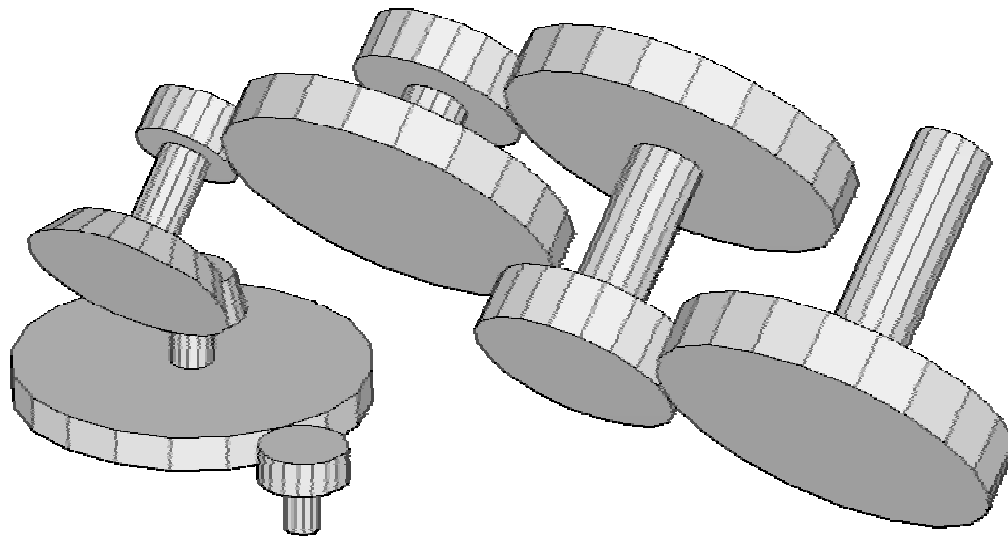
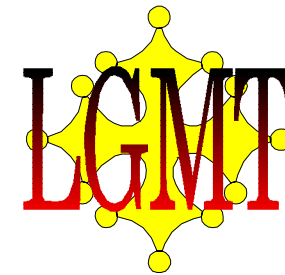


Conception optimale de mécanismes

Application aux réducteurs à engrenages



Jean-Christophe FAUROUX
Marc SARTOR



Laboratoire de
Génie
Mécanique de
Toulouse



Plan de l'exposé

-1- Objectif du travail
Méthode de **conception** proposée

-2- Etape de synthèse **topologique** :
Génération de modèles 3D admissibles

-3- Etape de synthèse **dimensionnelle** :
Pré-calcul par la méthode du squelette

Conclusion

-1-

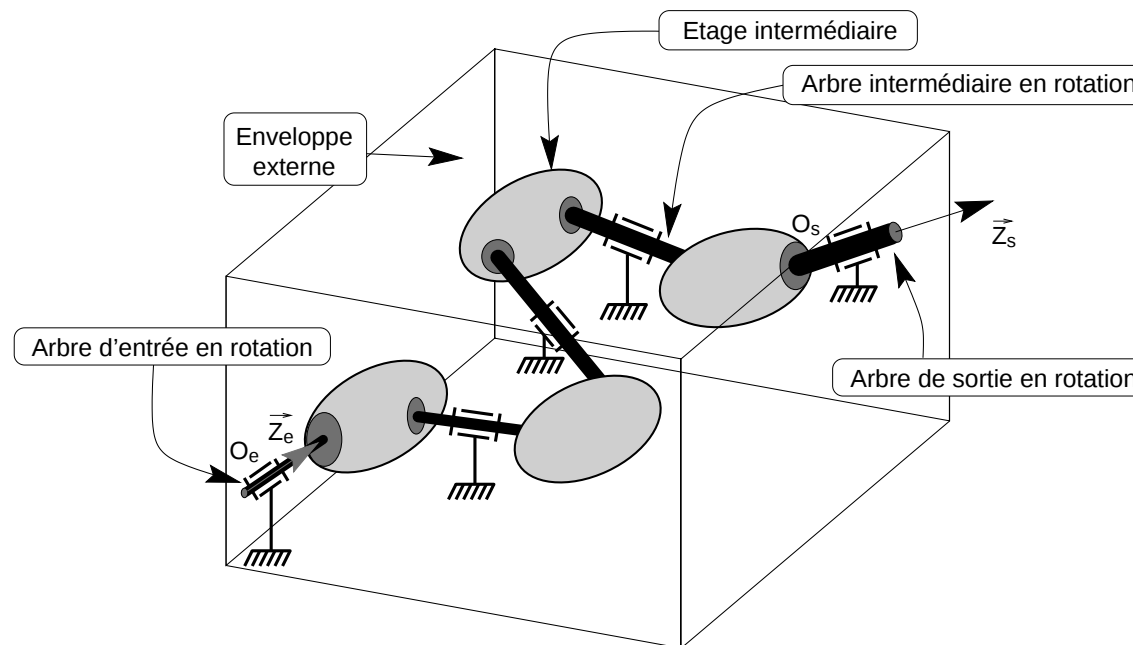
Objectif du travail
Méthode de conception
proposée

Objectif du travail

- Se concentrer sur la phase de **conception préliminaire**
Aider le concepteur partant de la feuille blanche
- Proposer une méthode **créative**
- Trouver une **classe de mécanismes**
pour appliquer cette démarche
- Développer un **logiciel** d'aide à la conception
qui soit **simple** d'usage, **portable** et **extensible**

Classe des mécanismes à concevoir

- Transmission de mouvement **rotatif** à rapport **constant** (1 ddl)
- Structure **linéaire** en forme de chaîne :
Plusieurs **étages** disposés en série
- **Un** arbre d'entrée, **un** arbre de sortie
- Tous les étages sont **liés** au bâti reliés par des arbres intermédiaires
- Arbres d'orientations **quelconques**

