

# Annotations sémantiques automatiques de produits manufacturés 3D à partir de leur représentation CAO

---

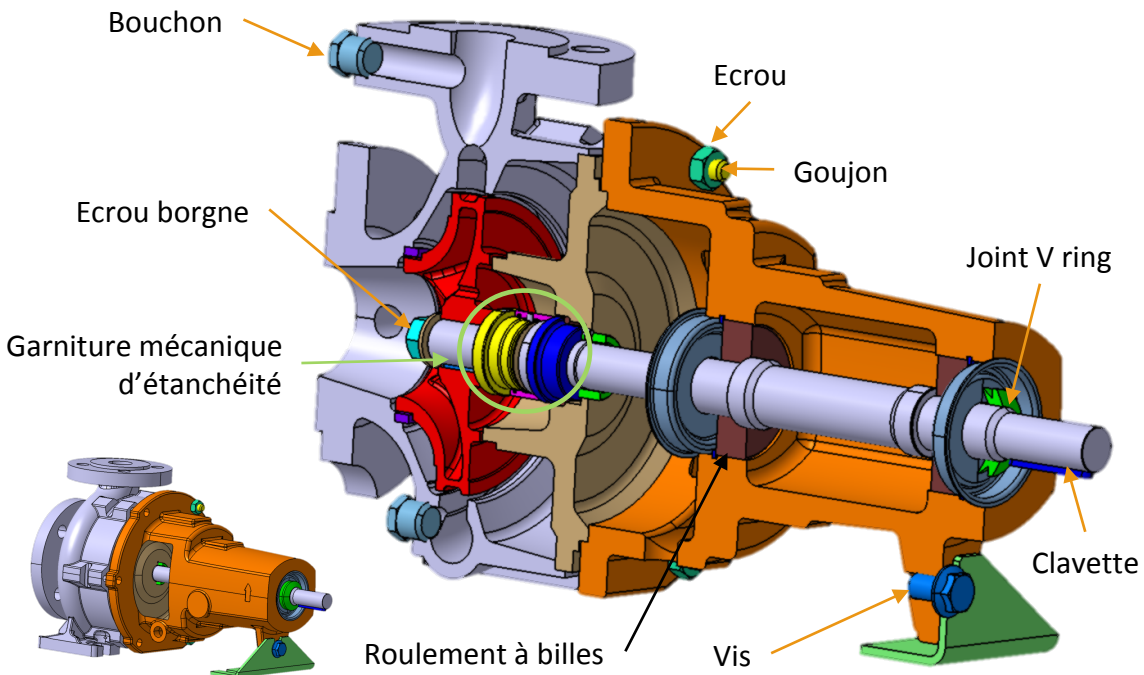
HAROLD VILMART, JEAN-CLAUDE LÉON, INRIA IMAGINE/LJK, ENSE3/INPG

FEDERICO ULLIANA, INRIA GRAPHIK/LIRMM, UNIV. MONTPELLIER

# Description fonctionnelle d'assemblages CAO

Point d'entrée: géométrie de l'assemblage (maquette numérique)

Sortie : description des fonctions de ses composants



Traitements  
**géométriques**

Raisonnement  
**automatique**

**comment ?**



**Pompe**  
(hydraulique, centrifuge)

# Applications : Analyse, Génération, et Réutilisation de Modèles 3D

---

Analyse de la cohérence de maquettes numériques 3D

Enrichissement d'assemblages 3D avec des informations fonctionnelles

Génération de modèles de simulation physique

Sélection robuste de composants (assemblages complexes: milliers de composants)

Génération de modèles d'assemblages 3D avec infos fonctionnelles à partir de numérisations

Génération de 'composants 3D intelligents' pour la conception de produits

....

# Difficultés : les spécificités des modèles d'assemblage CAO

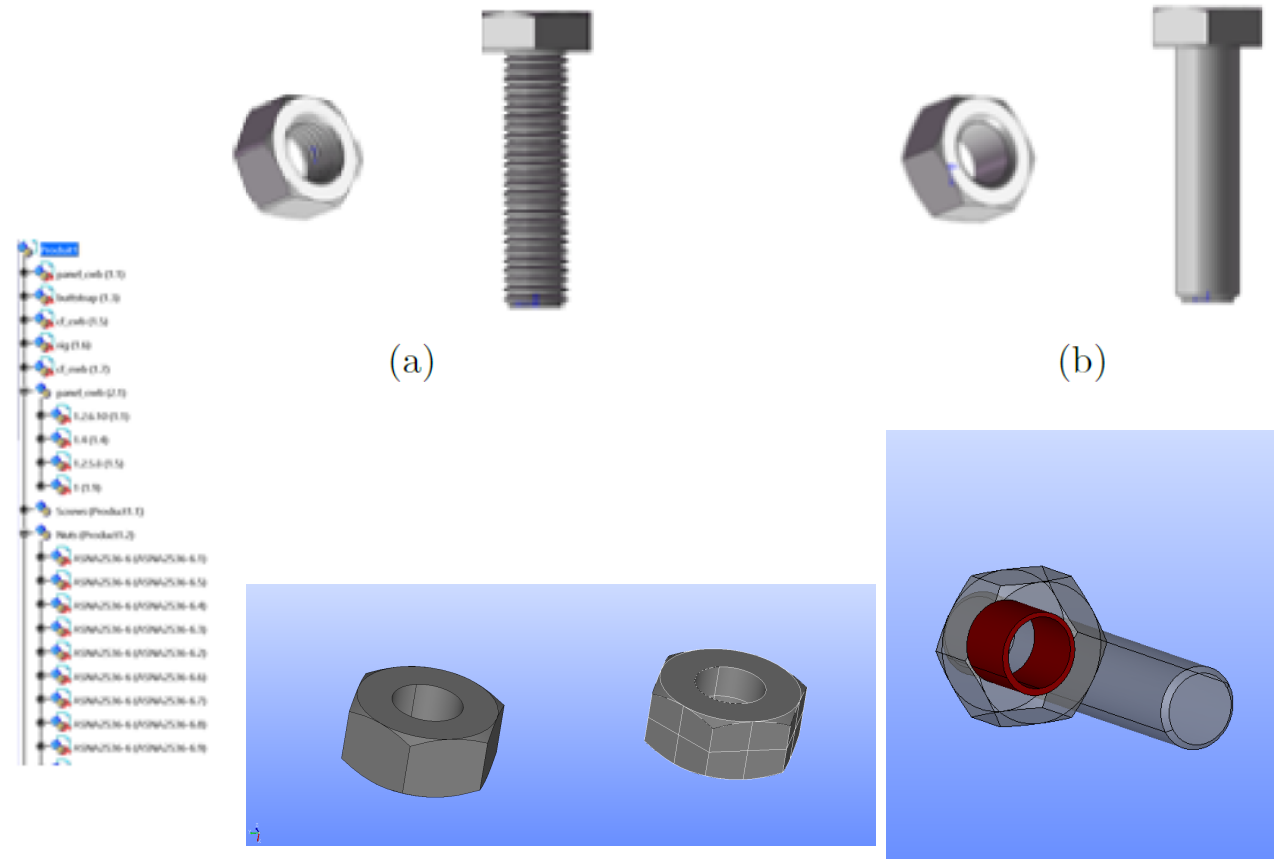
Modélisation 3D non-fidèle:

- Formes simplifiées, ex: filetages et engrenages
- Éléments non représentés, ex: électroniques, fluides
- Topologies multiples pour une même géométrie

Arbre d'assemblage dépendant de la conception.

Existence de conventions:

- Ex : Interférences pour filetages
- Ex : Noms commerciaux comme dénomination



# État de l'art : Conception à base de Connaissances

---

Souvent appliquée à la conception routinière (2012, La Rocca)

- Utilisation du concept de '**caractéristiques de forme 3D**' (form features) souvent imprécise
- Connaissances basées sur un **contexte industriel** existant souvent difficiles à étendre à plusieurs entreprises
- **Activité manuelle** : Aide d'un expert pour l'extraction de connaissances

Simulation 3D dans le domaine médical : modèles 3D vus seulement comme des attributs des concepts d'une base de connaissances (2014, Palombi et al.)

