



École Mohammadia
d'ingénieurs

International Workshop on Optimization and Applications

22–23 April 2015, Kénitra – Maroc



Optimisation de la conception des structures mécaniques : applications sous Ansys

Présentée par:
Dr. Safaa ASSIF

Plan

- I. Introduction
- II. Optimisation de la conception
- III. Application 1 : Optimisation d'une poutre
- IV. Application 2 : Optimisation d'une carte électronique
- V. Conclusion

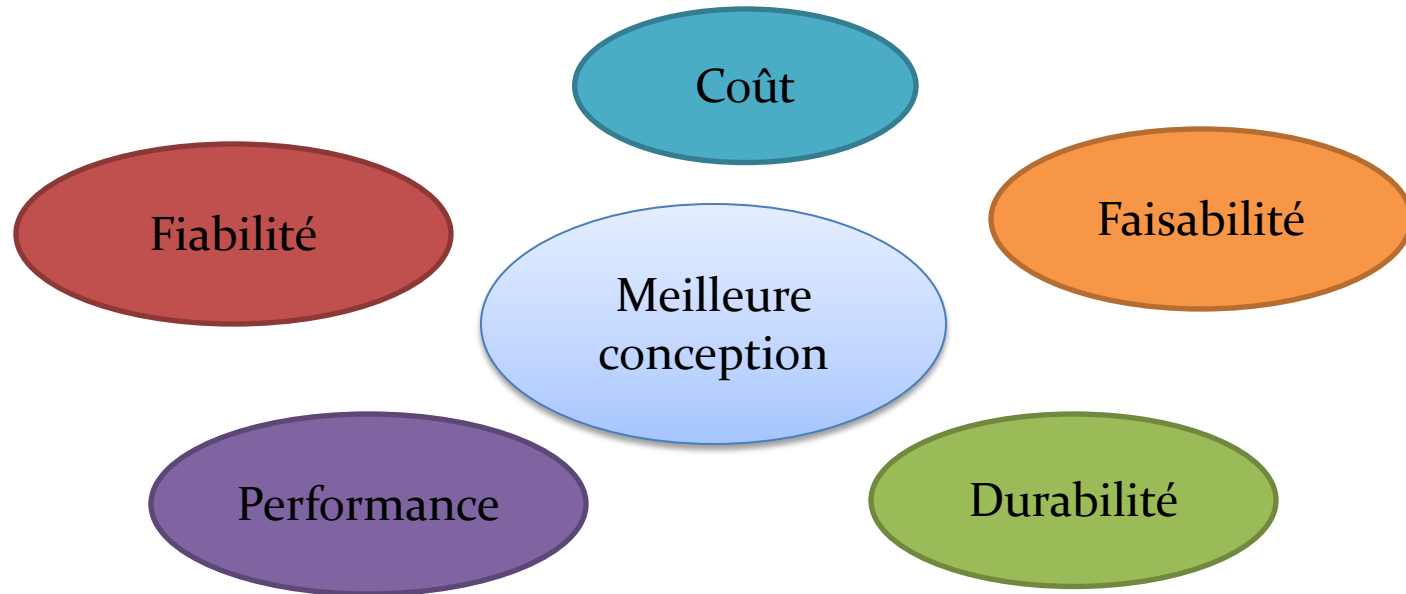
Optimisation de forme : carte électronique



Optimisation
de la
conception



Introduction



Objectif de l'optimisation des structures :

Concilier les exigences contradictoires de la conception



Le coût



Les performances

Formulation de l'optimisation de la conception

Recherche des paramètres intervenant dans la conception.

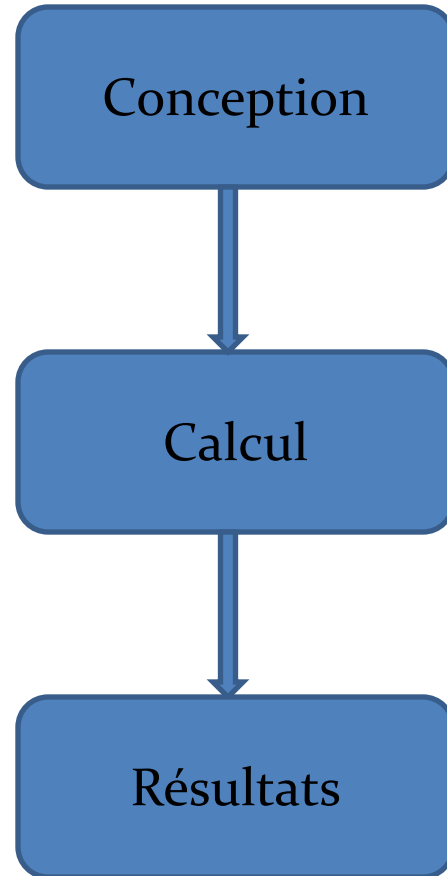
- ✓ fonction objectif (coûts initiaux, rigidité, ...)
- ✓ les contraintes de performances mécaniques, physiques et géométriques.

$$\min C_I(d)$$

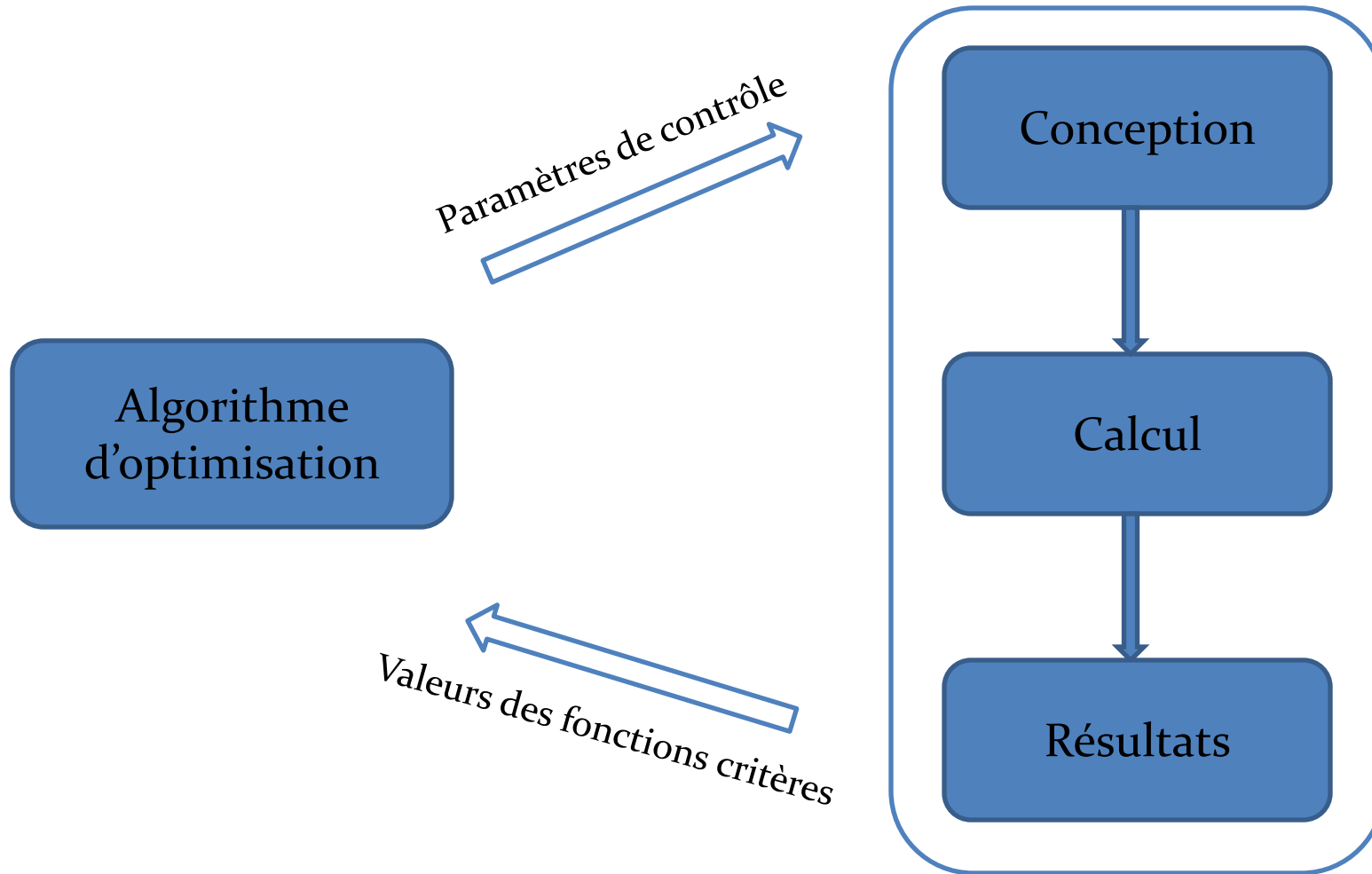
$$\text{sous : } \begin{cases} G_i(d, p) \geq 0 & i = 1, \dots, m \\ h_j(d) \geq 0 & j = m + 1, \dots, n_k \end{cases}$$

C_I :	fonction objectif ou fonction coût
G_i :	fonctions de performances ou fonction d'état limites
d :	vecteur des variables d'optimisation
p :	vecteur des paramètres déterministes
h_j :	fonctions de faisabilité géométrique et physique