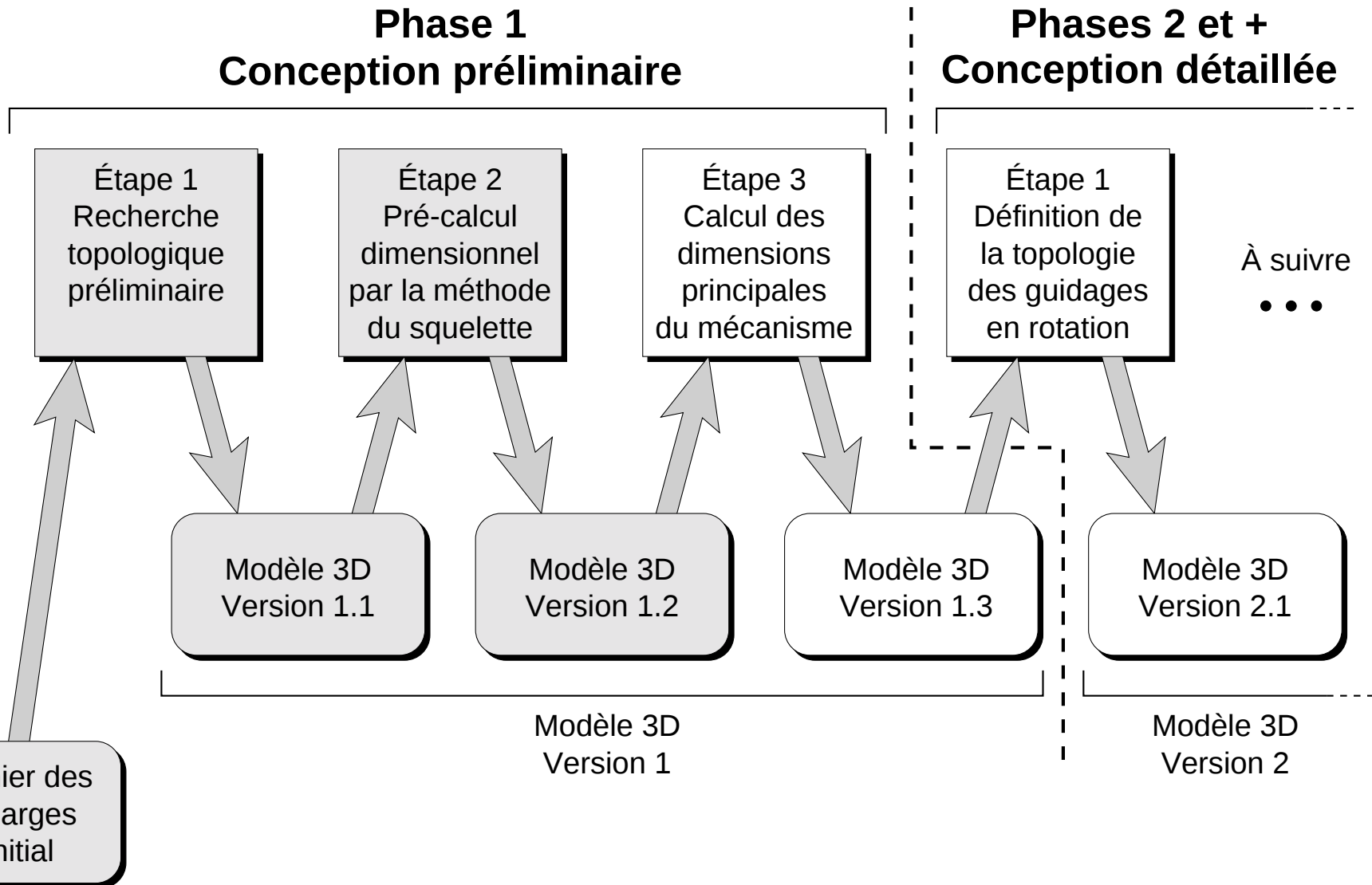


Méthode de conception proposée

Général

Niveau de conception

Détaillé



-2-

Etape de synthèse

topologique

**Génération de modèles 3D
admissibles**

Principes

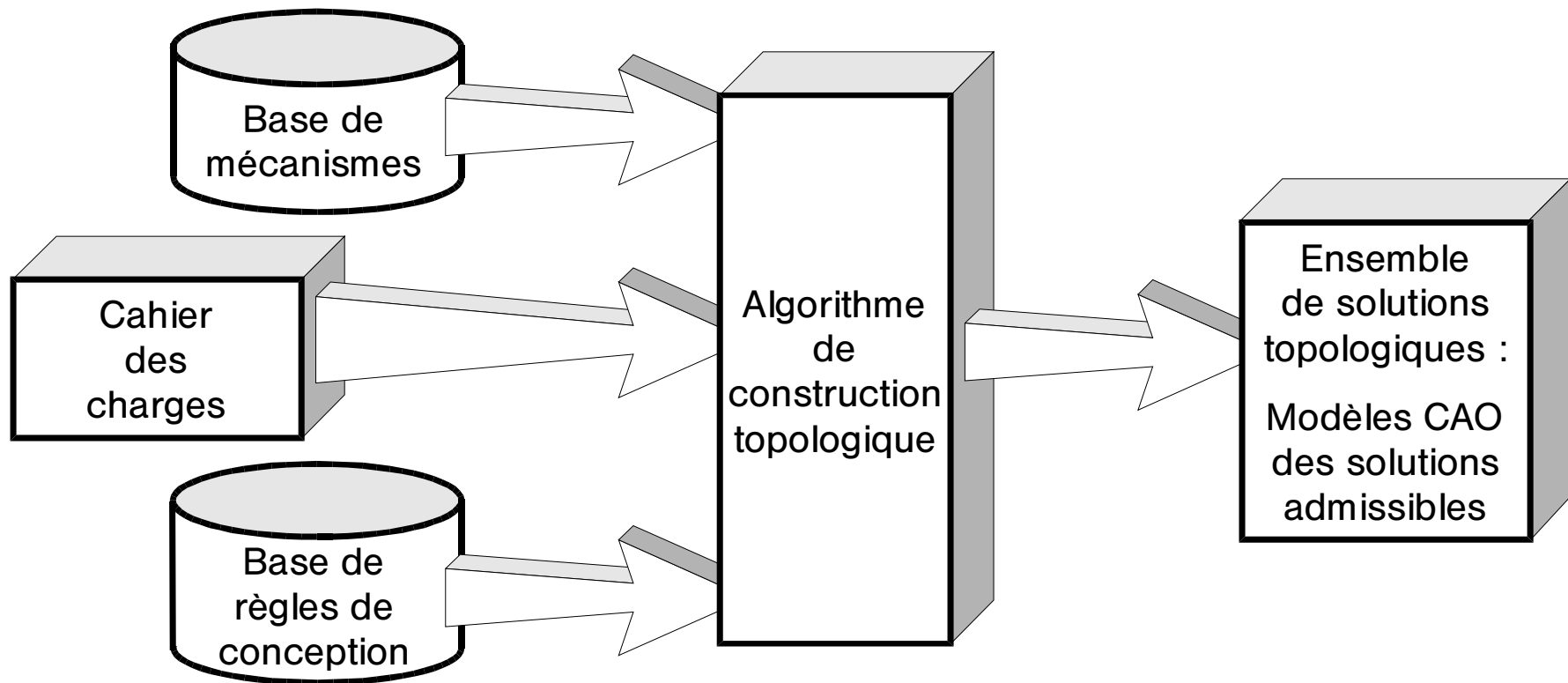
Le but est de répondre aux **contraintes fonctionnelles** du problème sans aborder les **contraintes dimensionnelles**

Solutions trouvées **qualitativement**

L'algorithme devra obéir aux principes suivants :