Raisonnement qualitatif et représentation spatiale : essentiellement abordé avec des modèles 2D (2014, Cohn et al., 2001, Cohn et al.)

# Contribution: *My 3DAssembly Fabrica* (My 3DAF)

---

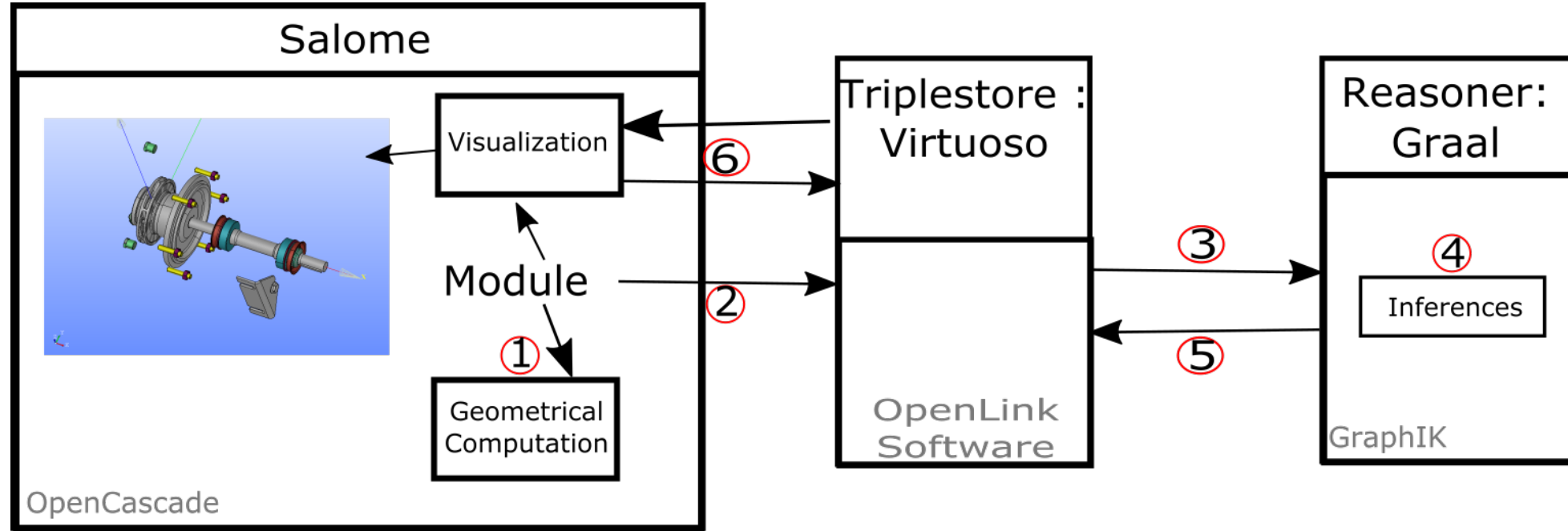
Mise en place d'un **modèle intrinsèque** de représentation d'un assemblage basé sur ses propriétés géométriques et fonctionnelles

- Frontière minimale et symétries décrivent la forme (28 catégories): cube 1 surface plane avec 9 plans de symétries
- Repère intrinsèque décrit position et orientation d'un objet 3D,
- ....

**Génération automatisée** de ce modèle (**mécanismes de raisonnement**)

- Traitements algorithmiques **géométriques**,
- Génération automatique d'informations **symboliques** dérivées de la géométrie
- Mécanismes **d'inférence** -> génération de nouvelles informations symboliques (fonctionnelles)

# My 3DAF : Architecture Globale



① Extraction of geometrical data: occurrences, interfaces ....

