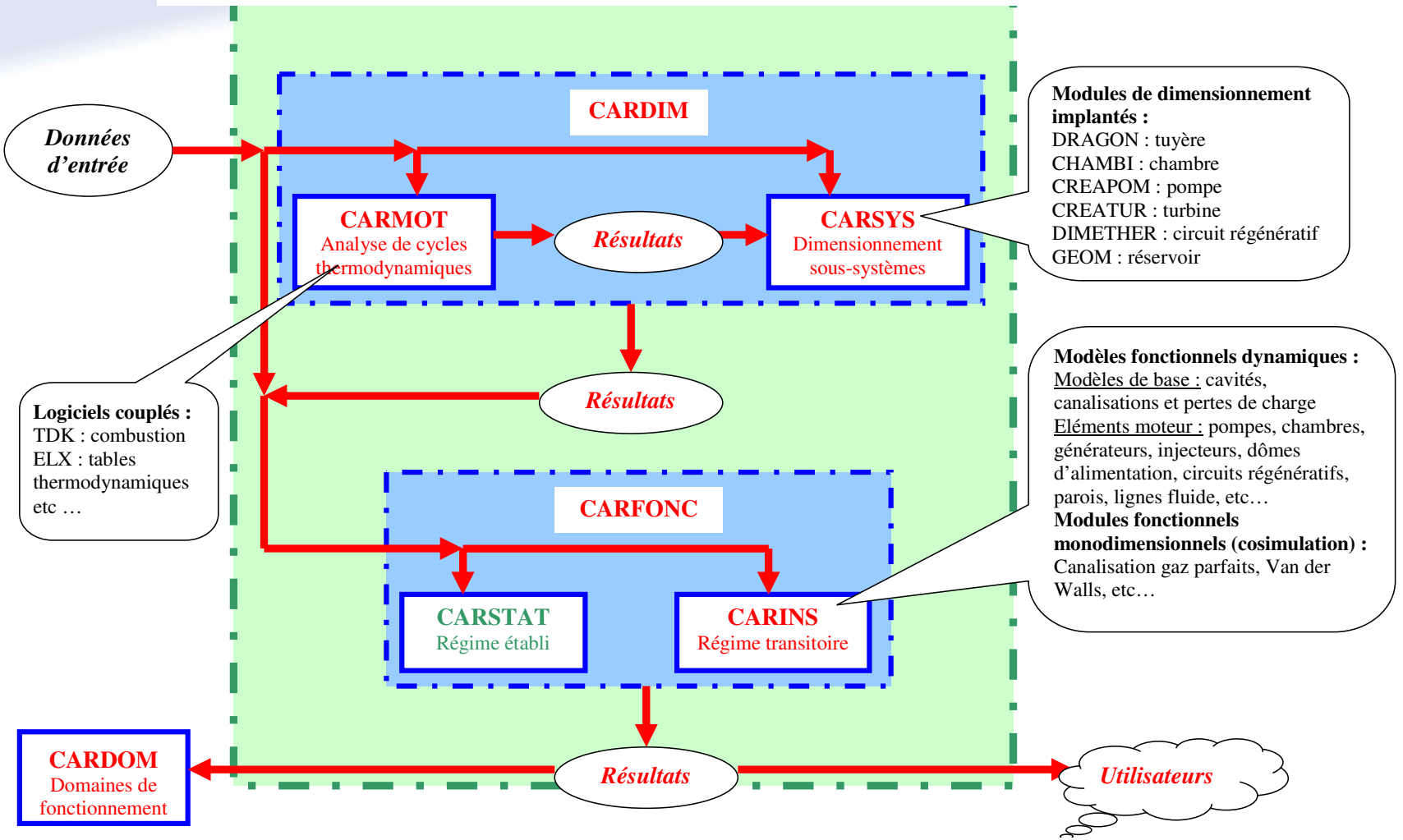
Introduction et objectif de CARMEN

- **Processus d'étude d'un système propulsif de lanceurs spatiaux (atelier CARMEN)**
  - **Dimensionnement (CARDIM)**
    - Étude du cycle thermodynamique (CARMOT)
    - Définition géométrique sous-systèmes (CARSYS)
  - **Analyse fonctionnelle (CARFONC)**
    - Étude du régime établi(CARSTAT)
    - Étude du régime transitoire(CARINS)

➔OBJECTIF PRESENTATION: <u>CARDIM et CARINS</u>

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

CARMEN : Atelier logiciels pour la propulsion – Schéma de principe



This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Comment est développé CARMEN ?