- **Justesse**
- **Exhaustivité**
- **Clarté**
- **Flexibilité**

Principes (suite)



Cahier Des Charges (CDC)

- **Nombre** maximum d'étages
- **Rendement** minimum
- **Orientation** relative des arbres d'entrée-sortie (angle en °)
- **Rapport de réduction**
- **Sens** de rotation (+ ou -)

Notion de **Mécanisme Élémentaire**

M.E. = **M**écanisme **E**lémentaire (brique de construction)

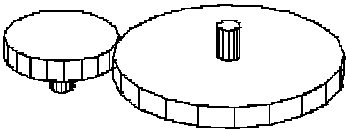
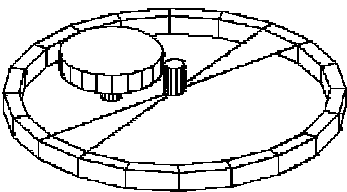
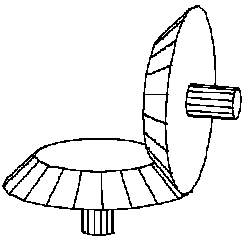
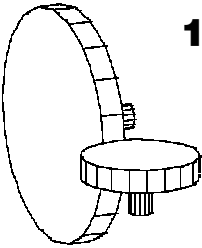
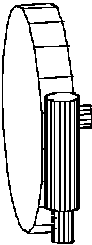
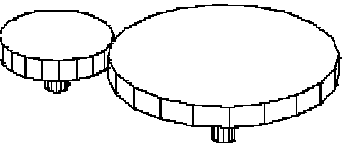
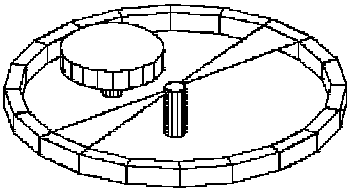
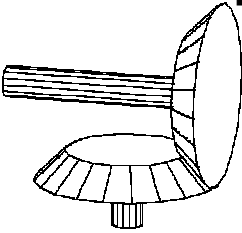
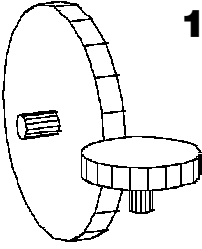
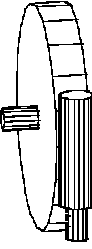
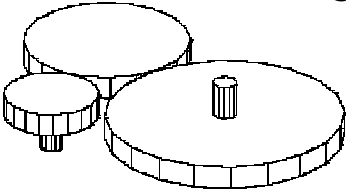
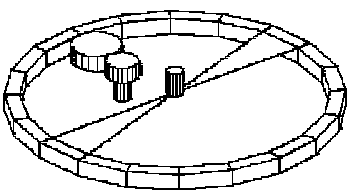
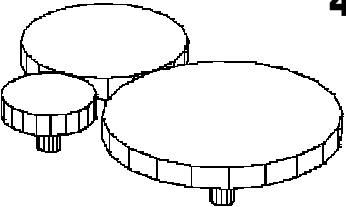
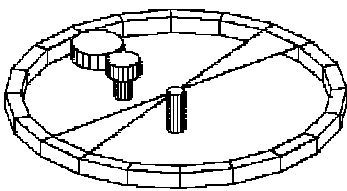
= Entité mécanique insécable et non décomposable

- Mécanisme à structure linéaire (1 DDL)
- 1 entrée - 1 sortie
- Rotation à rapport constant

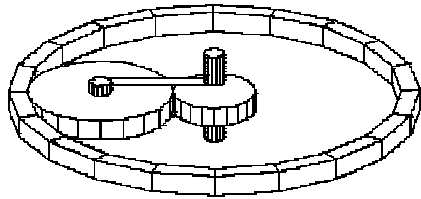
Construction d'une **base de ME** par :

- Recherche directe dans des encyclopédies (Artobolevski)
- Construction de **variantes**
 - Diverses positions d'arbres possibles
 - Adjonction d'un système inverseur

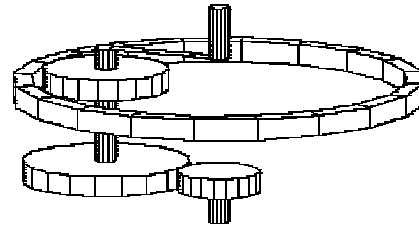
Base de ME (engrenages simples)

		Extérieur	Intérieur	Conique	Gauche	Roue-Vis
Sans inverseur	Disposition 1	 1	 5	 9	 11	 13
	Disposition 2	 2	 6	 10	 12	 14
Avec inverseur	Disposition 1	 3	 7			
	Disposition 2	 4	 8			

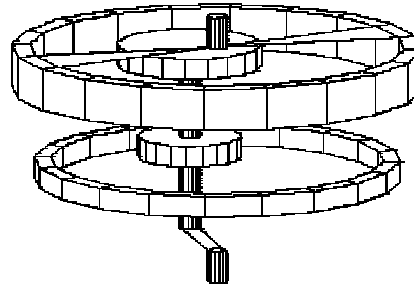
Base de ME (suite)



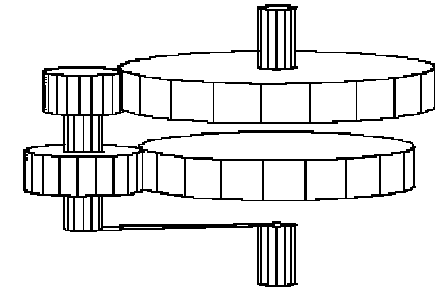
15 Epicycloïdal type I



16 Epicycloïdal type II



17 Epicycloïdal type III

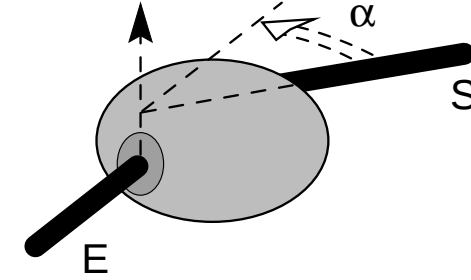
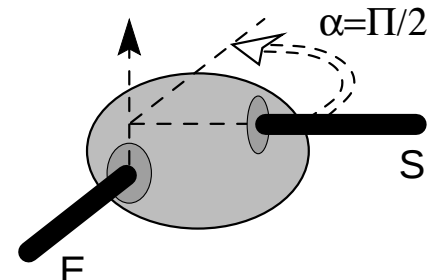
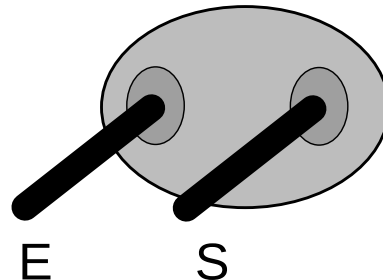
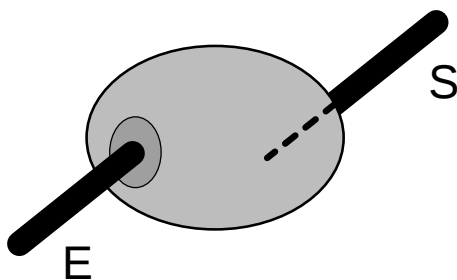