③ Load of geometrical data into the reasoner

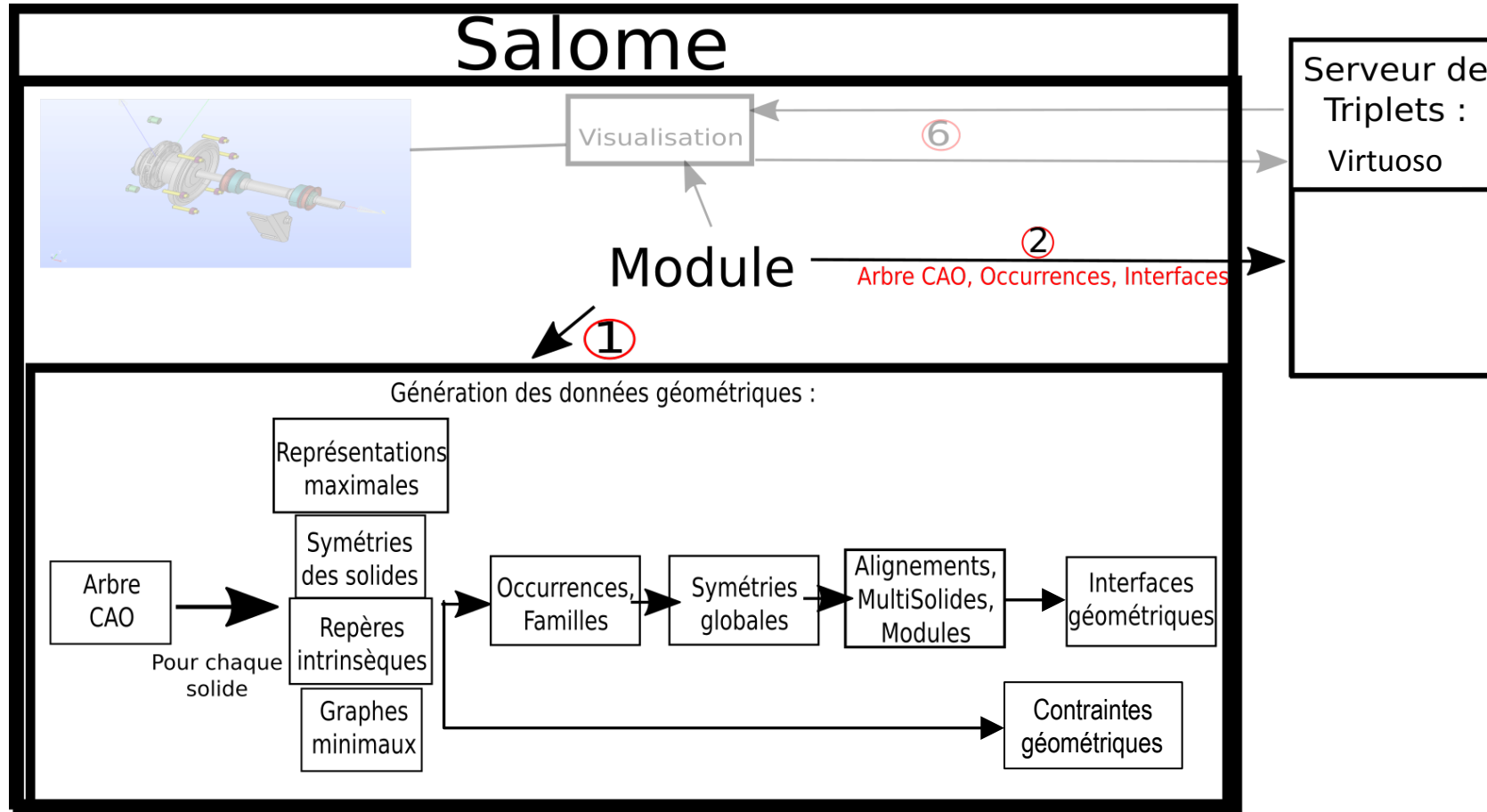
⑤ Insertion of generated facts from 4

② Insertion of generated facts from 1

④ Generation of new facts with inference rules

⑥ Send of predefined queries in order to visualize results

# My 3DAF : Traitements Géométriques

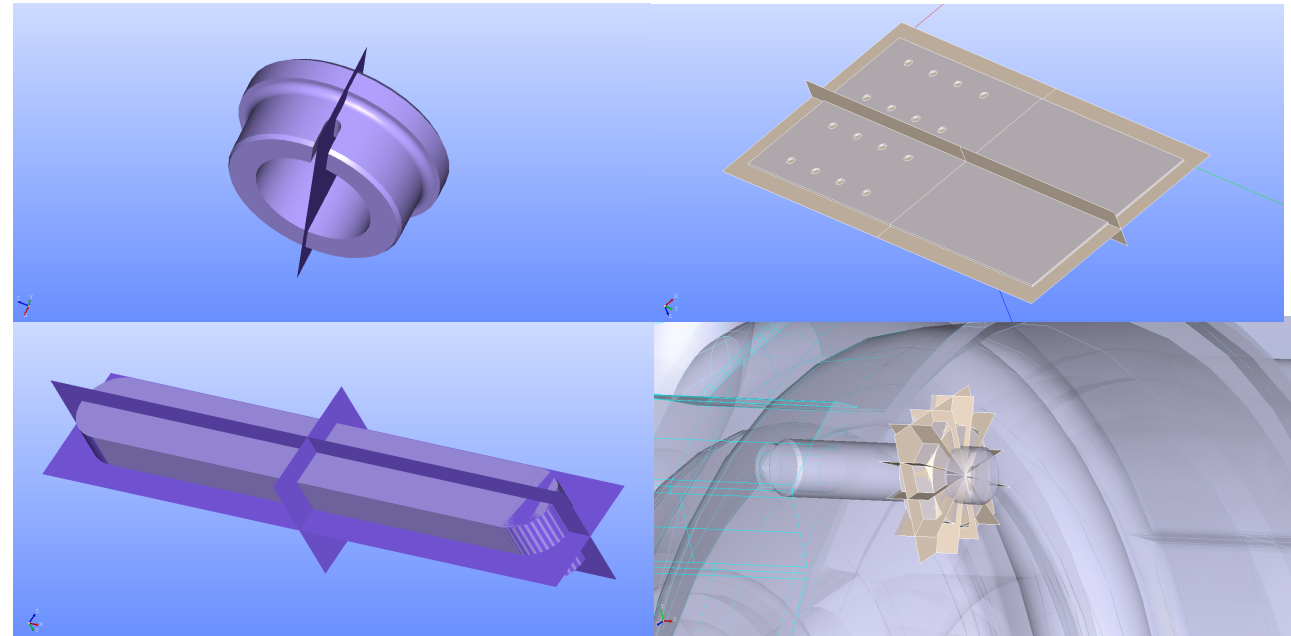




# Symétries

## Classification en 28 classes de Symétries globales:

- 1 plan, 2 plans, 3 plans, Axisymétrie, etc
- 1 Axe de rotation, 1 plan de roto-réflexion, etc



## Faits générés :

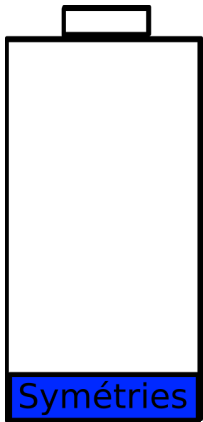
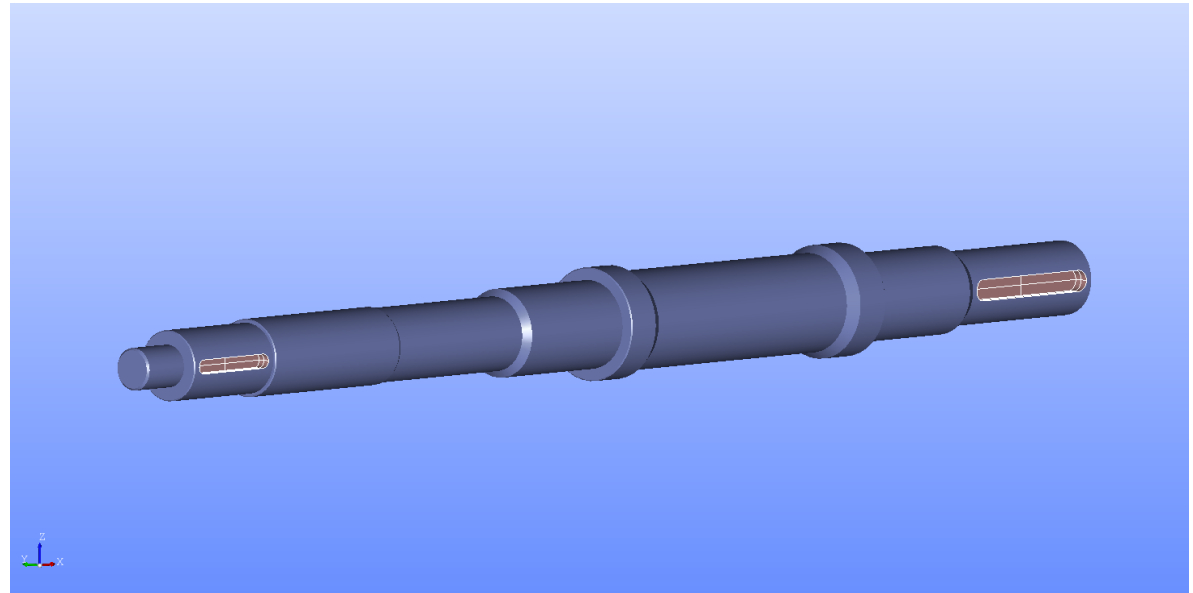
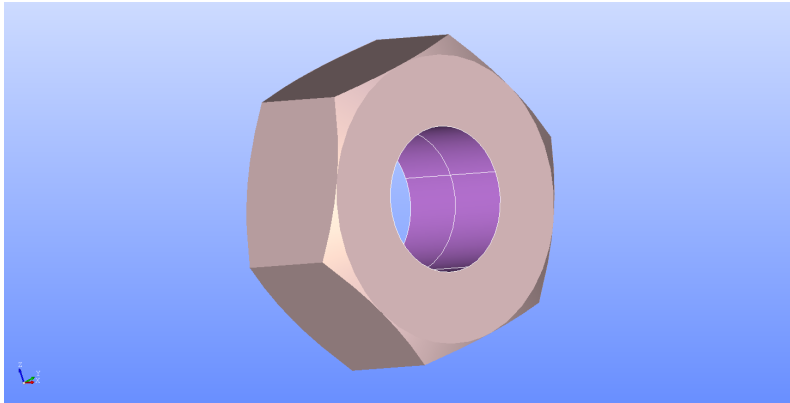
Solide (So)

UnPlan (Sym)

aPourPropriétéDeSymétrie (So, Sym)

# Caractéristiques géométriques (Features)

- Détection des trous et creux:



Faits générés :

Solide (So)

aNTrous (So, N)

Entier (N)

aNCreux (So, K)

Entier (K)