- Association de compétences industrielles et universitaires autour du CNES
  - architecte informatique:
    - **CAPGEMINI**
  - calcul mathématique:
    - **Appedge** (SSII)
    - **Gage** (CNRS)
  - Modélisation physiques/Modules de dimensionnement:
    - **Onera**
    - **LFCT(ParisVI),LEMTA (INPL), LML (ENSAM) etc. etc.**

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

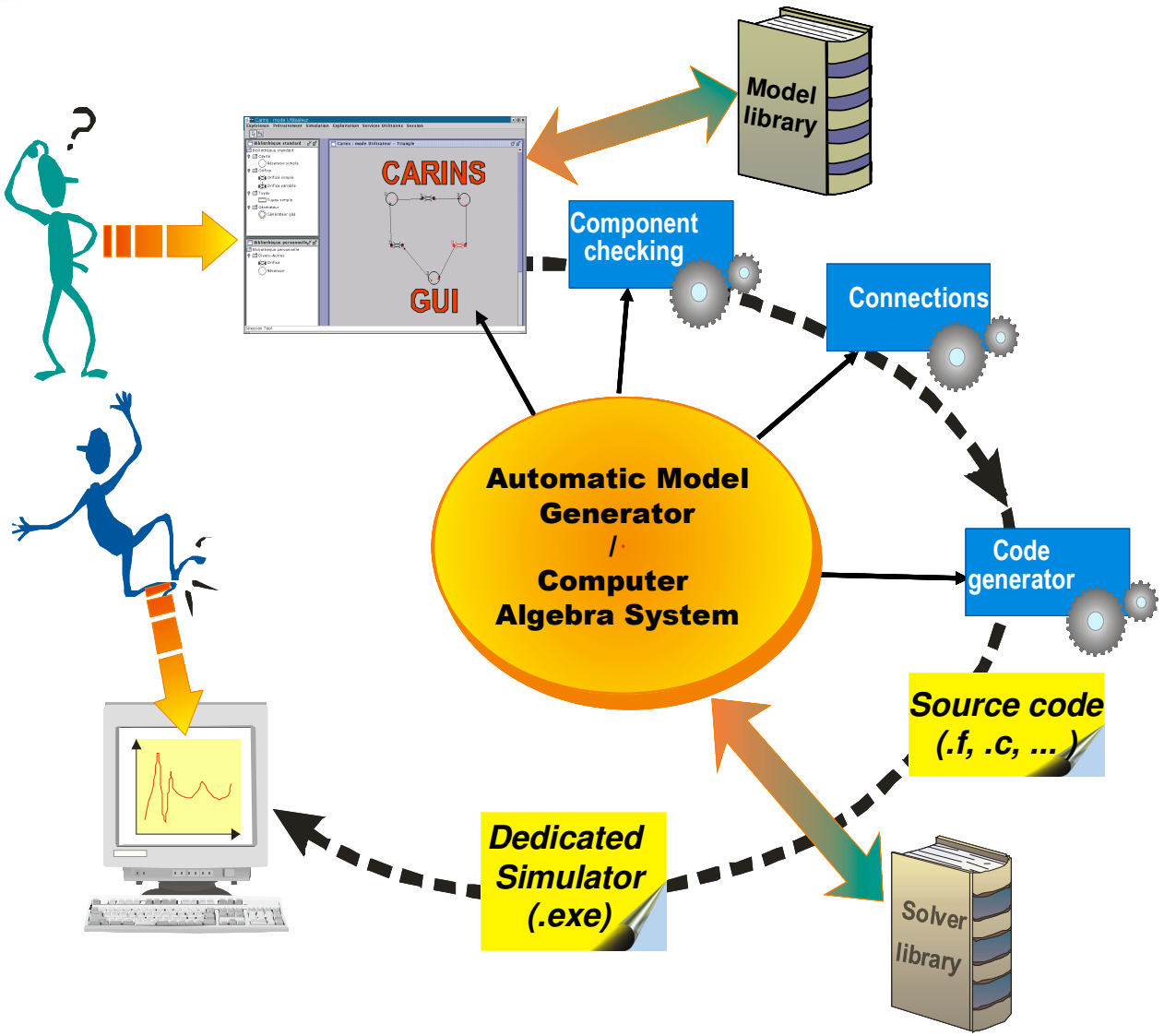
CARINS et CARDIM: même philosophie de développement (CARDIM a hérité l'architecture fonctionnelle de CARINS)

- Optimisation de la simulation grâce au calcul formel
- Capitalisation des outils externes et modèles physiques (bibliothèques standards et personnelles)
  - Modèles physiques ouverts
- Logiciels open source
- Études paramétriques optimisées

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

CARINS et CARDIM, structure de calcul

- Calcul formel (Maxima)
- IHM
- Librairie de solveurs
- Librairie des modèles



This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

CARINS et CARDIM, IHM

synoptique

Élément moteur

Modèle physique

Carins : mode Utilisateur

Expérience Affichage Données caractéristiques Prétraitement Simulation Exploitation Tables Utilitaires Fenêtre ?