Processus de l'optimisation de la conception

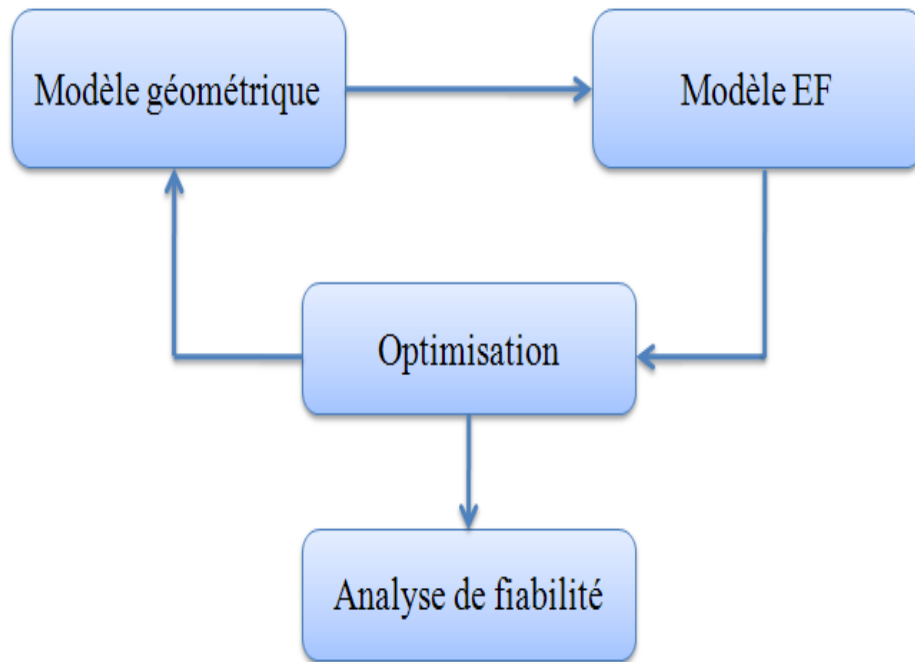


Processus de l'optimisation de la conception

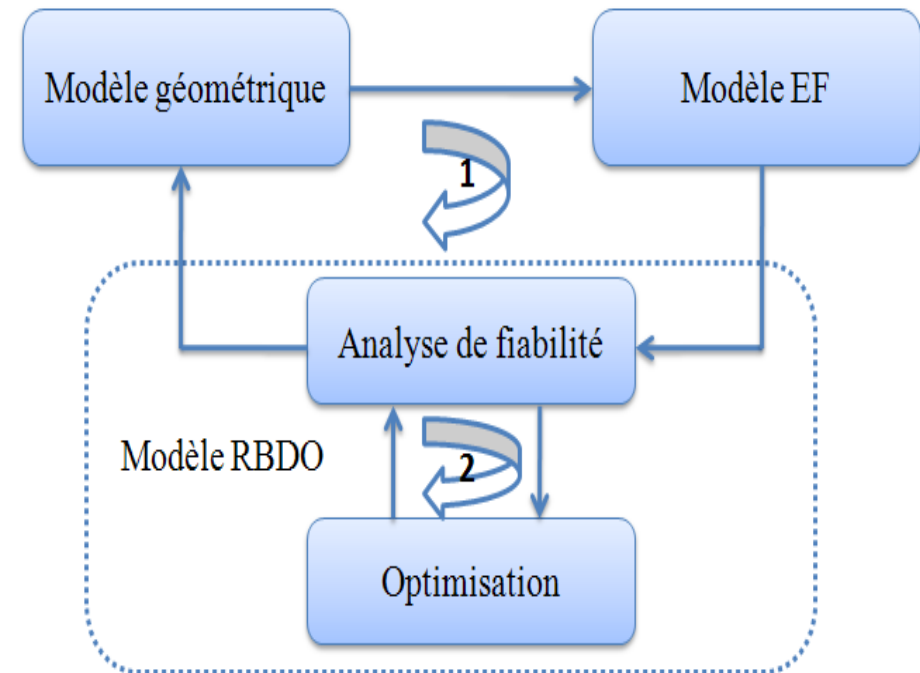


Processus de l'optimisation de la conception

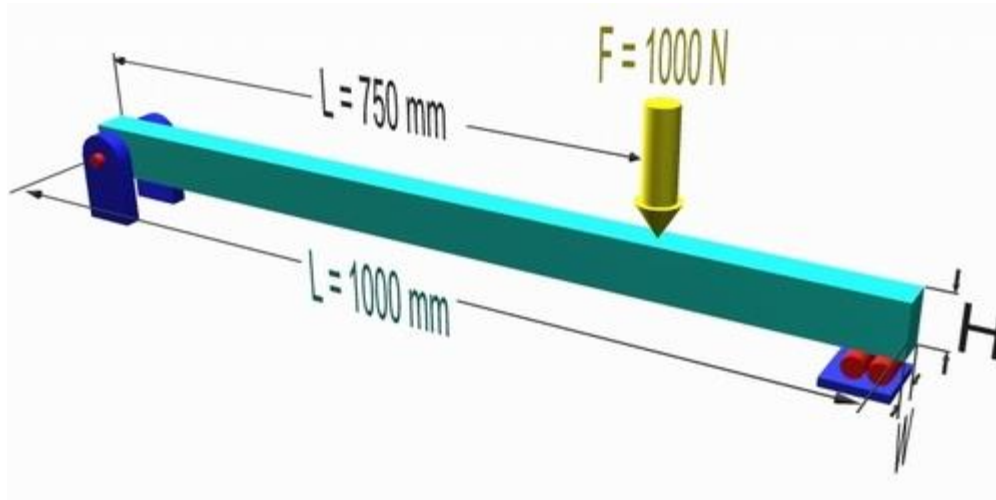
Processus d'optimisation déterministe



Processus d'optimisation fiabiliste



Application 1 : optimisation d'un poutre



Objectifs :

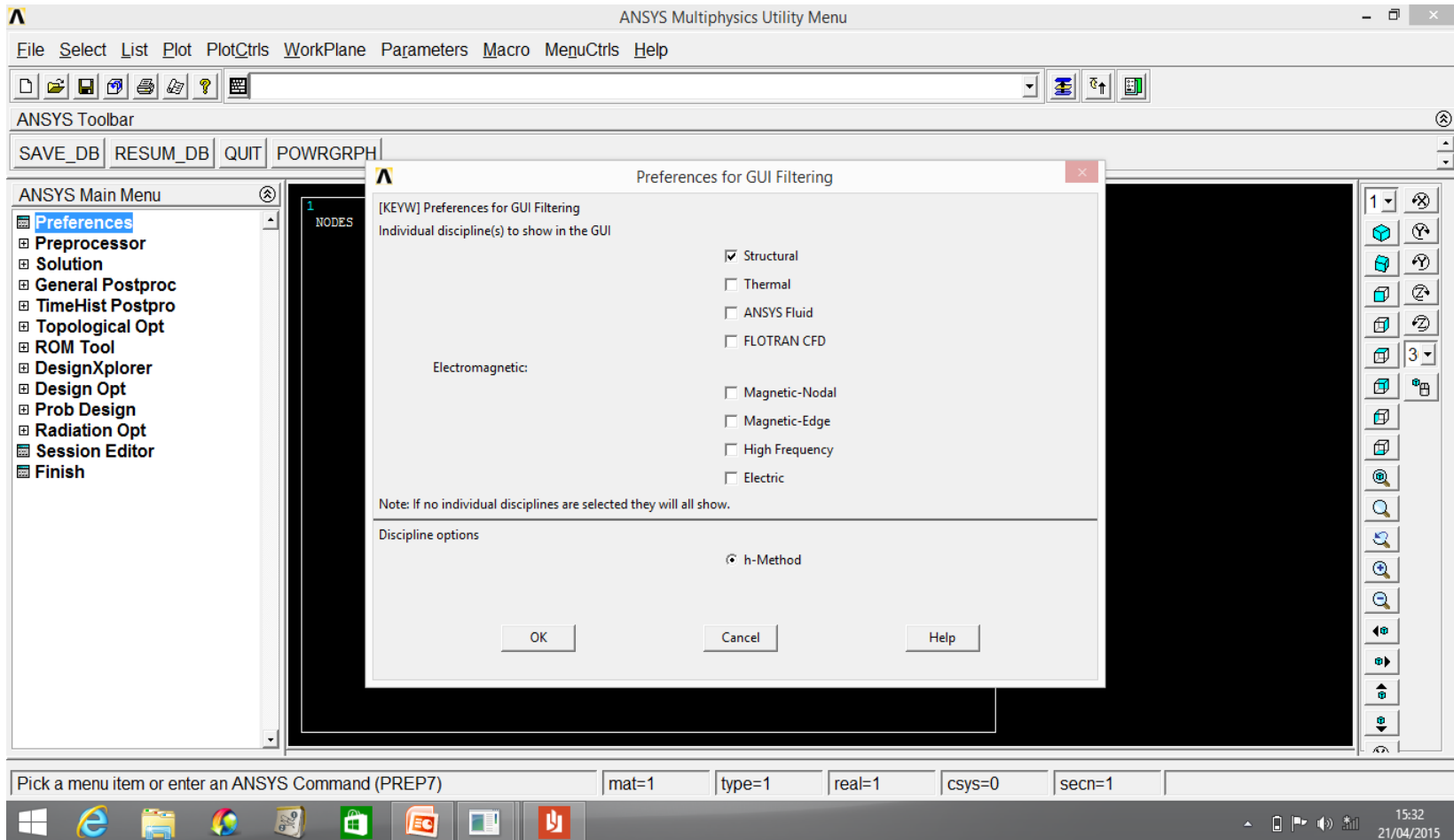
- ✓ Rechercher les meilleures valeurs de H et W
- ✓ Minimiser le volume de la poutre.
- ✓ Vérifier la contrainte admissible.