# Occurrences

## Définition:

Composants de formes strictement identiques

## Utilise:

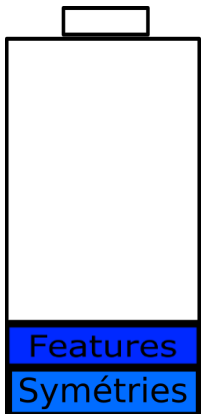
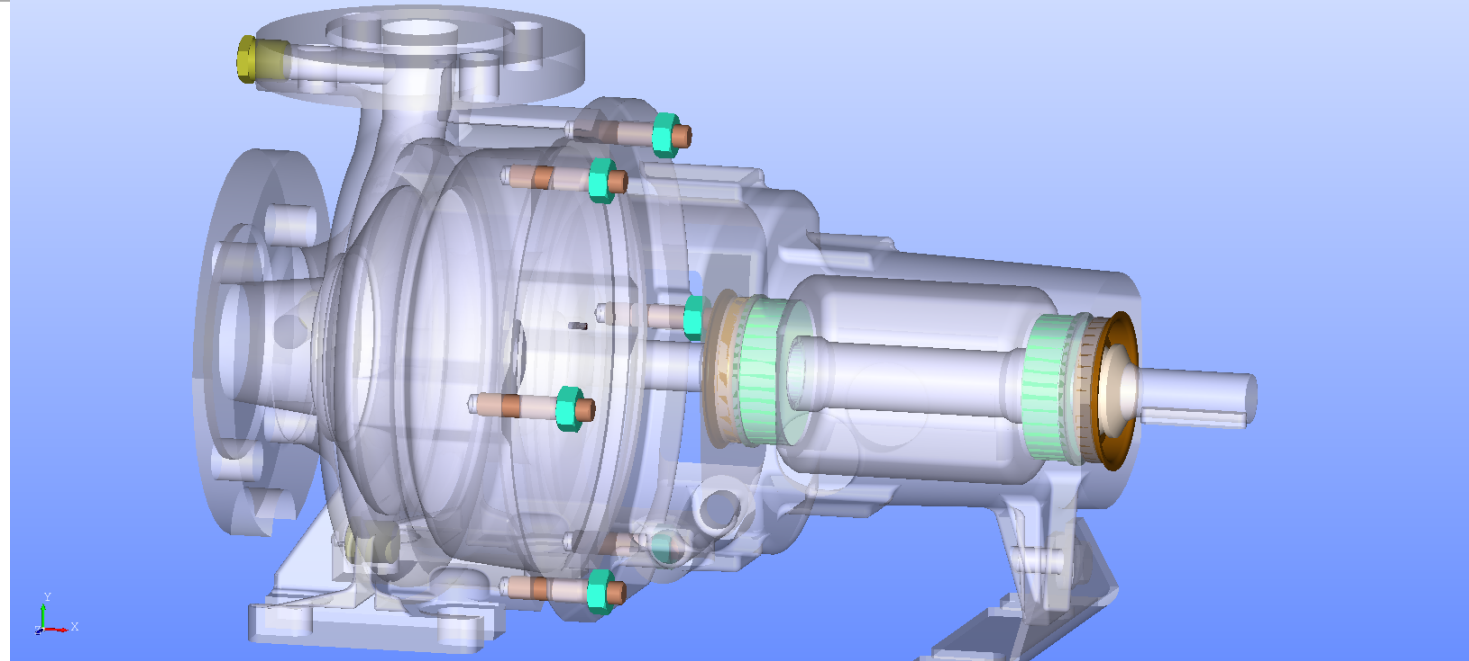
descripteur géométrique de formes basé sur symétries, frontière intrinsèque, repère intrinsèque

## Faits générés :

ComposantDeProduitIndustriel(CPI1)

ComposantDeProduitIndustriel(CPI2)

sontOccurrencesGéométrique(CPI1,CPI2)



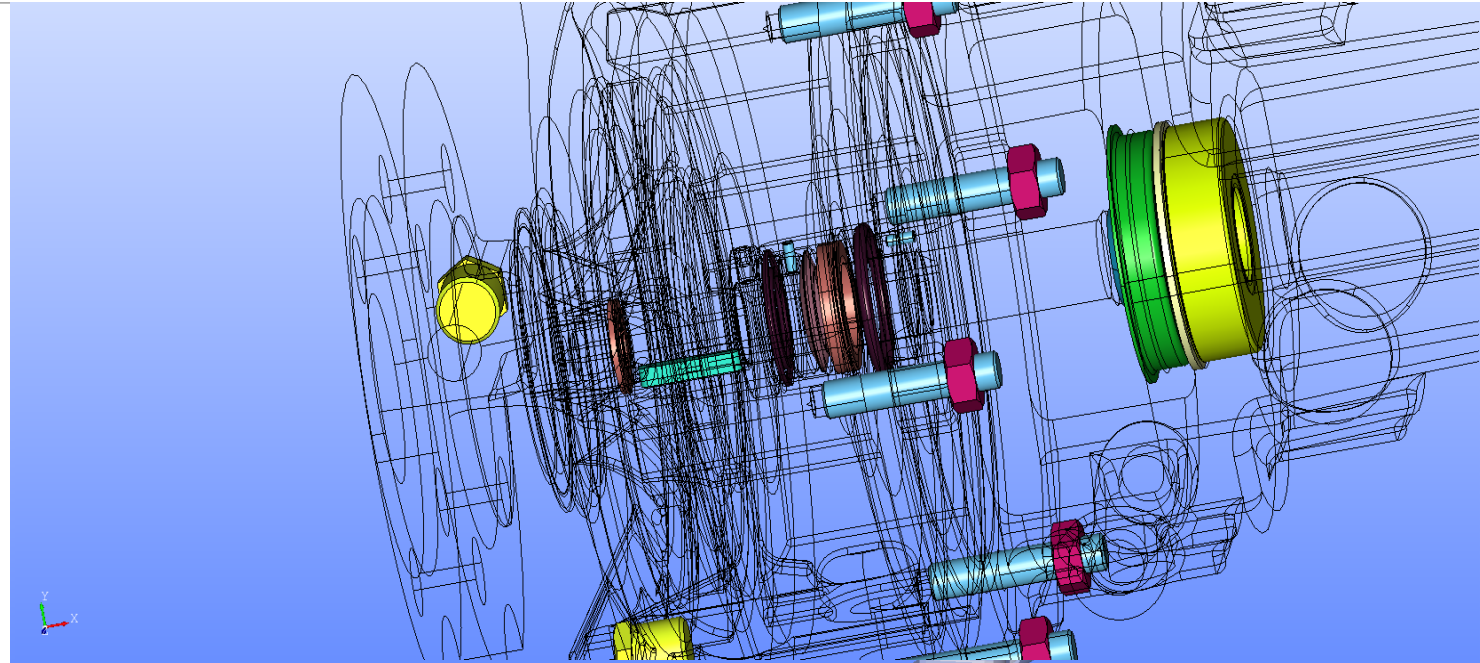
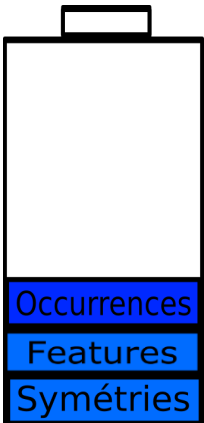
# Familles

## Définition:

Composants de formes similaires et de dimensions différentes

## Critères:

mêmes symétries globales,  
mêmes constitution frontière,  
mêmes propriétés géom/symétries locales



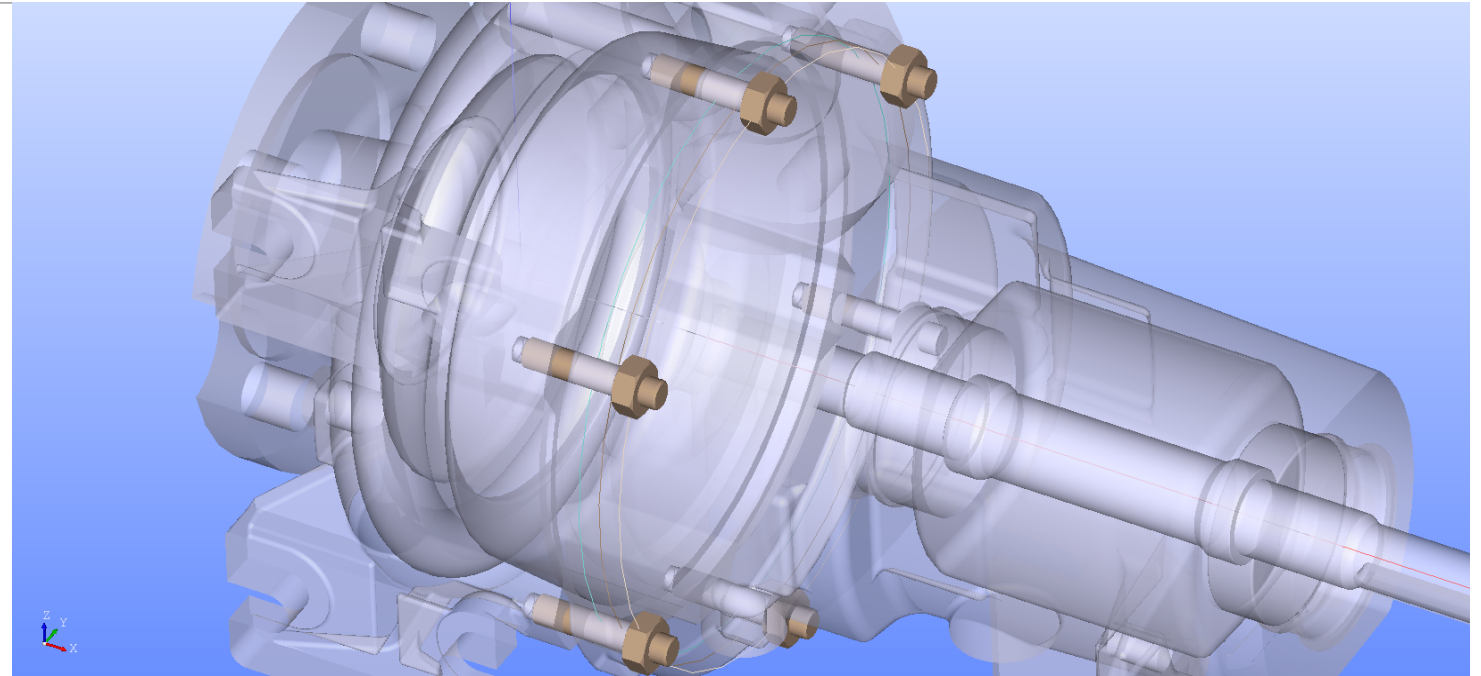
## Faits générés :

```
ComposantDeProduitIndustriel(CPI1)    ComposantDeProduitIndustriel(CPI2)  
sontFamillesGéométrique(CPI1,CPI2)
```