18 Epicycloïdal type IV

Caractéristiques de chaque ME

- **Rendement** approché
- Plage de **rappports** de réduction
- **Angle** entre les arbres

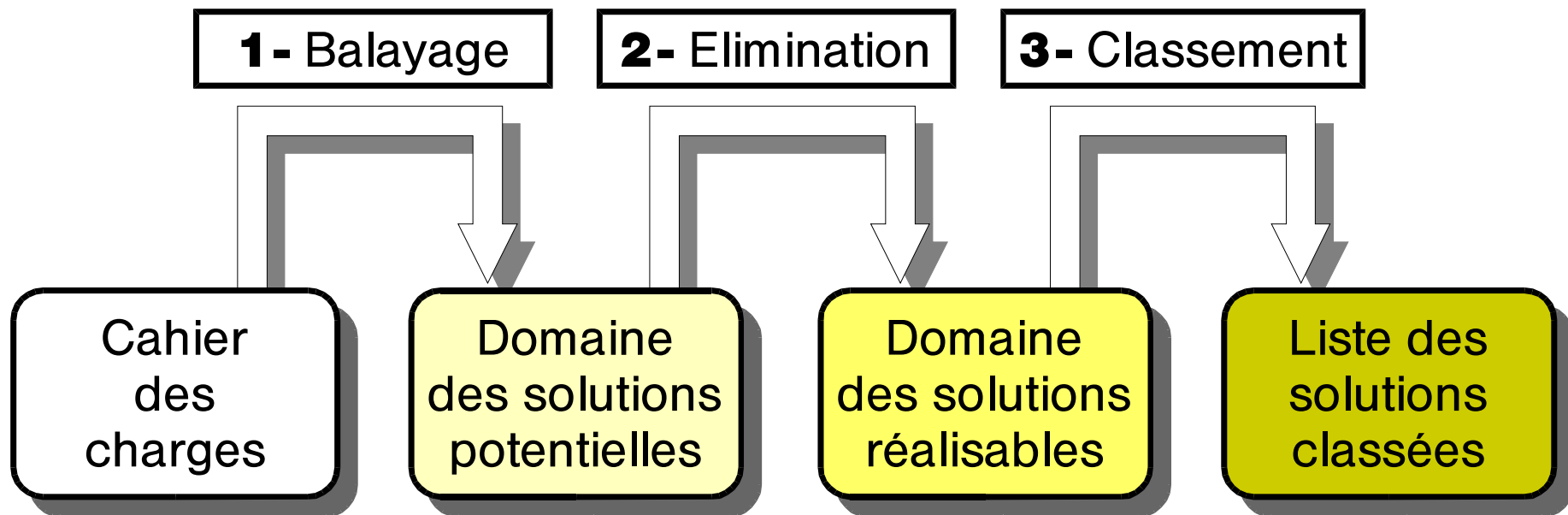
- **Sens** de rotation (+ - ?)
- Dispositif **inverseur** (O/N)
- **Qualités** du mécanisme



Algorithme de synthèse topologique

Méthode en **3 parties** :

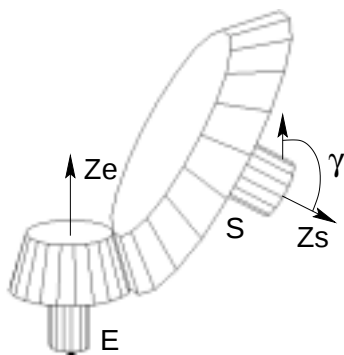
- **1** - Exploration **combinatoire**
- **2** - **Elimination** des combinaisons inadaptées
- **3** - **Classement** par ordre de pertinence



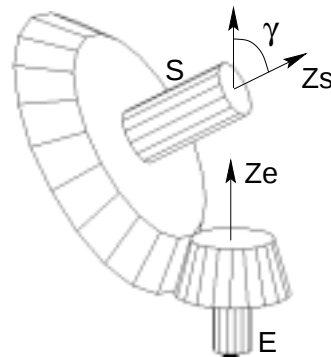
Règles d'élimination

Des **règles de conception** permettent d'éliminer de nombreuses combinaisons inadaptées :

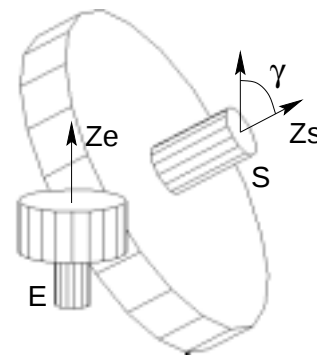
- Règle 1 : choix technologique sur la **position** de certains étages
- Règle 2 : respect du **rapport** de réduction
- Règle 3 : respect du **rendement** minimum
- Règle 4 : respect du **sens de rotation**
- Règle 5 : au plus **un étage inverseur**
- Règle 6 : respect de l'**orientation** des arbres



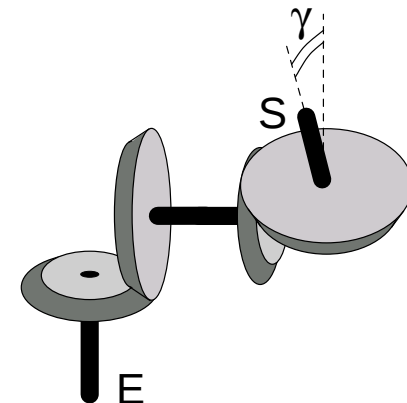
(a) Engrenage conique



(b) Engrenage conique (variante)