Bibliothèque standard

Bibliothèque standard
Chambre de combustion
Dome
Injecteurs
hre001
gre001
Foyer
Paroi
orifice gaz parfait
Ensemble chambre propulsive
Sous-syst. elementaires
Turbomachines
Conditions aux limites
Reservoir
Modeles de base

Bibliothèque personnelle

Bibliothèque personnelle
Utilitaires
Liaison
Paroi CR
Turbine

Carins : mode Utilisateur - ...nf/utilisateurCarinsV2P2B2/simulation_degazage_v3/

1 reservoir H2
2 ligne alimentation TP
0 liaison
3 ligne refoulement TP
4 restricteur101+V17
1 liaison
52 liaison
5 circuit regeneratif
53 liaison
6 injecteur

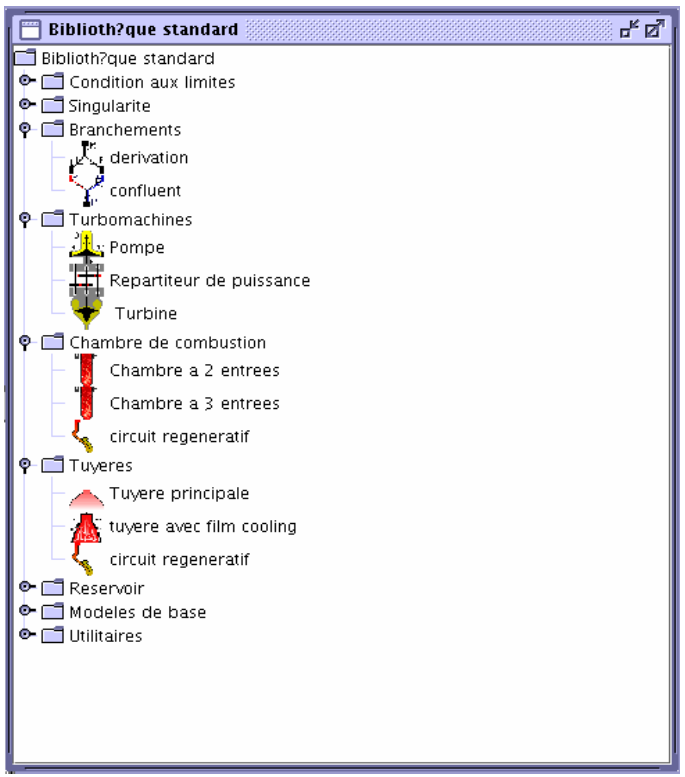
Selection Tool

Bibliothèque personnelle

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

CARINS et CARDIM: la modélisation

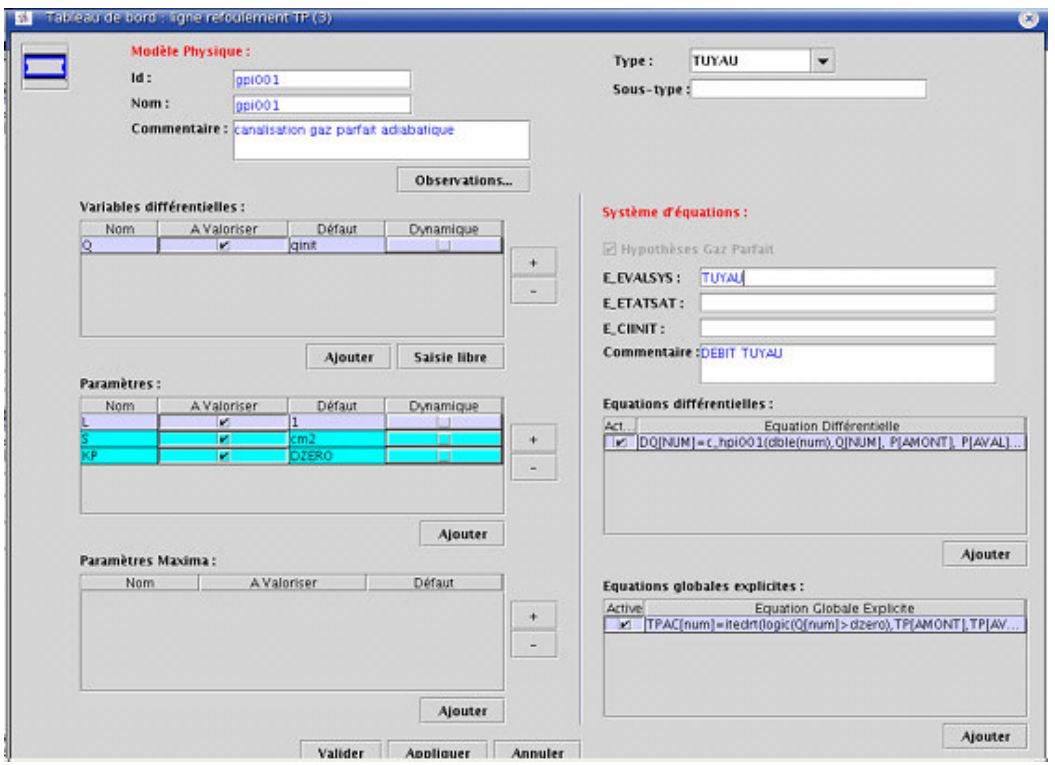
- **Les modèles physiques**
  - **Chaque élément reçoit une modélisation mathématique :**
    - Modèles déjà disponibles dans la bibliothèque standard
    - Nouveaux modèles crées par l'utilisateur (stockés dans sa bibliothèque personnelle)