# Répétitions linéaires/circulaires

## Définition:

Répétition d'occurrences  
d'un solide selon trajectoires  
rectilignes ou circulaires

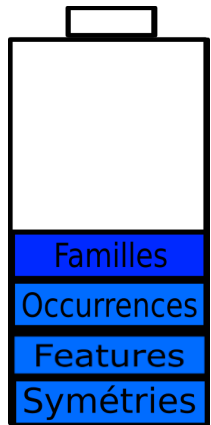


## Faits générés :

`AlignementCirculaire(alic)`

`Solide(Sn)`

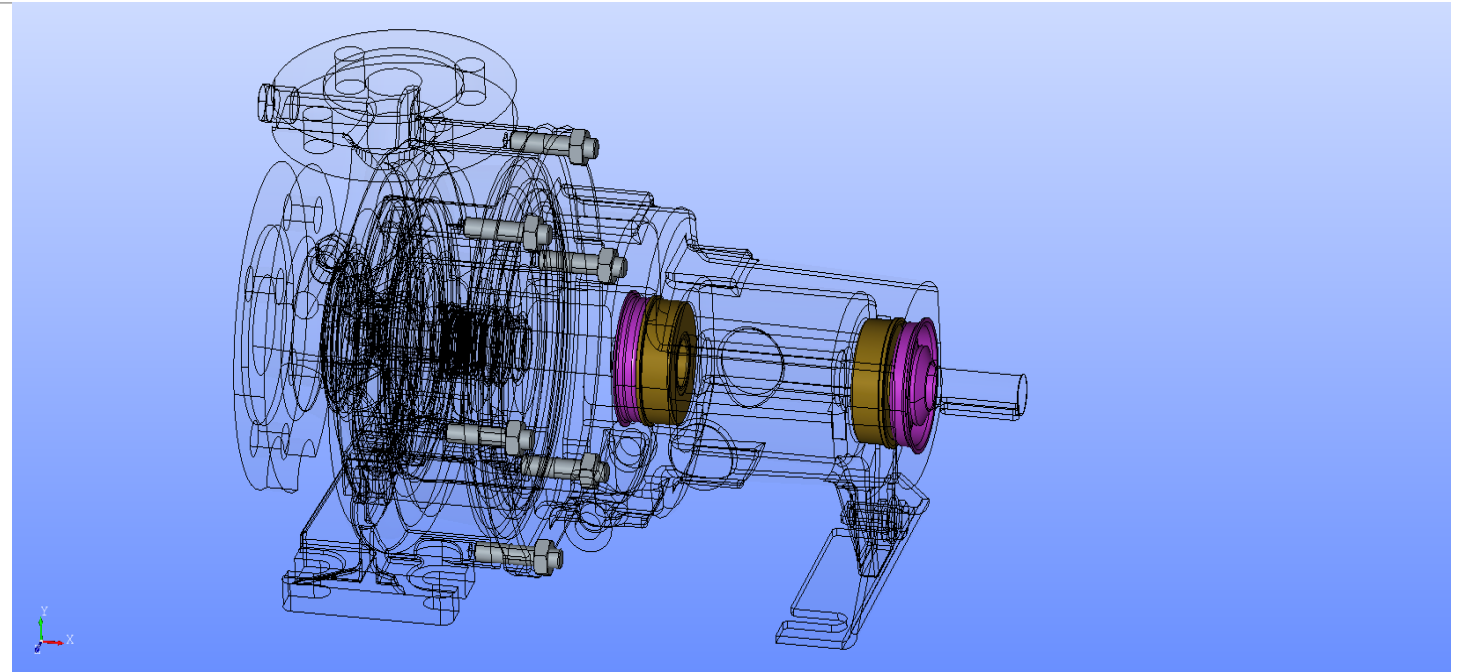
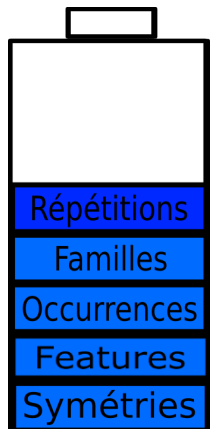
`partieDe_SAli(Sn,alic)`



# Modules

## Définition:

Généralisation du concept d'occurrence à des ensembles maximaux de solides possédant des positions relatives identiques