(c) Engrenage gauche



Exemple - Conclusion

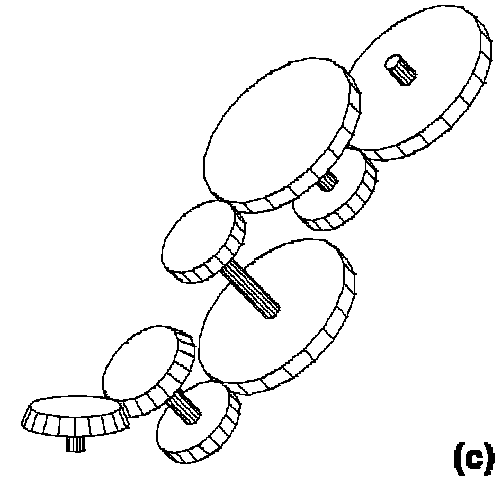
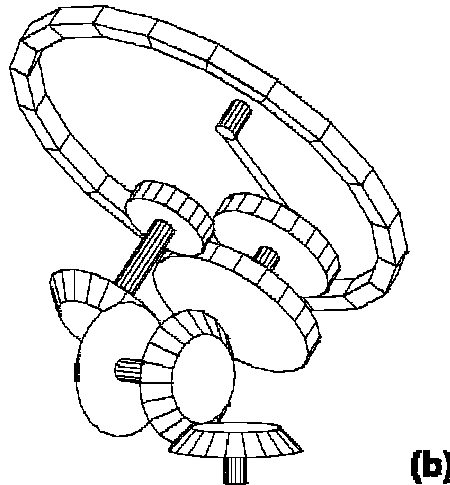
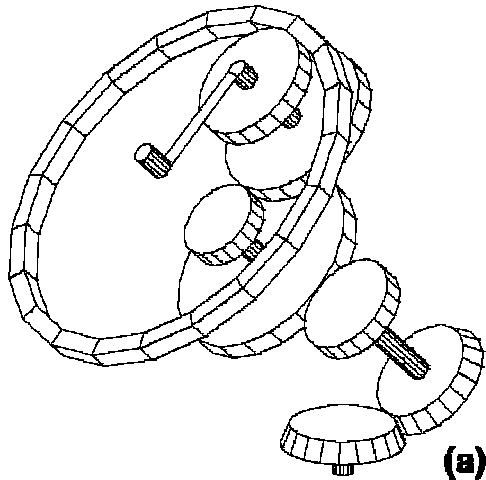
- **Exemple** : concevoir un réducteur avec le CDC suivant :

- Au plus **5** étages
- Arbres à **45°**
- Rendement > **90 %**
- Rapport de réduction de **500**
- Sens de rotation +

Calcul de 3 secondes
sur Pentium Pro 233

- 7 solutions à **3 étages**
- 192 solutions à **4 étages**
- 224 solutions à **5 étages**
- 2 000 295 combinaisons **rejetées**

- Solutions obtenues sous forme d'un **modèle CAO** à dimensionner



- Méthode **simple** et **efficace**
- Méthode **facile à enrichir** (rajout de **ME**, de **règles d'élimination**, ...)

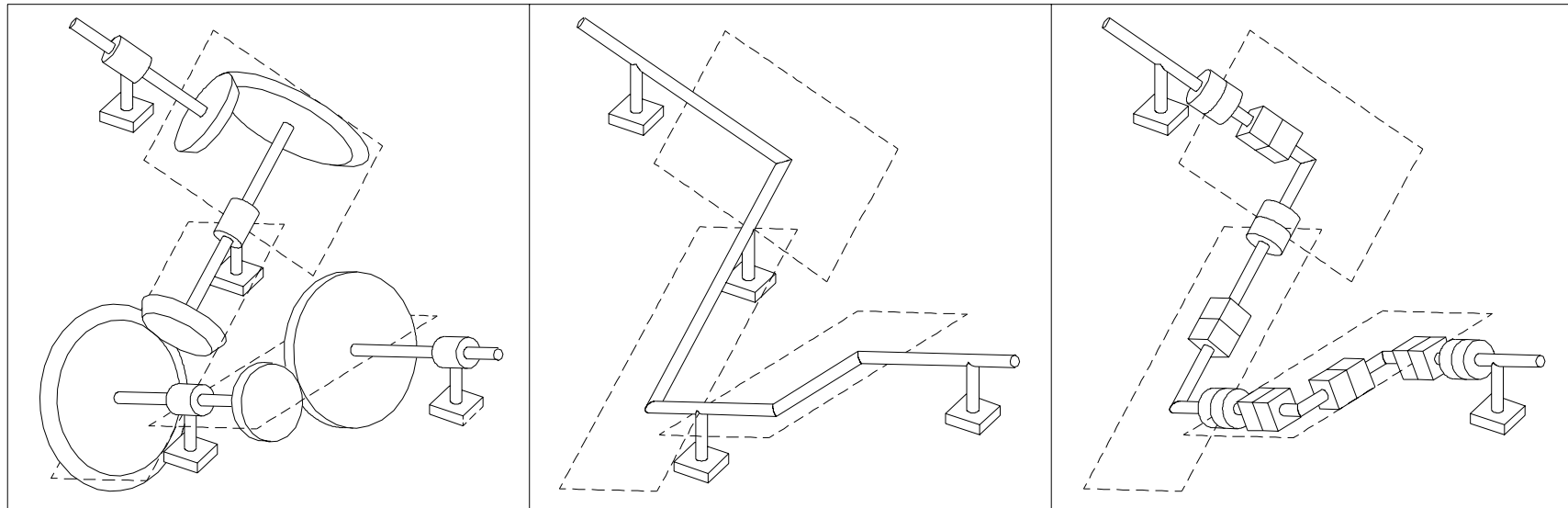
-3-

**Etape de synthèse
dimensionnelle**

**Pré-calcul par la méthode
du squelette**

Notion de **squelette**

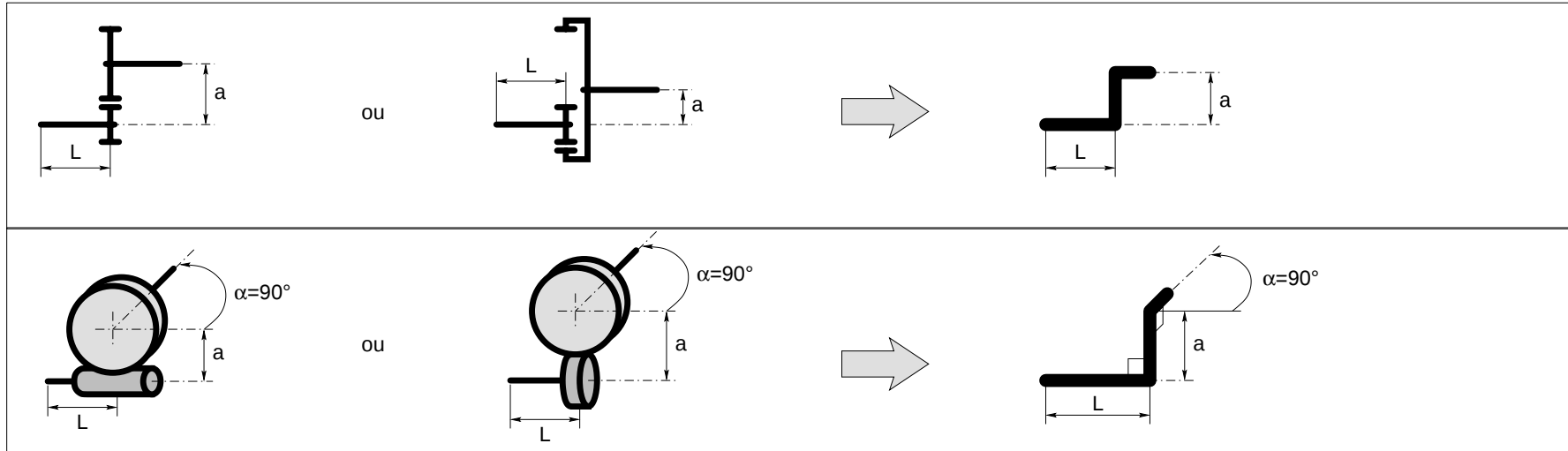
- **Hypothèse** : une solution topologique a été choisie à l'étape précédente (Ne étages)
- Notion de **squelette** de mécanisme :
 - Modèle **filaire** simplifié
 - Longueurs d'**arbres**
 - Longueurs d'**entraxes**
 - **Angles** de rotation entre étages