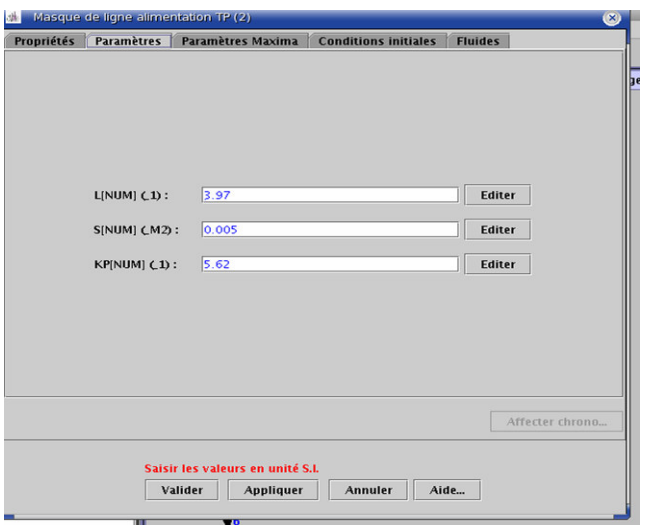
This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

CARINS et CARDIM, modèles physiques

Tableau de bord



masque



This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

CARINS et CARDIM, structure informatique

- IHM : JhotDraw, **Java V2 SDK 1.4.2-04, Xerces-Java**
- Moteur de calcul formel : **MAXIMA 5.2**
- Compilateur fortran : **Fort77**
- Solveurs: Lsoda, lsodes (CARINS); hybrid, lmdr, lbfgsb21 (CARDIM)
- Traducteur: **f2c**
- Compilateur C: **gcc**
- Tracé de courbes:
  - **SCILAB versions 2.x, 3.x,4,x**
  - **Xtrace (CNES)**
  - **Tcl/Tk 8.3.3-7**
  - **Gnuplot**
- Automate d'études paramétrique et de sensibilité : **SCILAB**
- Help : **Acrobat Reader, Mozilla**
- **Linux**

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Logiciel CARINS

CARMEN, atelier logiciel pour la simulation de systèmes propulsifs à ergols liquides

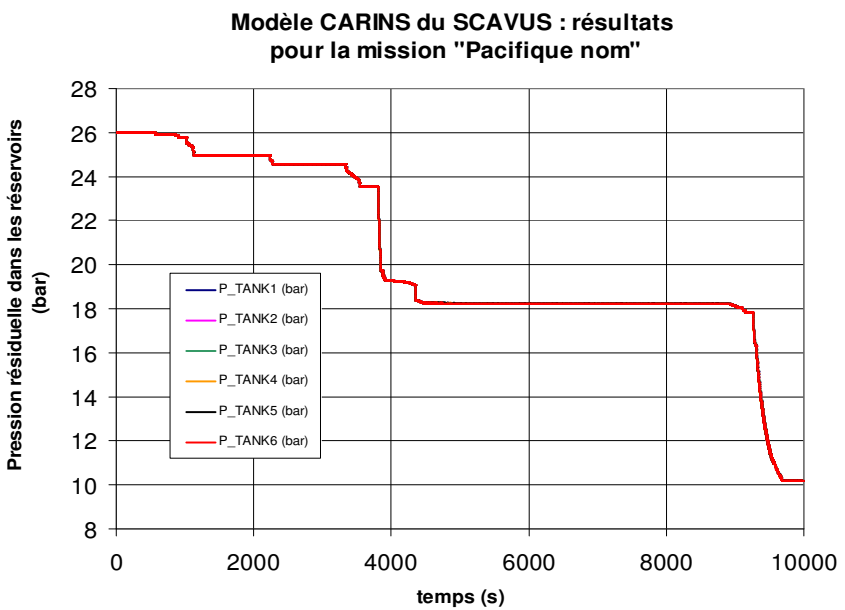
- **LMCS**
- **17/04/2008**

cnes

CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

CARINS objectifs

- Rendre compte des évolutions temporelles des grandeurs physiques caractérisant le fonctionnement des systèmes propulsifs de lanceurs spatiaux (moteur, étage, sous-système) pendant les différentes phases de leurs missions (démarrage, arrêt, changement de régime, régime établi, etc.)