## Faits générés :

`Module(M)`

`Solide(Sn)`

`partieDe_SMod(Sn,M)`

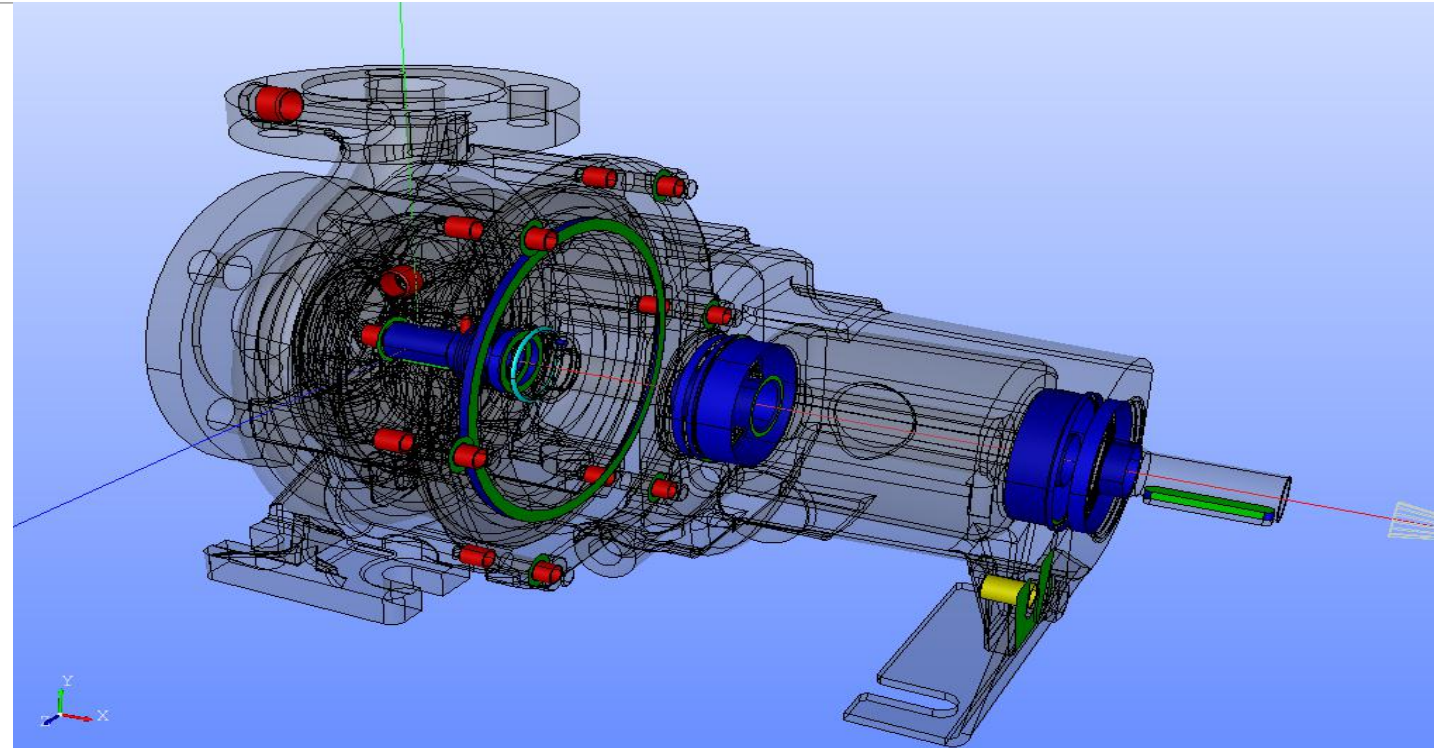


# Interfaces Géométriques

## Définition:

Zones où deux solides sont en relation: contacts, interférences, jeux

Modules
Répétitions
Familles
Occurrences
Features
Symétries



## Faits générés :

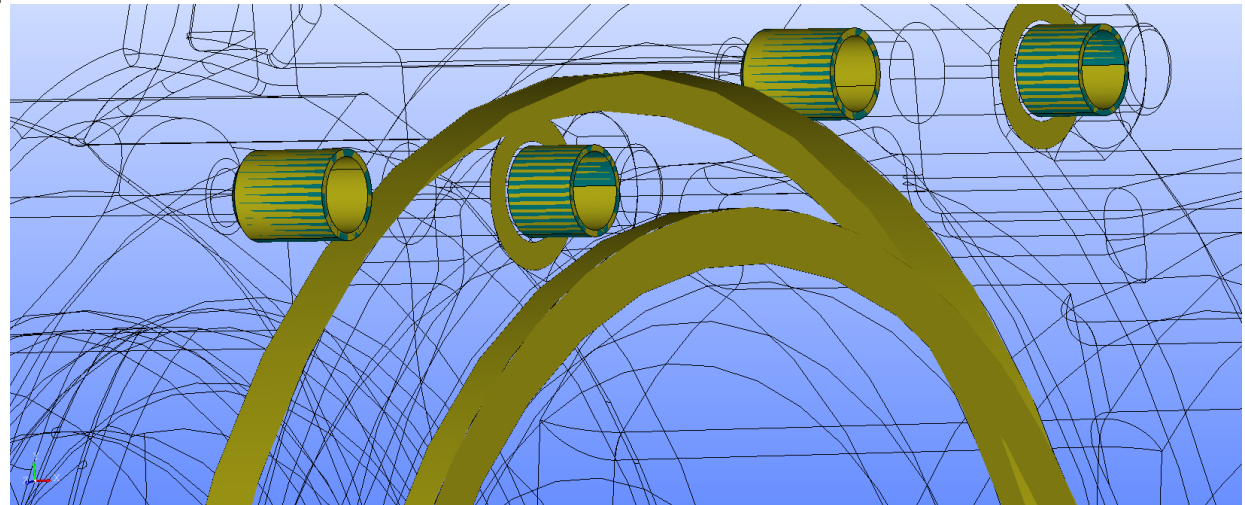
```
InterferenceCylindrique(InCy) Solide(S1) Solide(S2)  
aPourInterface(S1, InCy) aPourInterface(S2, InCy)
```

# Contraintes Géométriques

**Définition:**

Entités géométriques possédant des propriétés:

- Parallélisme
- Orthogonalité
- Colinéarité



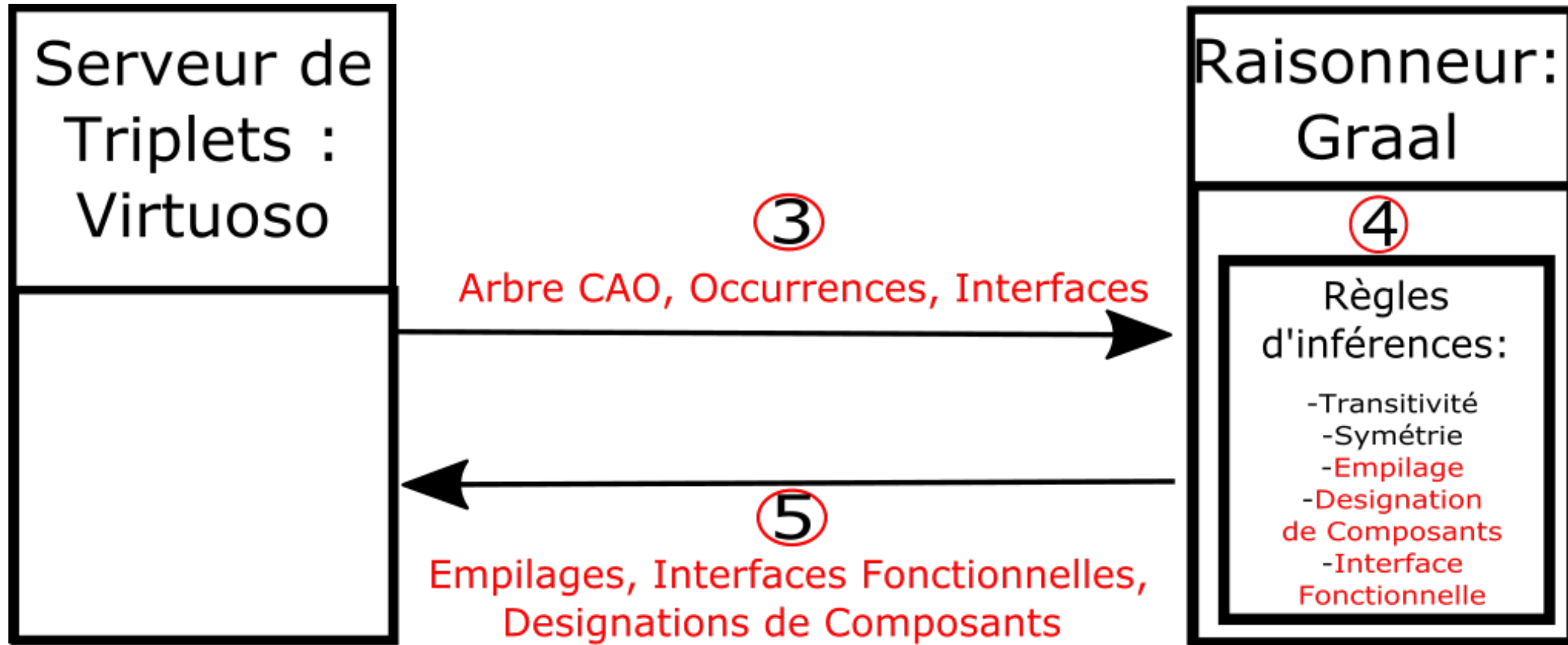
**Faits générés :**

```
InterferenceCylindrique(InCy)    ContactPlan(CoPl)  
estOrthogonal(InCyl,CoPl)
```

Interfaces
Modules
Répétitions
Familles
Occurrences
Features
Symétries



# My 3DAF : Raisonnement Automatique



# *My 3DAF : Ontologie*

---

Principe : Description structurelle, comportementale et fonctionnelle d'un assemblage.