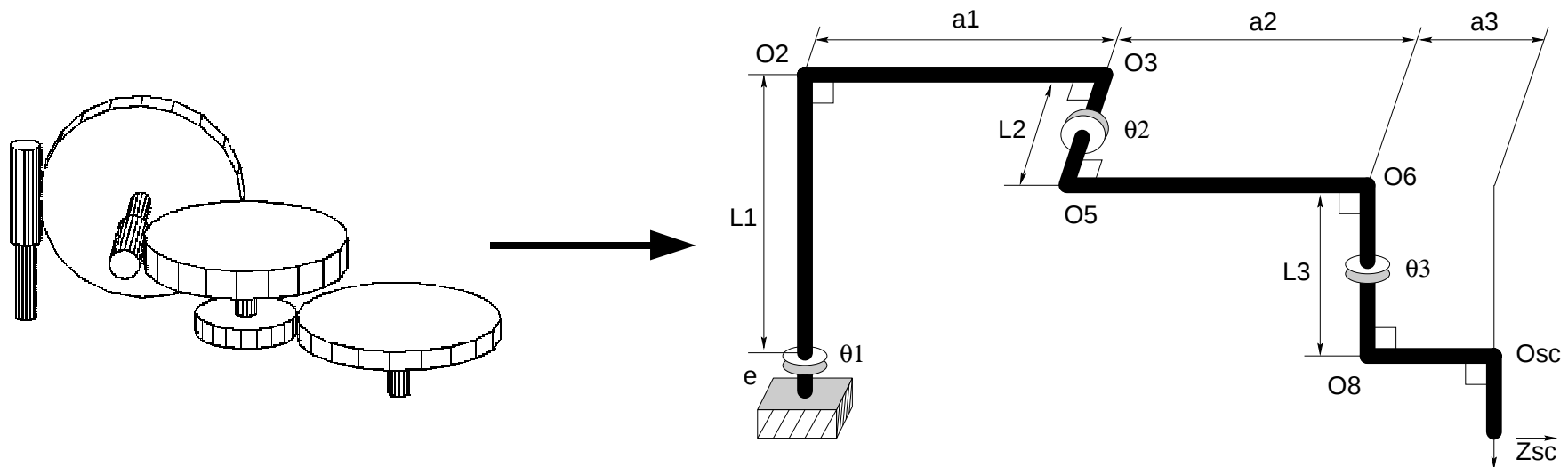
- **But** : trouver une disposition optimale des étages (**angles** plutôt que longueurs)

Squelettes d'étages / de réducteurs

- Squelette d'un **étage**



- Squelette d'un **réducteur** à plusieurs étages

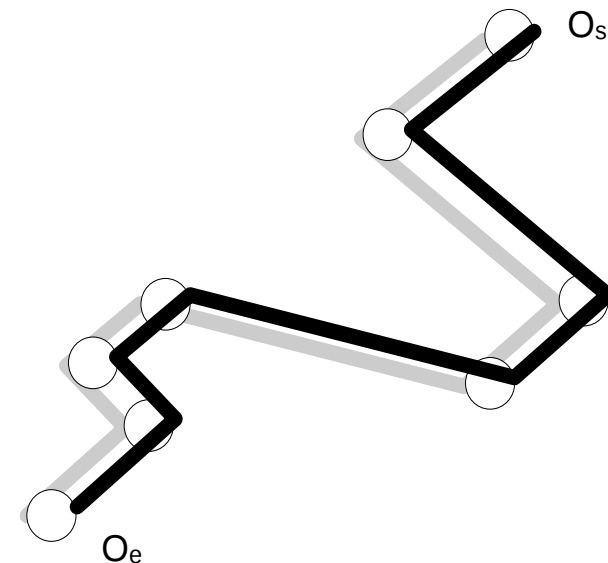
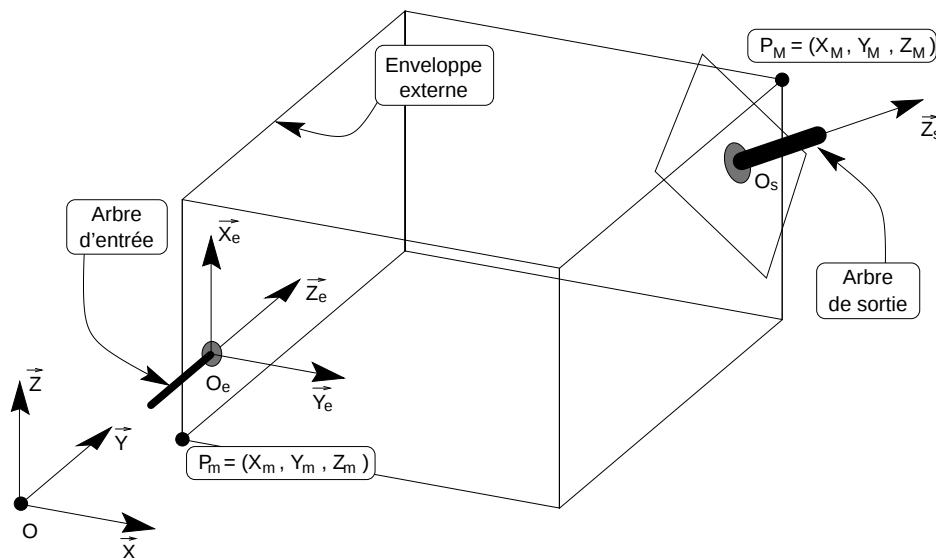


Nature du problème

Problème : déterminer **dimensions**, **positions** et **orientations** des étages du réducteur telles que :

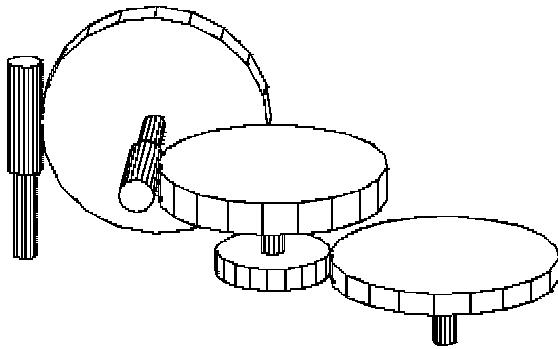
- L'arbre de sortie sorte bien en O_s selon $\vec{Z}_s$
(condition de fermeture)
- Tous les étages rentrent dans l'**enveloppe**
- L'**encombrement** soit minimum