- **Plus généralement CARINS résout des systèmes d'équations différentielles ordinaires et les équations algébriques et permet d'utiliser la cosimulation pour tous les autres problèmes**

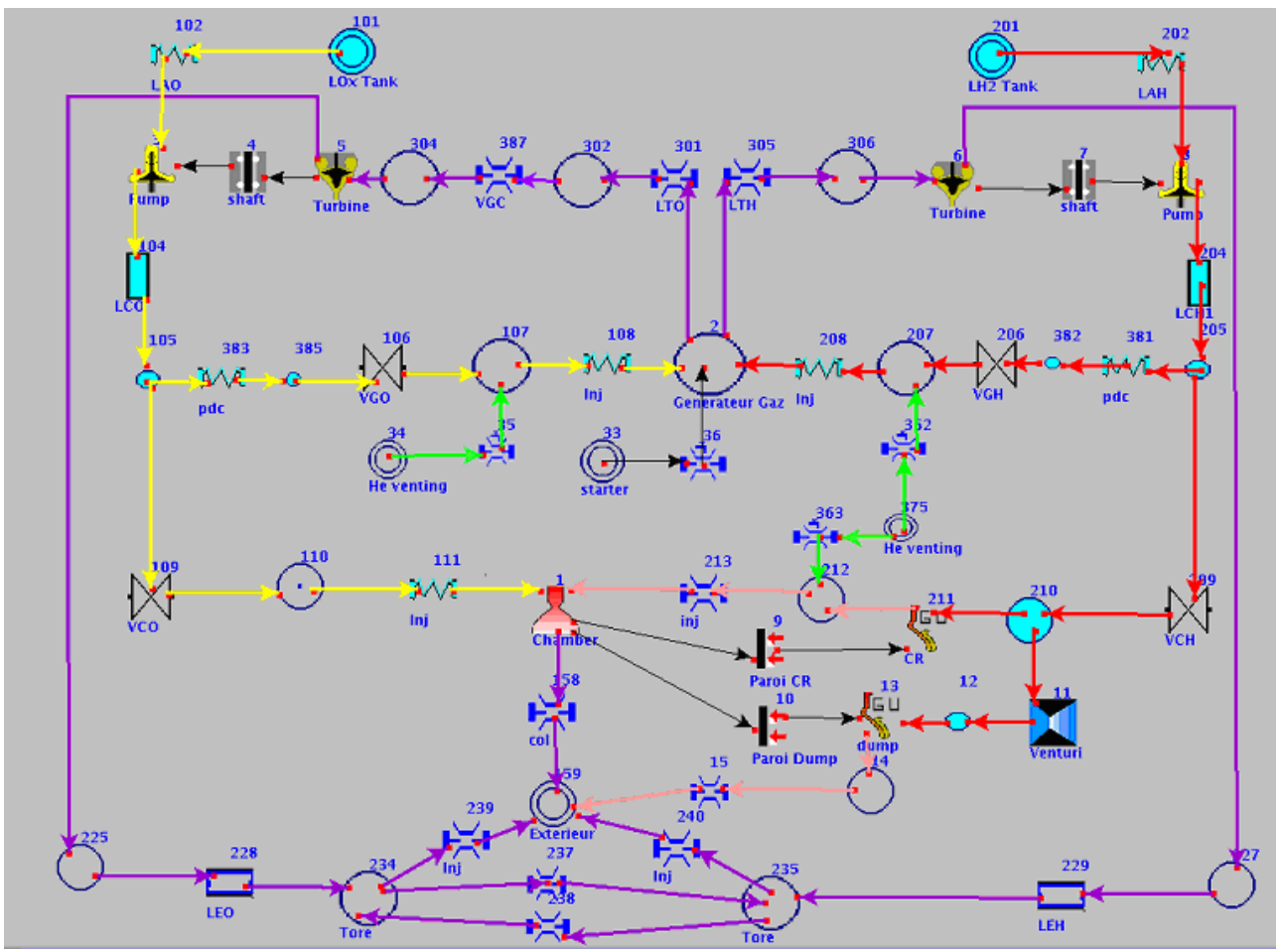
This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Fonctionnement du générateur automatique de modèles de CARINS

- **GAM,** générateur automatique de modèles :
  - Fait appel à MAXIMA pour :
    - **Génération système équation à partir du SYNOPTIQUE**
    - **Tri des équations**
    - **Écriture du code source FORTRAN**
  - Link avec librairie de solveurs
  - Résolution (LSODA,LSODES)
- **Avantages de CARINS**
  - **Optimisation du système équations grâce au tri des équations**
  - **puissance des outils de calcul numérique**
  - **facilité de co-simulation**