Schéma d'utilisation classique d'Ansys

Pre-processor	<ul style="list-style-type: none">•Type de l'étude•Type des éléments•Propriétés matériaux•Données géométriques•Maillage
Solution	<ul style="list-style-type: none">•Type de calcul•Chargement•Conditions initiales
Post-processor	<p>Résultats</p> <ul style="list-style-type: none">•Listing•Impression•Visualisation

Application 1 : optimisation d'un poutre

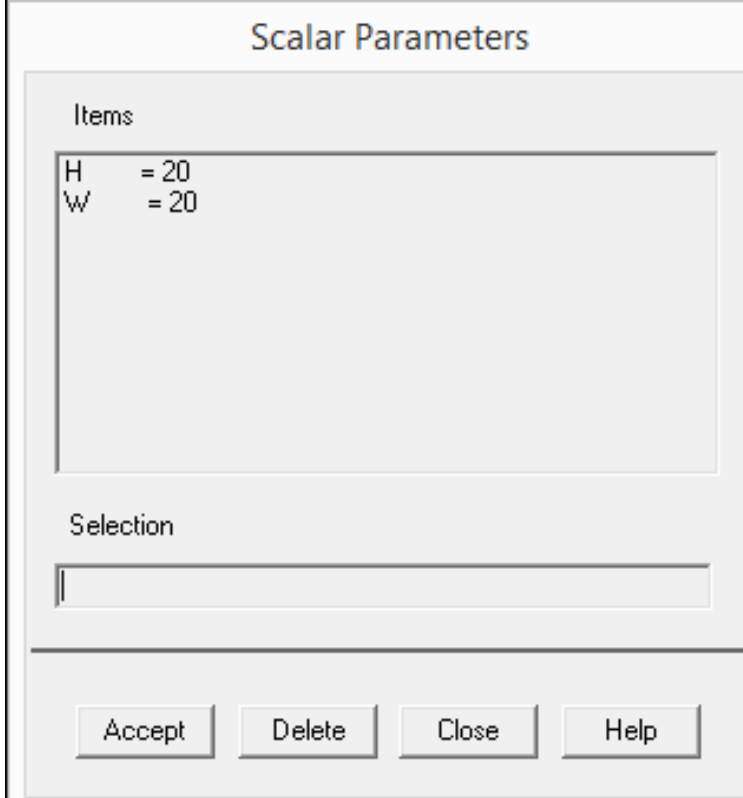
•Type de l'étude : structural



Application 1 : optimisation d'un poutre

•Données géométriques

Afin de paramétrer le modèle de calcul et de pouvoir l'optimiser, il faut créer les paramètres scalaires de l'étude



The image shows a software dialog box titled "Scalar Parameters". It contains a list of parameters under the heading "Items". The parameters listed are H = 20 and W = 20. Below the list is a "Selection" field, which is currently empty. At the bottom of the dialog, there are four buttons: "Accept", "Delete", "Close", and "Help".

Items	Value
H	= 20
W	= 20

Selection

Accept Delete Close Help

Application 1 : optimisation d'un poutre

•Type d'élément :

Beam3 : poutre en 2 dimensions à 3 DDL (déplacement U_x , déplacement U_y , rotation θ)

Surface = $H \cdot W$

Moment d'inertie = $(W \cdot H^3) / 12$

•Propriétés matériaux :