- $O_{sc} = O_s$
 $\vec{Z}_{sc} = \vec{Z}_s$
- Pts O_i dans l'enveloppe
- Minimiser $F = \sum (L_i + a_i)$

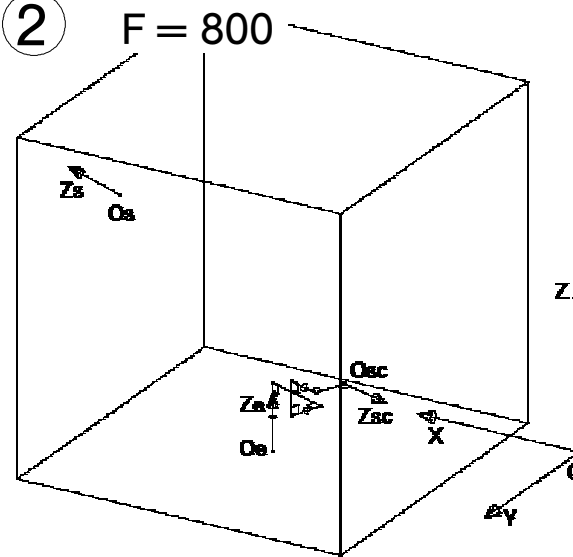


Exemple 1

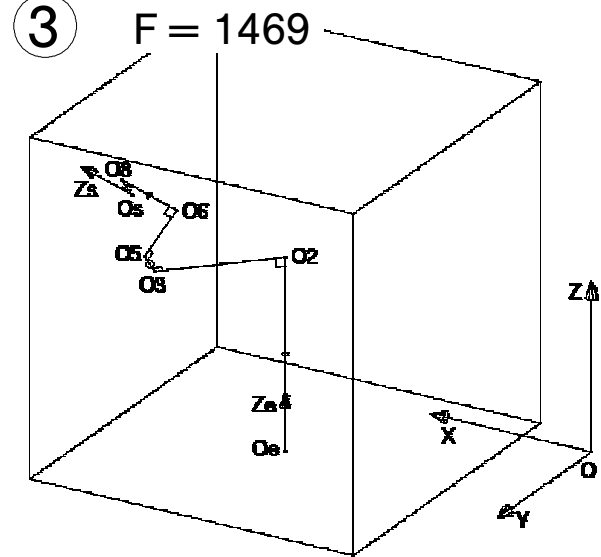
①



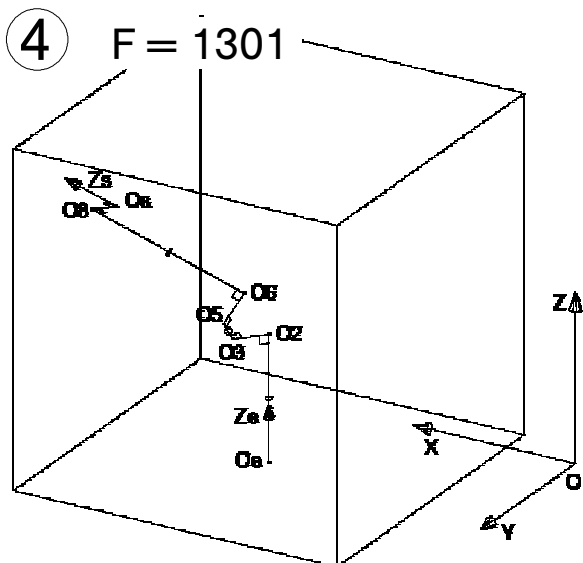
②



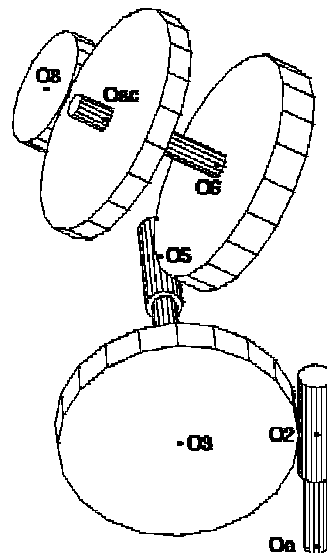
③



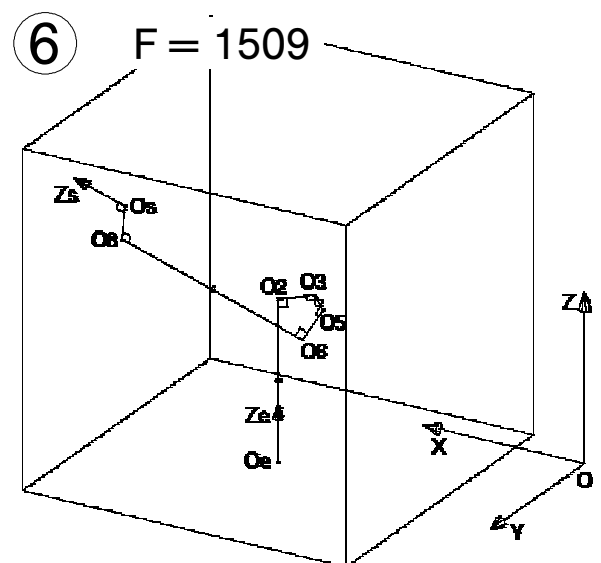
④



⑤

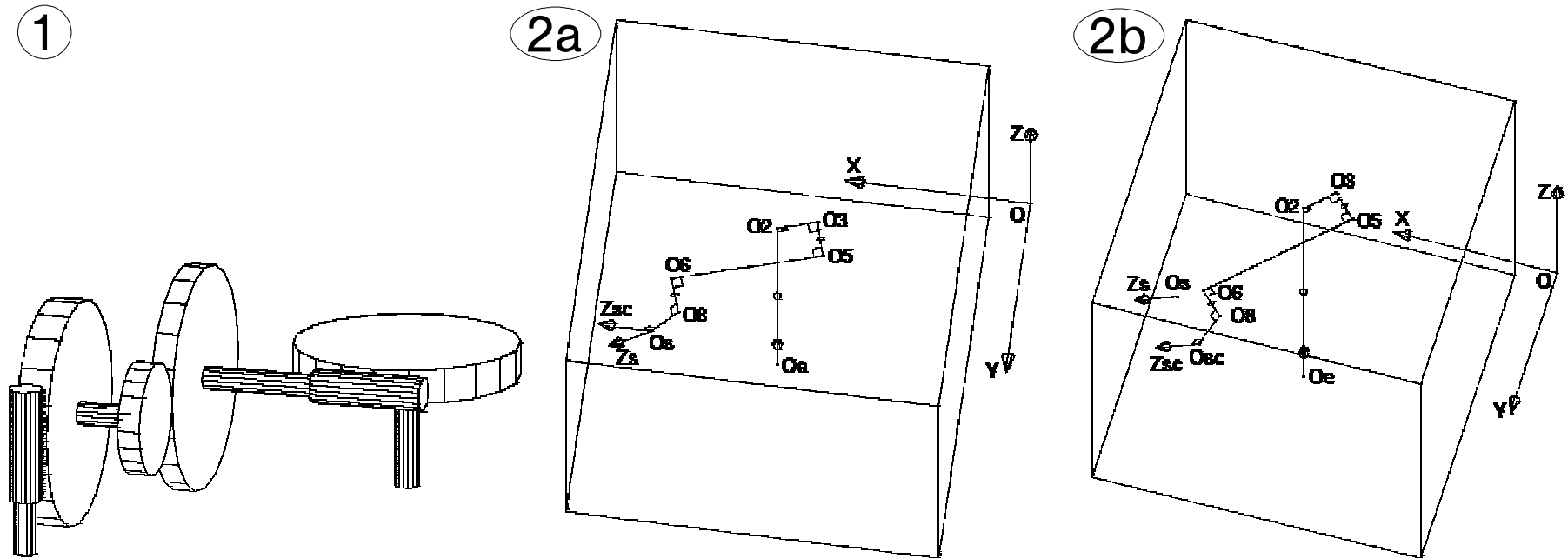


⑥



Exemple 2

But : tester un **anagramme** de l'exemple précédent



Pas de CV :

- Contraintes de **position**
- Contraintes d'**orientation**

Incompatibles

Conclusion sur la méthode du squelette

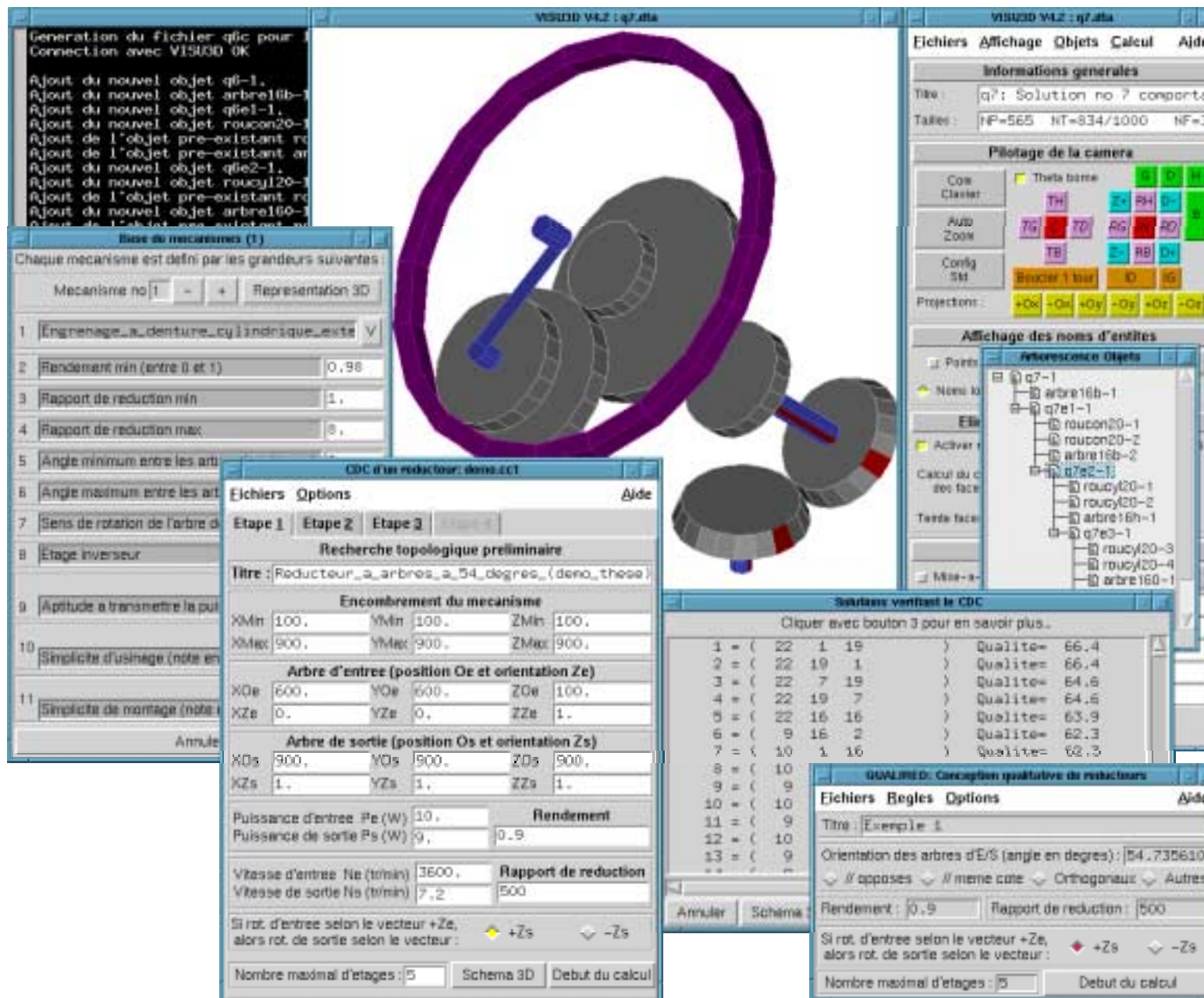
Le **pré-calcul du squelette** offre de nombreux avantages :

- Permet de résoudre le problème de la **fermeture de la chaîne**
- L'existence d'un squelette valide est une **condition nécessaire** mais non suffisante pour l'existence d'un mécanisme valide
- **Représentation synthétique** de la disposition optimale des étages dans l'espace d'un point de vue purement géométrique
- Les paramètres du squelette donnent un **point de départ** avantageux pour le problème d'optimisation de l'étape suivante

Conclusion

Conclusion

- Conception de mécanismes en **rotation** :
 - Pré-conception **sur mesure**
 - **Orientations** quelconques
- 2 types de méthode de **synthèse** :
 - Synthèse **topologique**
 - Synthèse **dimensionnelle** : pré-calcul du squelette
 - Synthèse **dimensionnelle** : optimisation des dimensions
- Outil d'aide à la **conception préliminaire**
- Logiciel de conception **CASYMIR**



CASYMIR = **C**onception **A**ssistée de **S**ystèmes
Mécaniques de transm**I**ssion en **R**otation 25