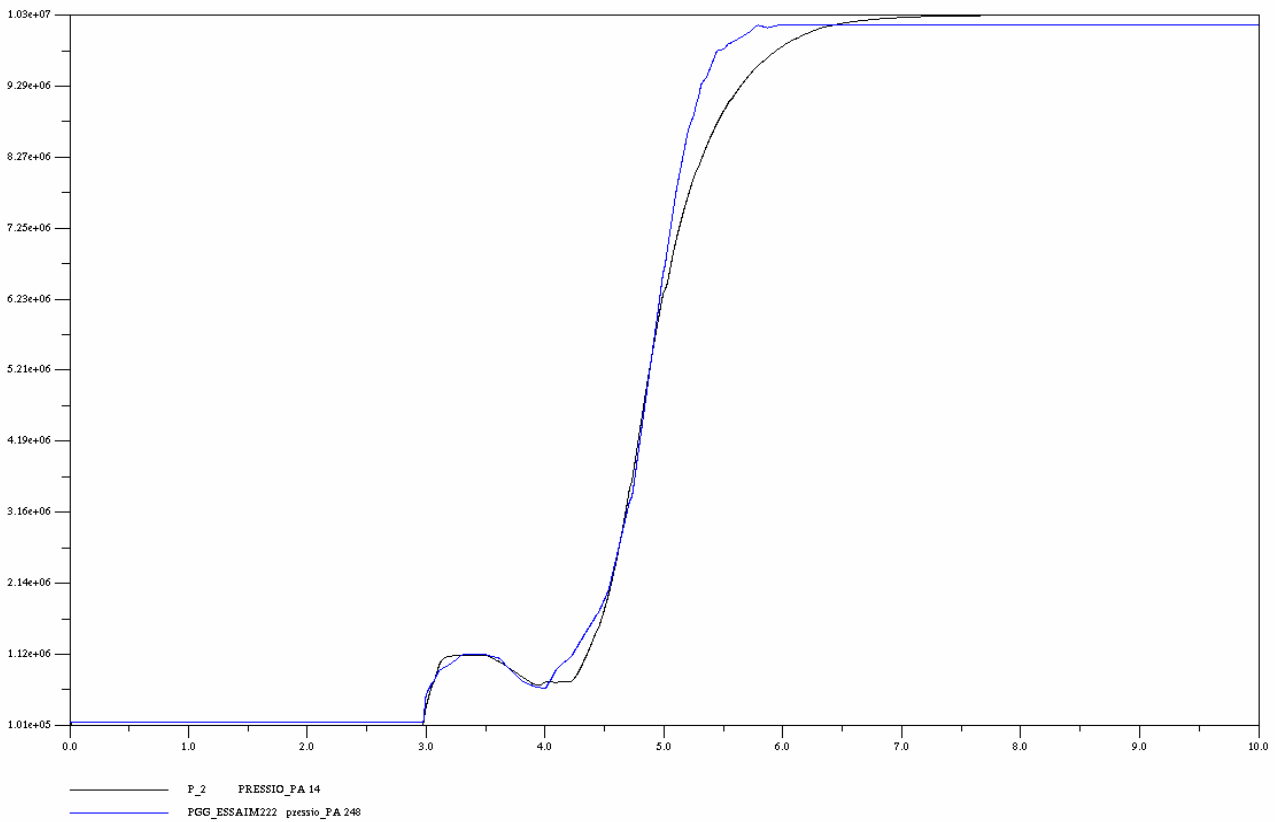
This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Un exemple de réalisation avec CARINS
Démarrage du moteur Vulcain 2 (1/2)



This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Un exemple de réalisation avec CARINS
Démarrage du moteur Vulcain 2 (2/2)



Pression du générateur de gaz

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Logiciel CARDIM

CARMEN, atelier logiciel pour la simulation de systèmes propulsifs à ergols liquides