*Partant de faits « géométriques » (structurels), inférer des comportements et des fonctions locales pour déduire des désignations fonctionnelles de composants puis étendre ce principe pour inférer des fonctions de plus haut niveau et des sous-ensembles fonctionnels*

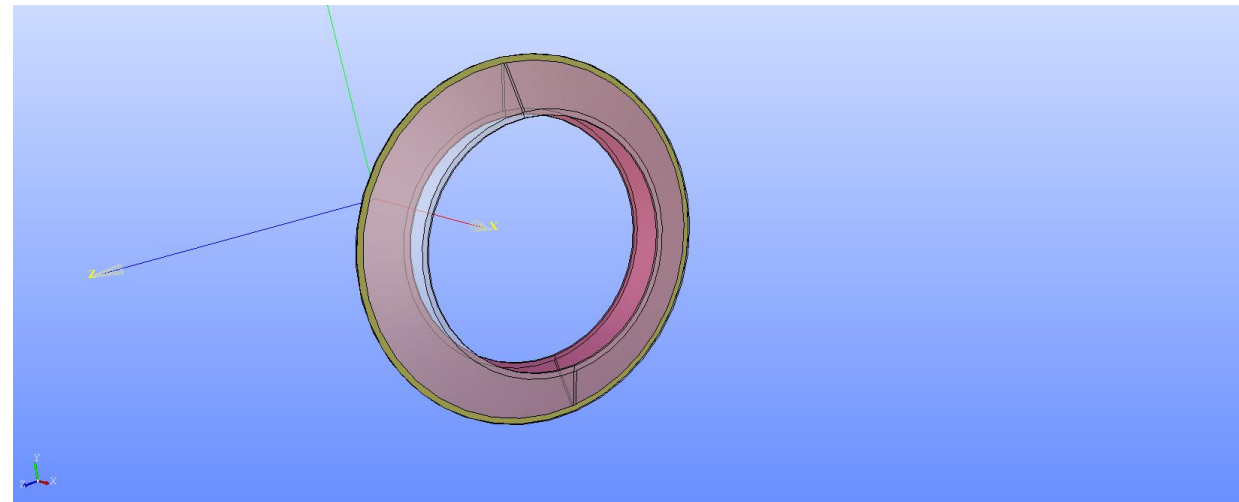
En statistique:

- 305 Concepts, réunis en 5 grands ensembles : **morphologie** (symétries), fonctions, **comportements**, **désignations de composants**, **interfaces**.
- 94 Relations.
- 98 règles d'inférences, répartis en 3 thèmes : propriétés géométriques et structurelles, désignations de composants, désignation d'ensembles de composants.

# Exemples de Faits Générés par les Inférences : Empilage

## Définition:

Ensemble d'occurrences en interface géométrique.



## Règle d'inférence :

```
Solide(S1)          ContactPlan(CoPl)          Solide(S2)
aPourInterface(S1,CoPl)  aPourInterface(S2,CoPl)
sontOccurrencesGeometrique(S1,S2)

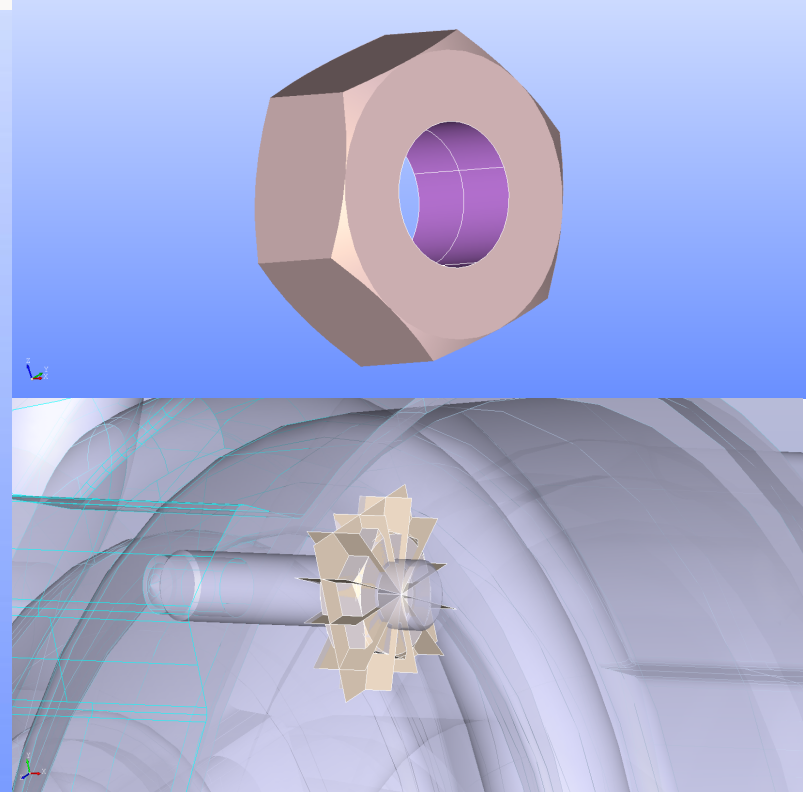
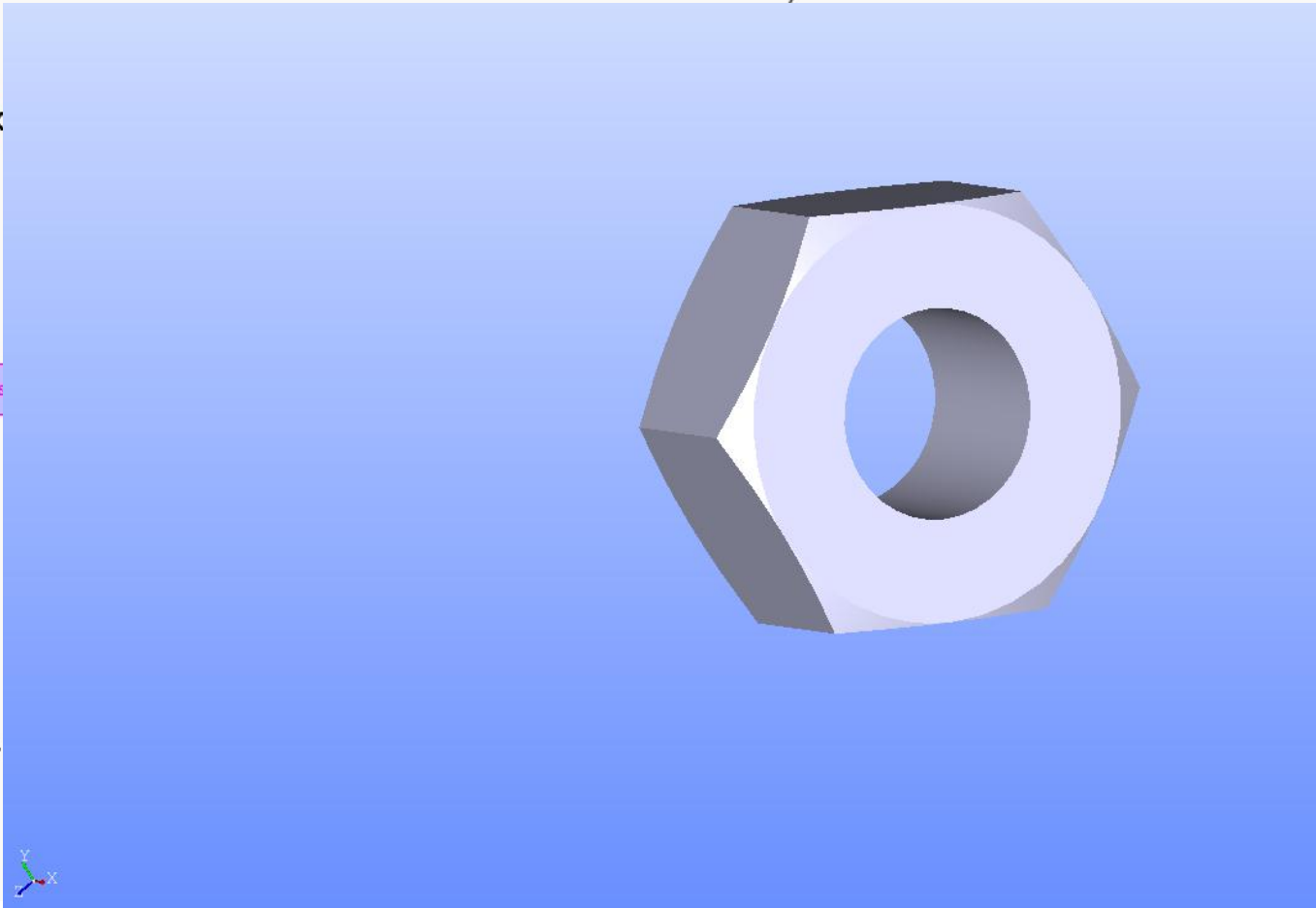
-> Empilage(S1,S2)
```