Module de Young	200 000
Coefficient de poisson	0.3

•Géométrie

Créer 2 points

Créer une ligne entre le point 1 et le point 2

Créer le point 3, le point d'application du chargement P

Application 1 : optimisation d'un poutre

- **Type de calcul**

Statique

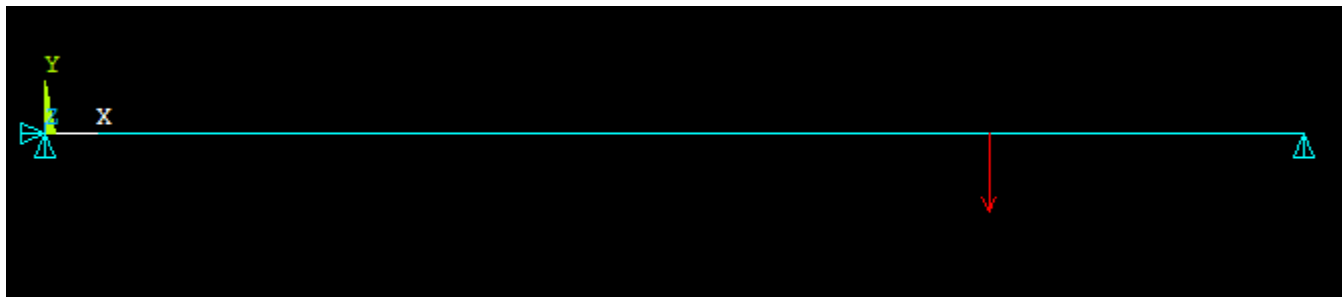
- **Chargement**

Chargement vertical $F_y = -2000\text{N}$ au point 3

- **Conditions initiales**

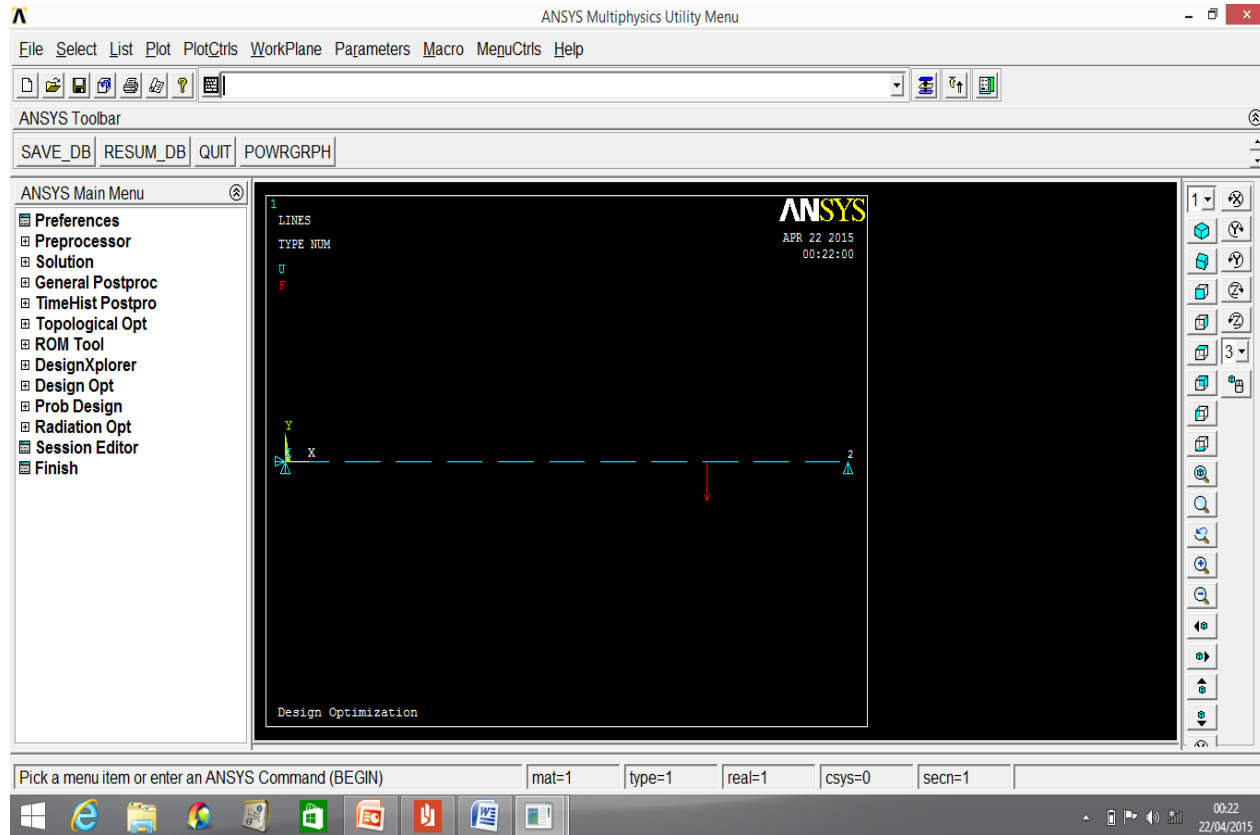
Point1 : $U_x = U_y = 0$

Point2 : $U_y = 0$



Application 1 : optimisation d'un poutre

•Maillage

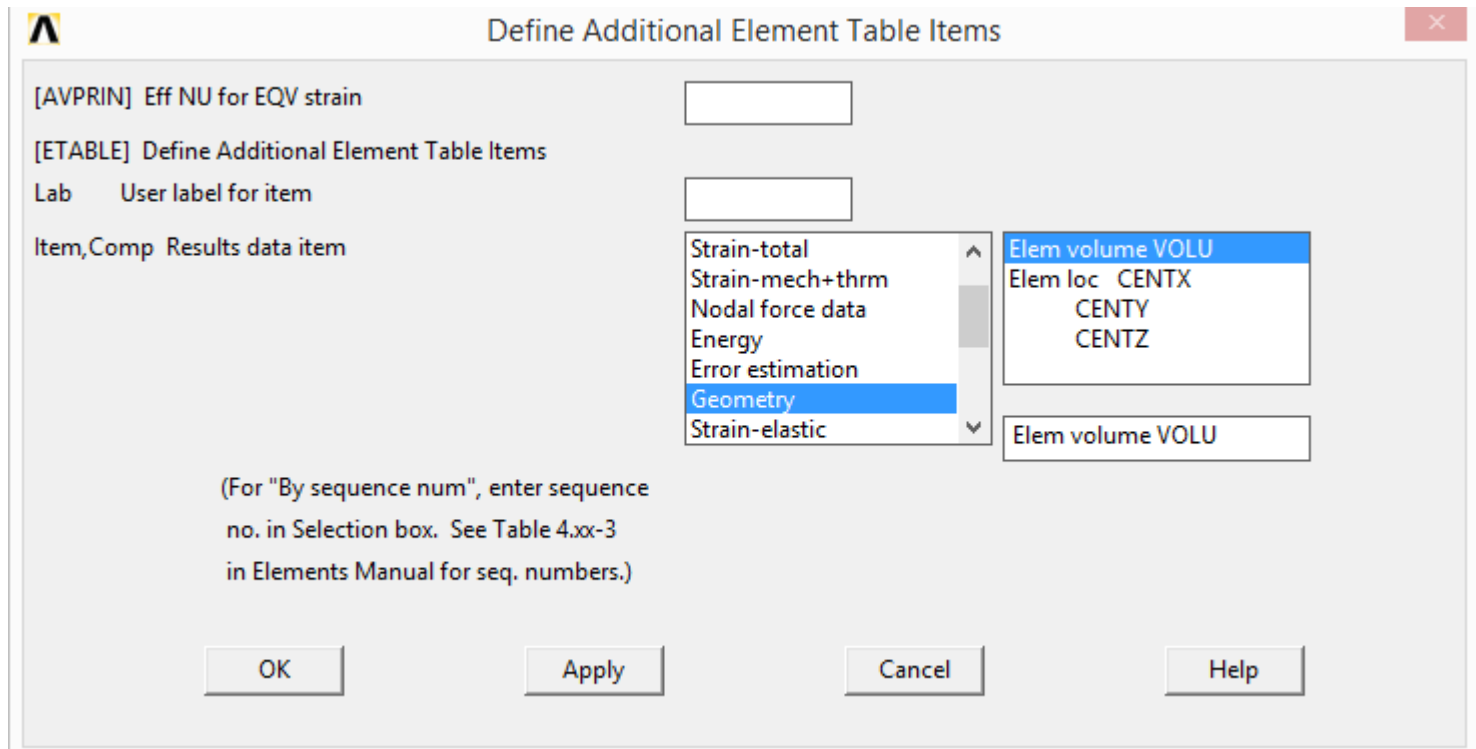


•Résolution

Application 1 : optimisation d'un poutre

•Extraction des résultats

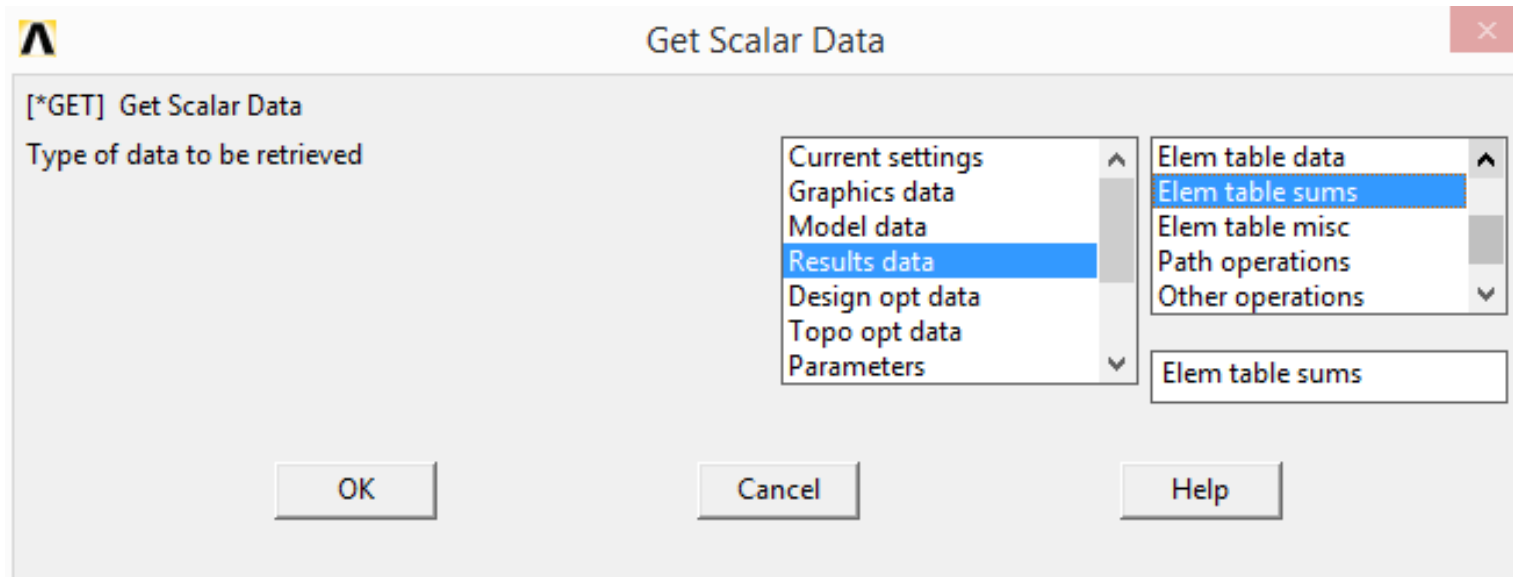
• Volume



Application 1 : optimisation d'un poutre

•Extraction des résultats

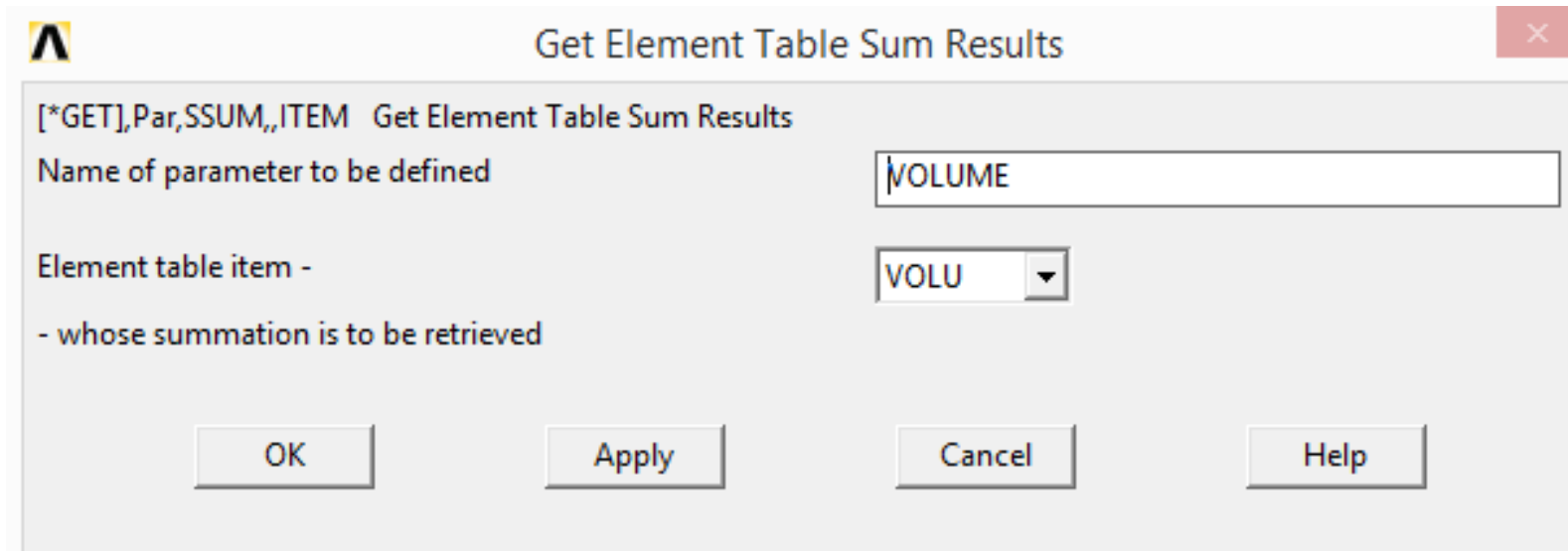
Sauvegarder le volume total dans un paramètre défini