- **LMCS**
- **17/04/2008**

cnes

CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

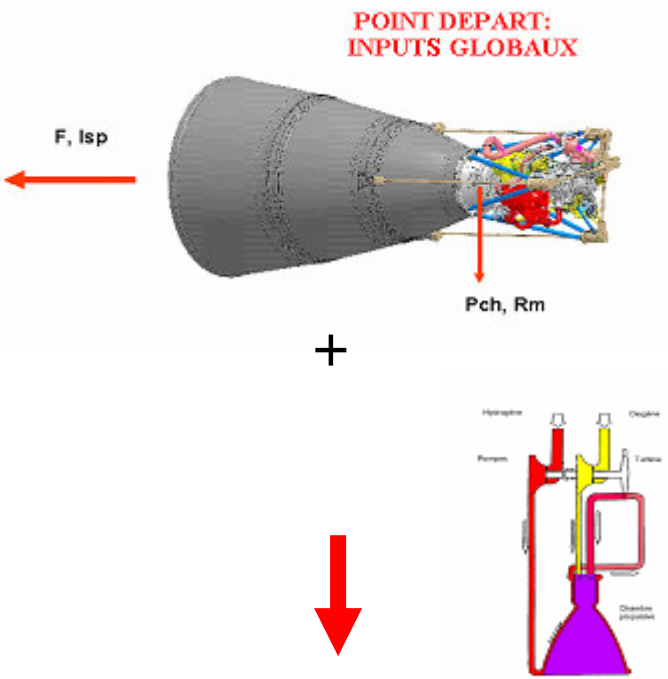
CARDIM objectifs

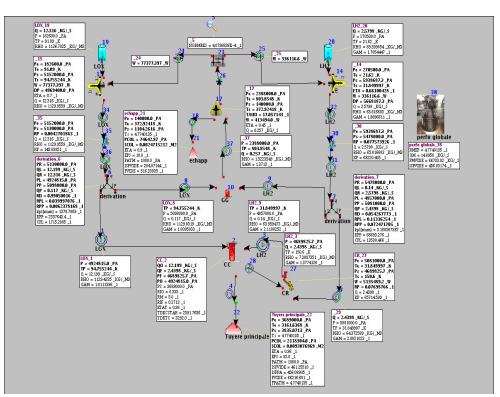
1/ CONCEPTION D'UN NOUVEAU MOTEUR

- **CALCUL CYCLE THERMO**
  - ➔ CARMOT
- **DIMENSIONNEMENT SOUS-SYSTEMES**
  - ➔CARSYS

2/ ANALYSE DES IMPACTS DES MODIFICATIONS

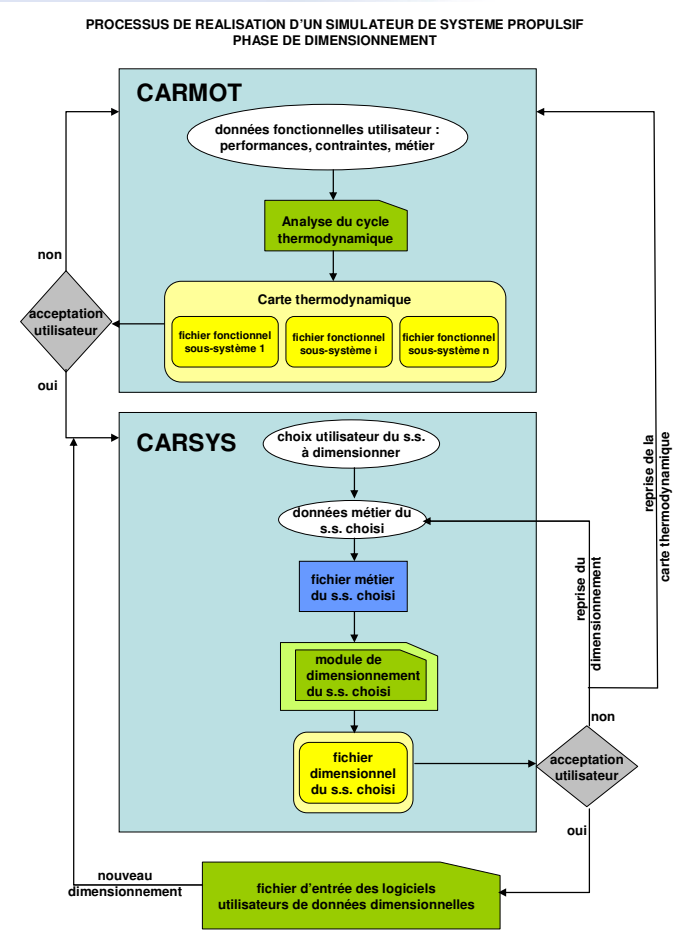
- **Calcul impact modifications sur le cycle et les performances**

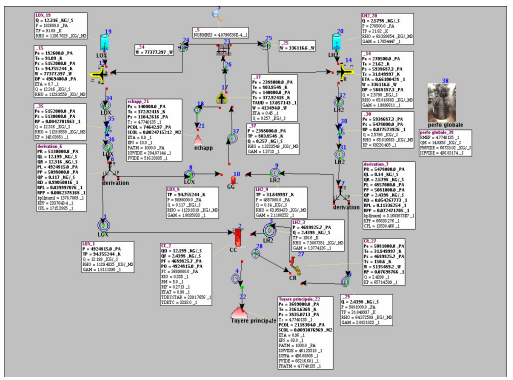




This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

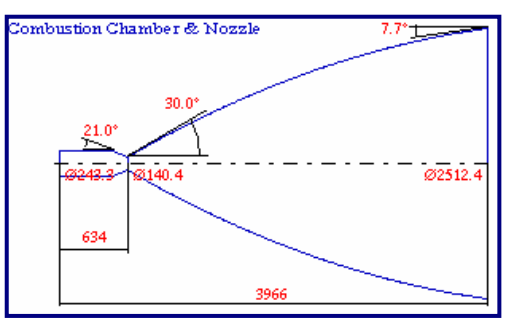
CARDIM : Schéma fonctionnel





Géométrie calculées grâce aux modules CARSYS

Ex:



OK?