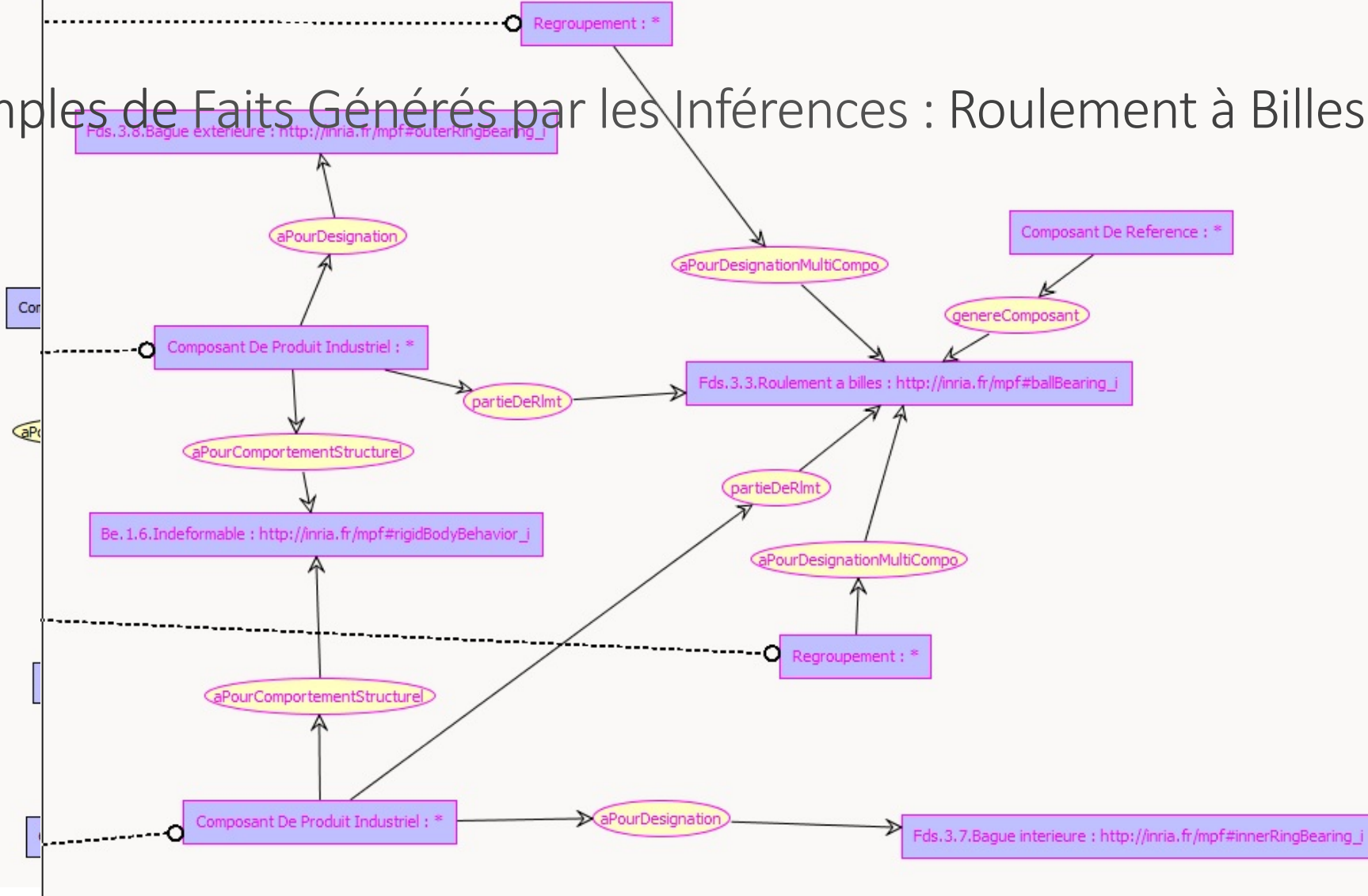
# Exemples de Faits Générés par les Inférences : Écrou

- Contraintes
- Interfaces
- Modules
- Répétitions
- Familles
- Occurrences
- Features
- Symétries

Fds



# Exemples de Faits Générés par les Inférences : Roulement à Billes

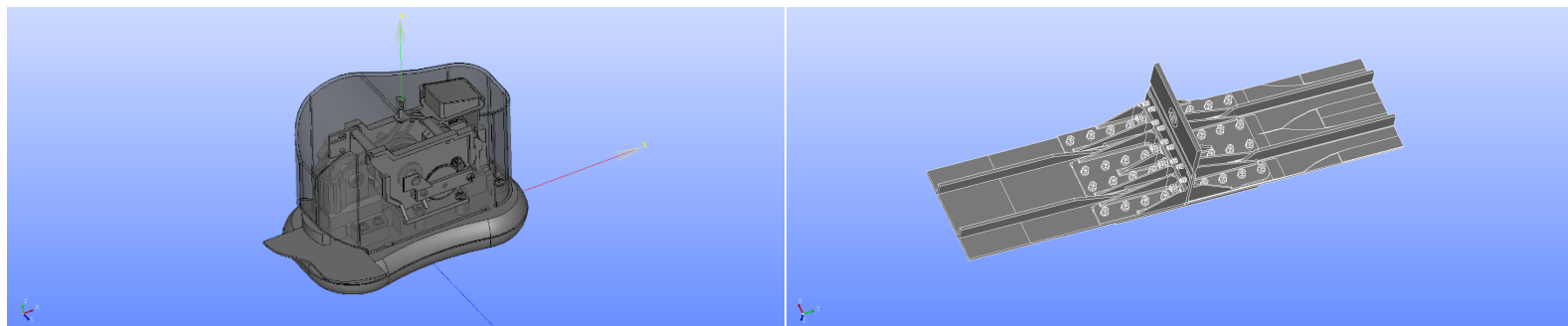


- Contraintes
- Interfaces
- Modules
- Répétitions
- Familles
- Occurrences
- Features
- Symétries

# Résultats

Calculs effectués sur un processeur cadencé à 3.40GHz

Modèle	Nombre de Composants	Temps d'analyse géométrique	Temps d'inférences	Nombre total de faits
Pompe centrifuge	67	45min	30min	51016
Agrafeuse électrique	124	27min	47 min	336992
Jonction d'une voilure d'avion	148	53min	15min	619432



# Observations

---

**Modèle intrinsèque** car :

- Indépendant du processus de modélisation de chaque composant (invariance/décomposition frontière),
- Indépendant des contraintes topologiques imposées par les modeleurs CAO,
- Utilise uniquement des propriétés globales et intrinsèques d'un solide (symétrie, CdG, inertie) et groupes de solides (modules)

Importance de la robustesse des traitements géométriques

Cohérence de la base de faits garantie par des processus d'enrichissements **automatiques** uniquement

Limitations :

- Surfaces canoniques (Pl,Sp,Cy,Cô,To).
- Quelques conventions de représentation prises en compte.

# *My 3DAF* : Conclusion

---

Approche automatique d'extraction de connaissances liées aux assemblages 3D.

Lien fort entre représentation de connaissances et géométrie 3D.

Mécanisme de raisonnement efficace (Pompe: ~50 solides identifiés, groupes de composants, fonctions et liaisons élémentaires)


Futur: analyse des propriétés des règles, extension des mécanismes de raisonnement (spatial et fonctionnel)

1<sup>ère</sup> étape de mise en place de raisonnement fonctionnel portant sur des objets 3D.

Site Web : <http://3dassblyanalysis.gforge.inria.fr/3d/>



# <http://3dassblyanalysis.gforge.inria.fr/3d>



Objects List

Selection

id: -

```
SELECT DISTINCT ?res ?res2
WHERE {
?ip ?apfs <http://inria.fr/mpf#string_Pompe_centrifuge_KSB_garniture_ss_coupe_ttes_interfaces_correctes_correction_goujon_10_01_2017.stp> .
?apfs rdfs:label "aPourFichierSTEP"@fr.
?ipc ?pddci ?ip.
?ipc2 ?pddci ?ip.
?pddci rdfs:label "partieDe_CPI"@fr.
?s1 ?pdor ?reg.
?s2 ?pdor ?reg.
?pdor rdfs:label "partieDe_SAI"@fr.
?ipc ?aprg ?s1.
?ipc2 ?aprg ?s2.
```

Query Reset

Preset Queries

- Occurrences
- Families
- Symmetries
- Stacks
- Groups
- Repetitions