Application 1 : optimisation d'un poutre

•Extraction des résultats

Sauvegarder le volume total dans un paramètre défini



ANSYS Get Element Table Sum Results

[*GET],Par,SSUM,,ITEM Get Element Table Sum Results

Name of parameter to be defined

Element table item -

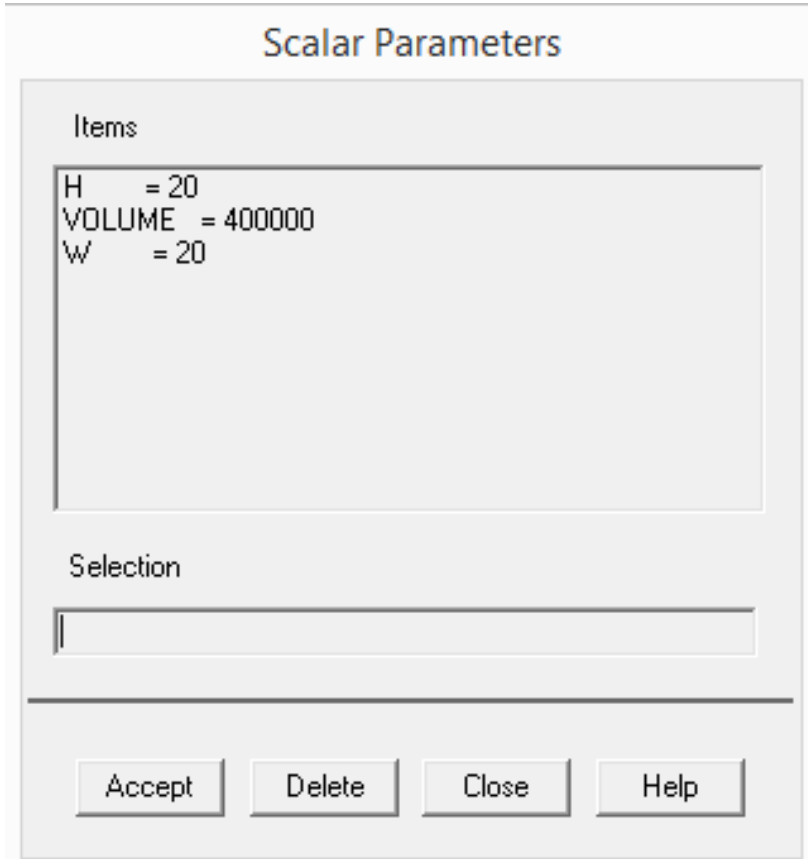
- whose summation is to be retrieved

OK Apply Cancel Help

Application 1 : optimisation d'un poutre

•Extraction des résultats

Sauvegarder le volume total dans un paramètre défini



Scalar Parameters

Items

```
H = 20
VOLUME = 400000
W = 20
```

Selection

Accept Delete Close Help

Application 1 : optimisation d'un poutre

- **Extraction des résultats**

- Contrainte maximale

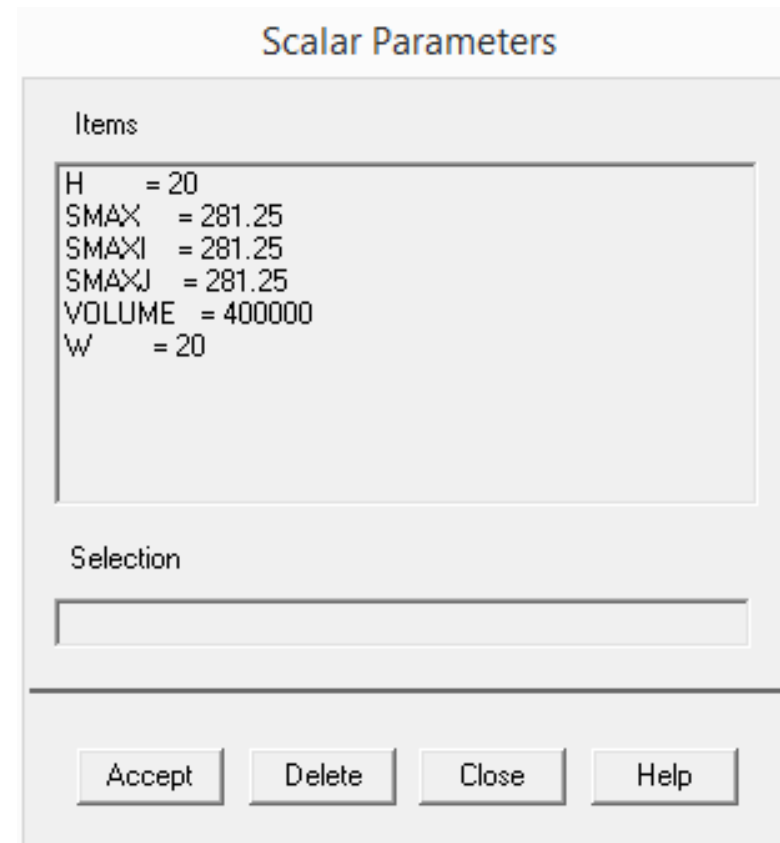
- ✓ Définir S_{MAX_I}
 - ✓ Définir S_{MAX_J}
 - ✓ Définir $S_{MAX} = \max(S_{MAX_I}, S_{MAX_J})$

Application 1 : optimisation d'un poutre

• Optimisation de conception

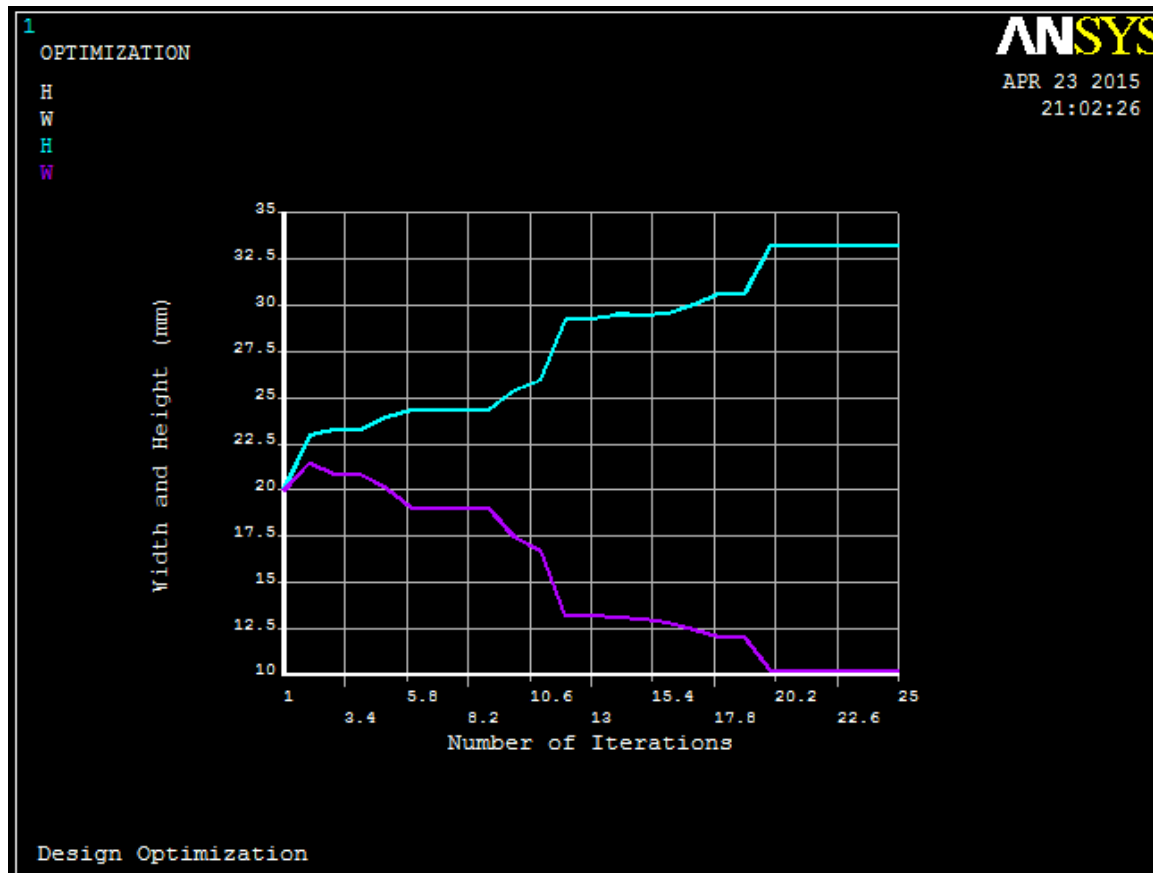
- ✓ Définir les variables d'optimisation
 - les variables de conception H et W
 - la variable d'état : SMAX
 - la fonction objective : VOLUME

- ✓ Définir la méthode d'optimisation
- ✓ Définir le nombre d'itérations
- ✓ Exécuter le programme d'optimisation



Application 1 : optimisation d'un poutre

Résultats



Application 1 : optimisation d'un poutre

Résultats

		SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
		(INFEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)
SMAX	(SV)	> 281.25	198.98	199.48	199.59
H	(DV)	20.000	22.946	23.267	23.263
H	(DV)	20.000	21.476	20.836	20.832
VOLUME	(OBJ)	0.40000E+06	0.49279E+06	0.48479E+06	0.48460E+06
		SET 5	SET 6	SET 7	SET 8
		(FEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)
SMAX	(SV)	195.99	199.43	199.62	199.73
H	(DV)	23.930	24.348	24.341	24.338
H	(DV)	20.048	19.031	19.025	19.018
VOLUME	(OBJ)	0.47975E+06	0.46337E+06	0.46308E+06	0.46286E+06
		SET 9	SET 10	SET 11	SET 12
		(FEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)
SMAX	(SV)	199.81	199.88	199.90	199.79
H	(DV)	24.351	25.389	25.940	29.236
H	(DV)	18.991	17.463	16.727	13.176
VOLUME	(OBJ)	0.46245E+06	0.44337E+06	0.43391E+06	0.38521E+06
		SET 13	SET 14	SET 15	SET 16
		(FEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)	(FEASIBLE)
SMAX	(SV)	199.47	197.57	199.77	199.90
H	(DV)	29.260	29.523	29.479	29.618
H	(DV)	13.175	13.066	12.960	12.831
VOLUME	(OBJ)	0.38551E+06	0.38575E+06	0.38206E+06	0.38002E+06
		SET 17	SET 18	SET 19	SET 20