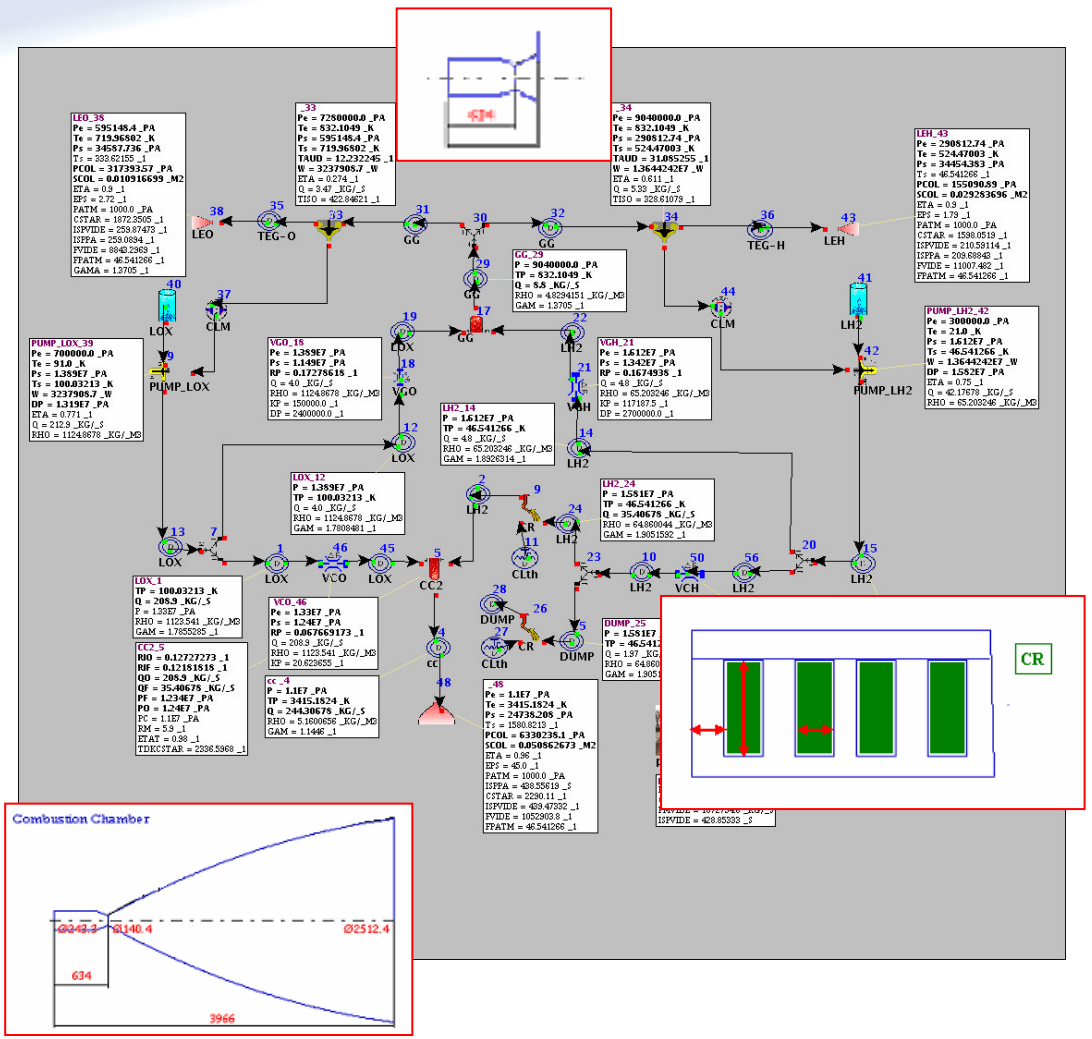
This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Fonctionnement du moteur de résolution CARDIM

- **CARMOT: <u>GAMAM</u>,** générateur automatique de modèles **<u>algébriques</u>** :
  - Même structure de CARINS ➔ EQUATIONS ALGEBRIQUES!
- **CARSYS: GAMAS,** générateur automatique de modèles algébriques sous-systèmes:
  - Lecture des données d'entrée CARSYS
  - Lancement des modules externes de dimensionnement
    - **Chambi**
    - **Creapom**
    - **Creatur**
    - **Dragon**
    - **Dimether**
  - Transmet les résultats des modules à CARFONC
- **Avantages de CARDIM**
  - **Optimisation du système équations grâce au tri des équations**
  - **puissance des outils de calcul numérique**
  - **facilité de co-simulation**

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Résultats dimensionnements CARDIM



- **Chambi:**
  - Ex:longueur chambre, diamètre chambre, etc.
- **Creapom:**
  - diamètres, nombres aubages, hauteurs entrée/sortie, etc.
- **Creatur:**
  - Hauteurs, corde, déviations, etc.
- **Dragon:**
  - Profile tuyère, angle entrée/sortie divergent etc.
- **Dimether:**
  - Épaisseur ailette, hauteur canal,largeur canal,épaisseur canal

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA

Conclusions et Perspectives

CARMEN, atelier logiciel pour la simulation de systèmes propulsifs à ergols liquides.

- **LMCS**
- **17/04/2008**

cnes

CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

CONCLUSIONS

- **Potentiel** : analyse transitoires, identification paramétriques (CARINS), analyse de tout cycle thermodynamique de moteur études paramétriques facilement mises en œuvre(CARDIM)
- **Indépendance:** indépendance CNES vis-à-vis des modèles, des solveurs, des utilitaires (hors licence), facilité de distribution
- **Modélisations physiques** : modèles standards améliorés et possibilité de création modèles personnels, implantation de nouveaux modules de dimensionnement prévue.
- **Ergonomie** : IHM avancée, utilisation simple et rapide, temps de calcul amélioré.
- **Qualité** : bonne traçabilité des anomalies, retour d'information efficace, documentation complète, gestion de la configuration du logiciel et des simulateurs prévue.
- **Perspectives**: la cosimulation avec les codes CFD reste à organiser

➔ CARMEN REPOND AUX BESOINS DU CNES

This document is CNES property. It shall not be communicated or copied without written authorization from CNES-DLA