Scalar Parameters

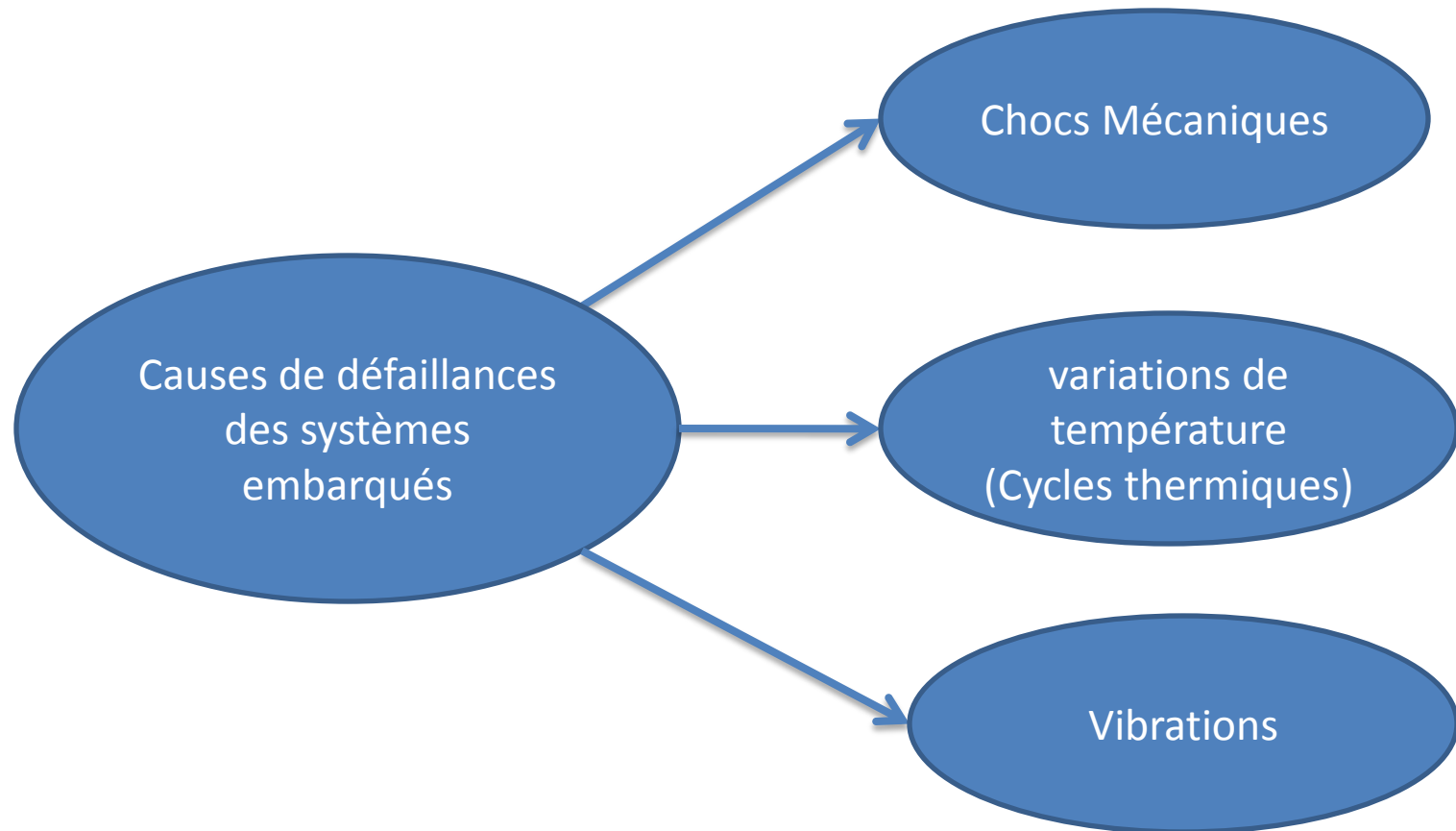
Items

H = 33.2730402
SMAX = 199.906258
SMAXI = 199.906258
SMAXJ = 199.906258
VOLUME = 338270.125
W = 10.1664928

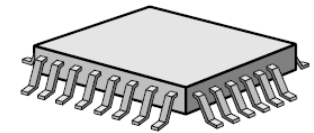
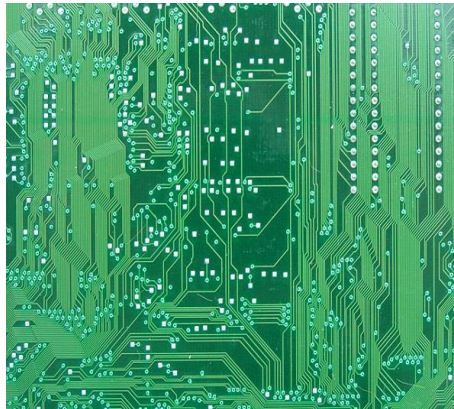
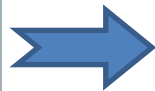
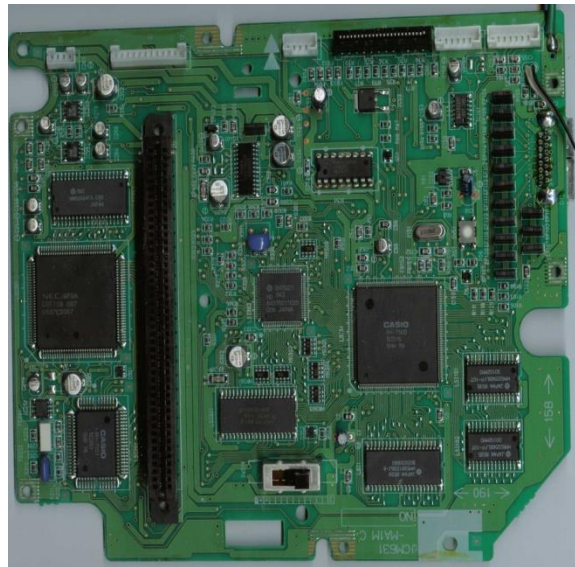
Selection

Accept Delete Close Help

Application 2 : optimisation d'une carte électronique



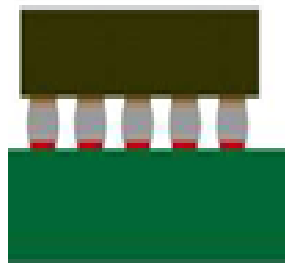
Application 2 : optimisation d'une carte électronique



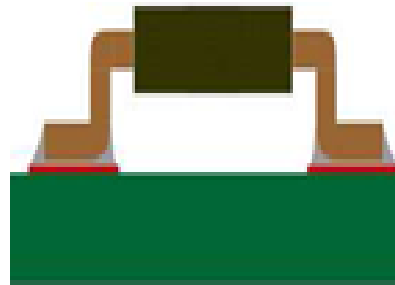
Constitution d'une carte électronique

Application 2 : optimisation d'une carte électronique

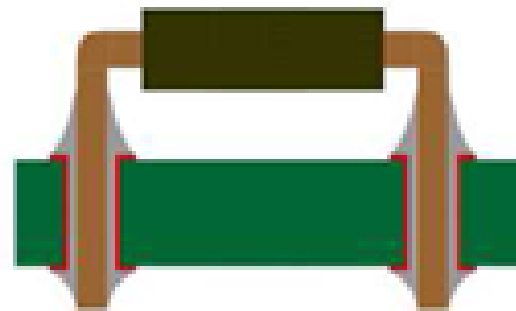
Fatigue thermique



composant à billes



composant à pattes



composant à broches

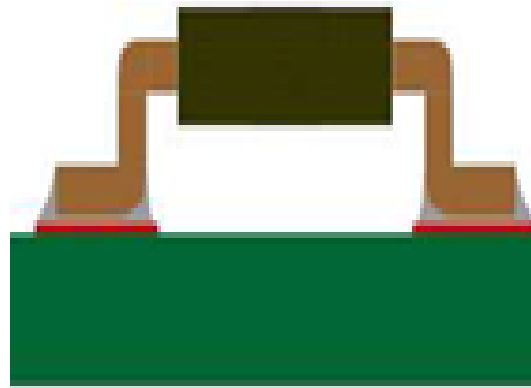


Assemblage direct

Types de composants électroniques

Application 2 : optimisation d'une carte électronique

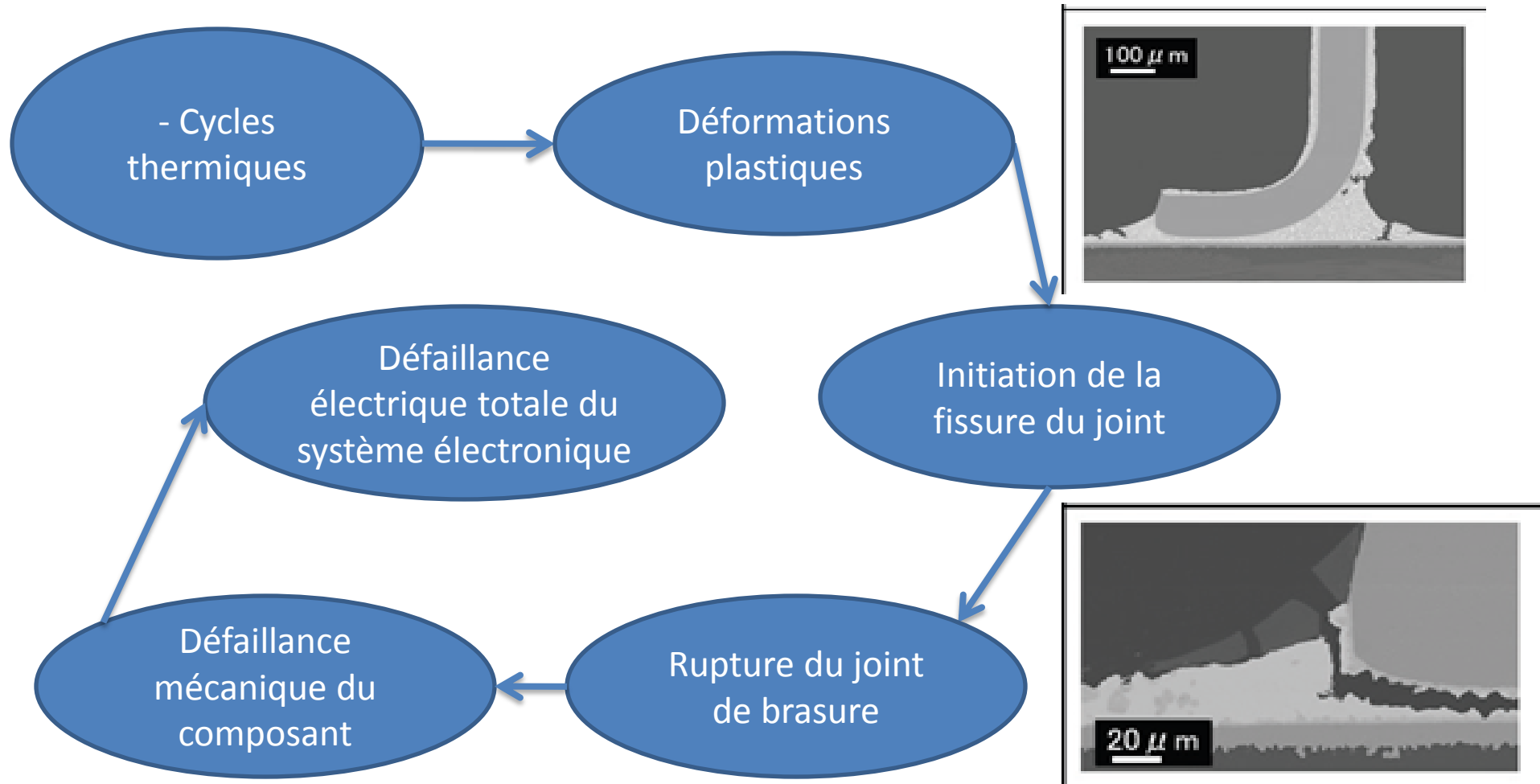
Fatigue thermique



composant à pattes

Types de composants électroniques

Application 2 : optimisation d'une carte électronique



Application 2 : optimisation d'une carte électronique

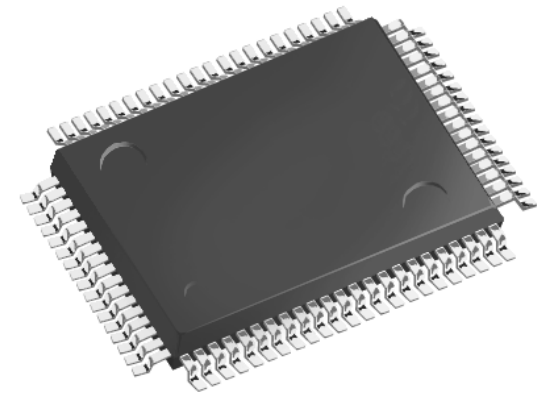
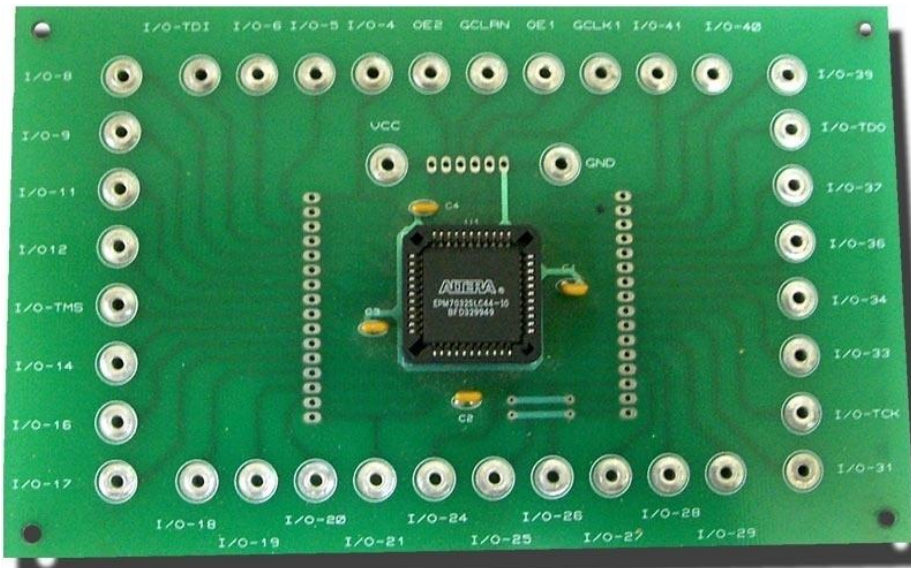
Les objectifs de cette étude :

- Développer un modèle numérique pour la simulation de la fatigue d'une carte électronique
- Prédire la durée de vie en fatigue des joints de brasure
- Optimisation la géométrie du joint de brasure

Application 2 : optimisation d'une carte électronique

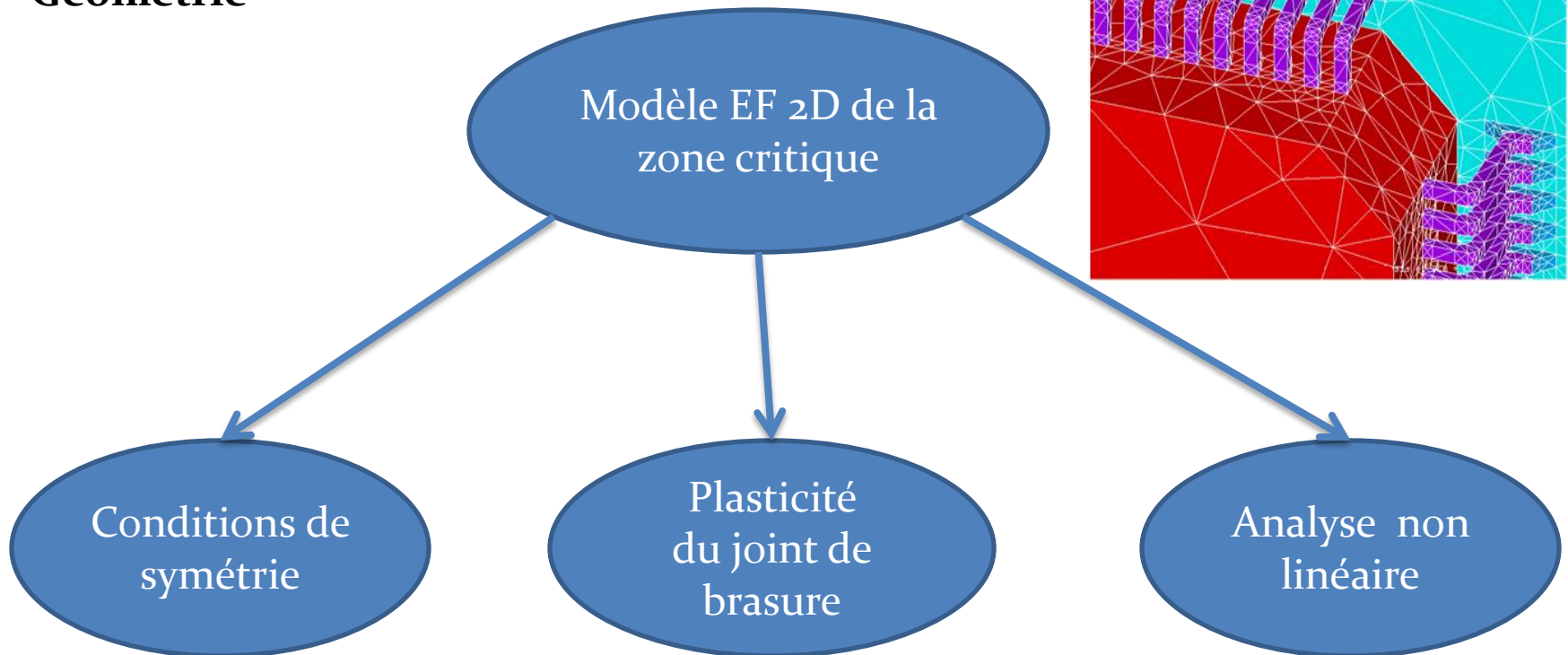
•Géométrie

- ✚ La carte électronique est composée d'un microcontrôleur de type 256 pin PQFP
- ✚ Brasure sans plomb dénommée SAC305 (96.5% étain, 3% argent, et 0.5% cuivre).



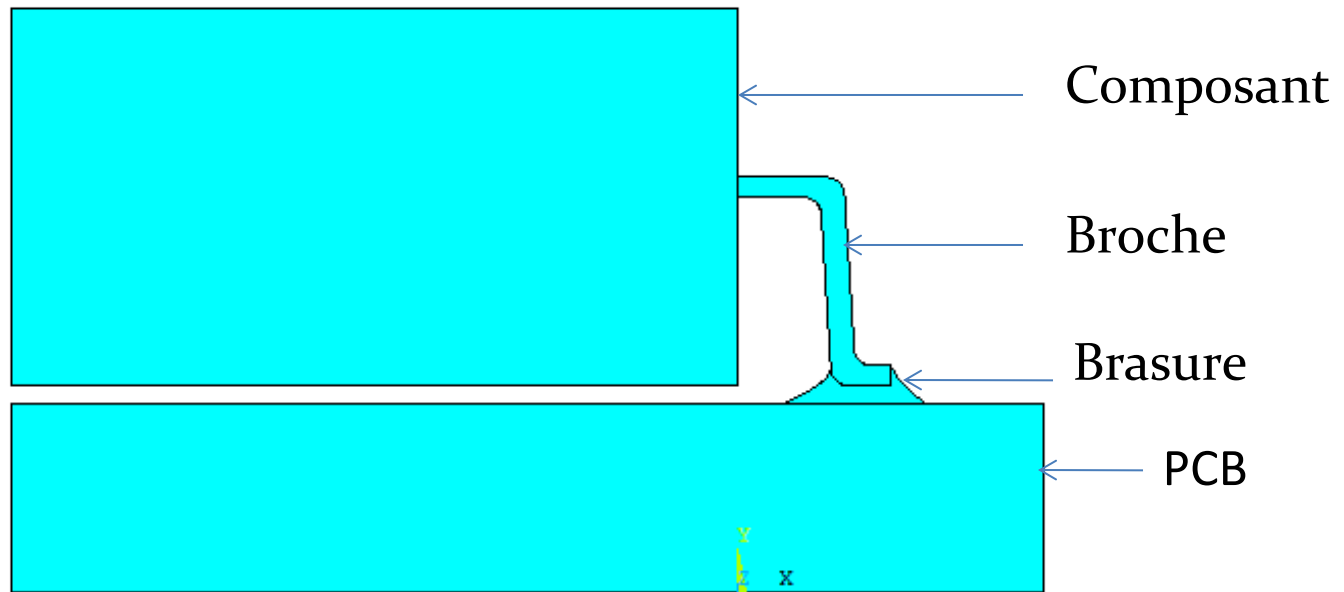
Application 2 : optimisation d'une carte électronique

•Géométrie



Application 2 : optimisation d'une carte électronique

•Géométrie



PCB : FR₄

Composant : Résine EPOXY

Broche : cuivre

Brasure : SAC305 (96.5% étain, 3% argent, et 0.5% cuivre)

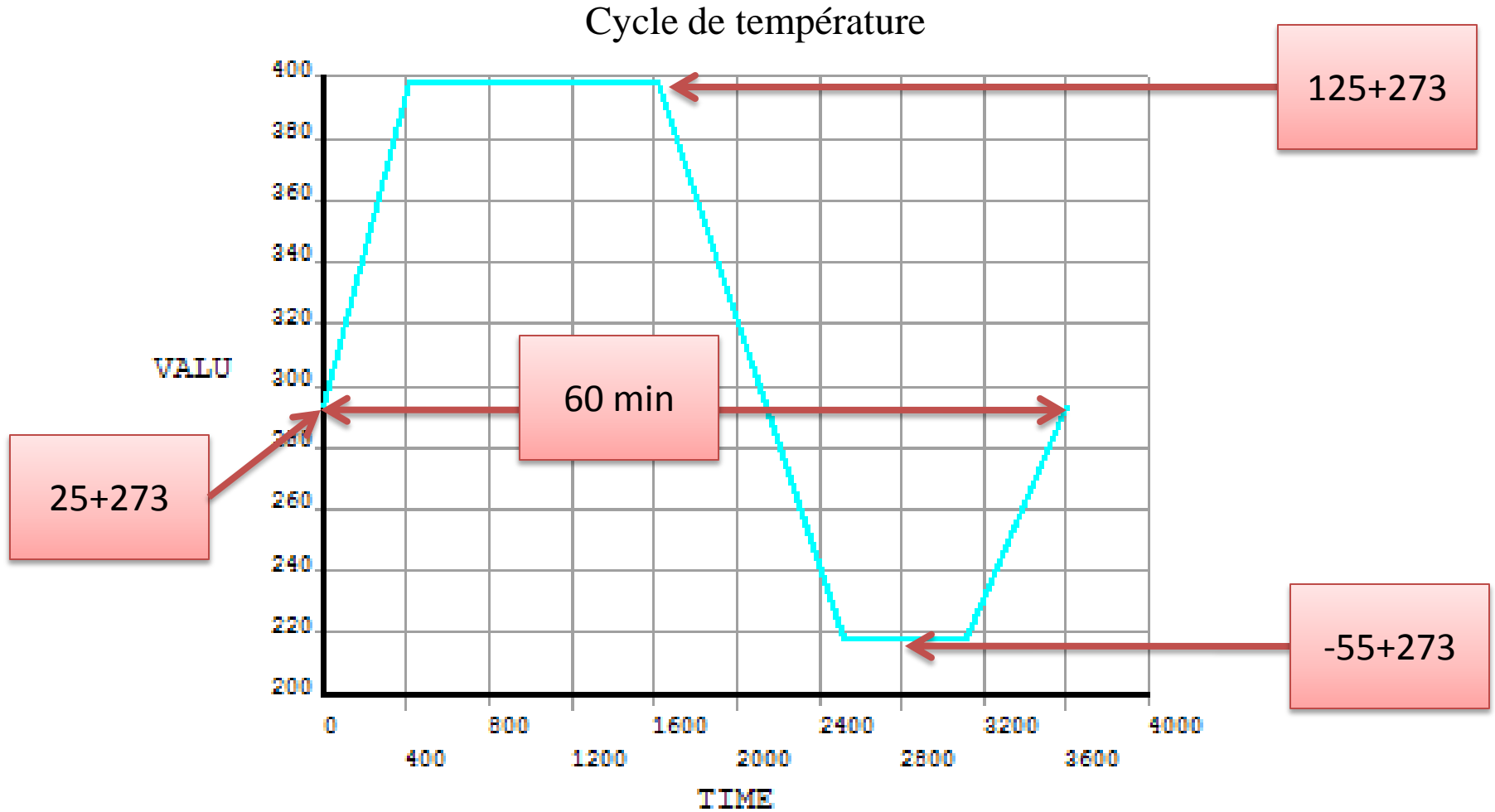
Application 2 : optimisation d'une carte électronique

•Propriétés matériaux :

Propriétés des matériaux	SAC305	FR4	Résine EPOXY	Cu
Module de Young (GPa)	51.3	17	17	115
Coefficient de Poisson	0.35	0.39	0.24	0.31
Densité (Kg/m ³)	7400	1800	1800	8890
CTE (µm/K)	20	18	22	17
Module de cisaillement(GPa)	19	2.4	7.4	44

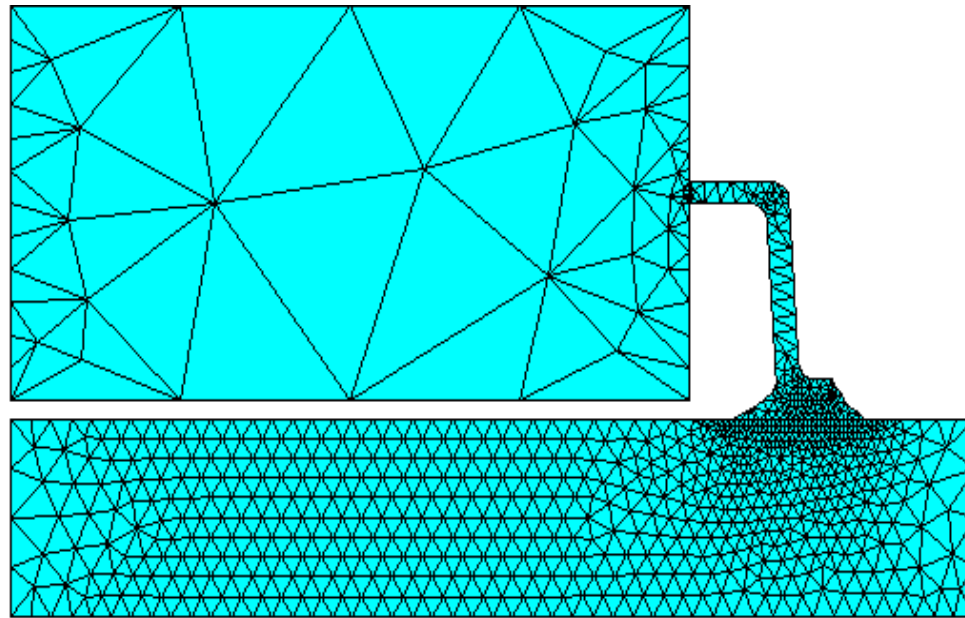
Application 2 : optimisation d'une carte électronique

• Chargement



Application 2 : optimisation d'une carte électronique

•Maillage



•Résolution

Application 2 : optimisation d'une carte électronique

•Extraction des résultats

Modèle de fatigue appliqué à la brasure

$$N_f = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta \varepsilon_p}{\varepsilon_f} \right)^{\frac{1}{c}}$$

$\Delta \varepsilon_p$ variation de la déformation plastique au niveau du joint de brasure

ε_f coefficient de ductilité

N_f nombre de cycles de la fatigue.

Modélisation de la carte

modèle de fatigue du joint



Prédire le nombre de cycles de fatigue
avant défaillance **$N_f = 700$ cycles**

Application 2 : optimisation d'une carte électronique

Méthode hybride

Algorithme
génétique

Optimisation par
essaim de
particules

✚ Génération de la population initiale

✚ Sélection

✚ Croisement et mutation

✚ Recherche en voisinage de la meilleure position

✚ Injection des meilleurs particules

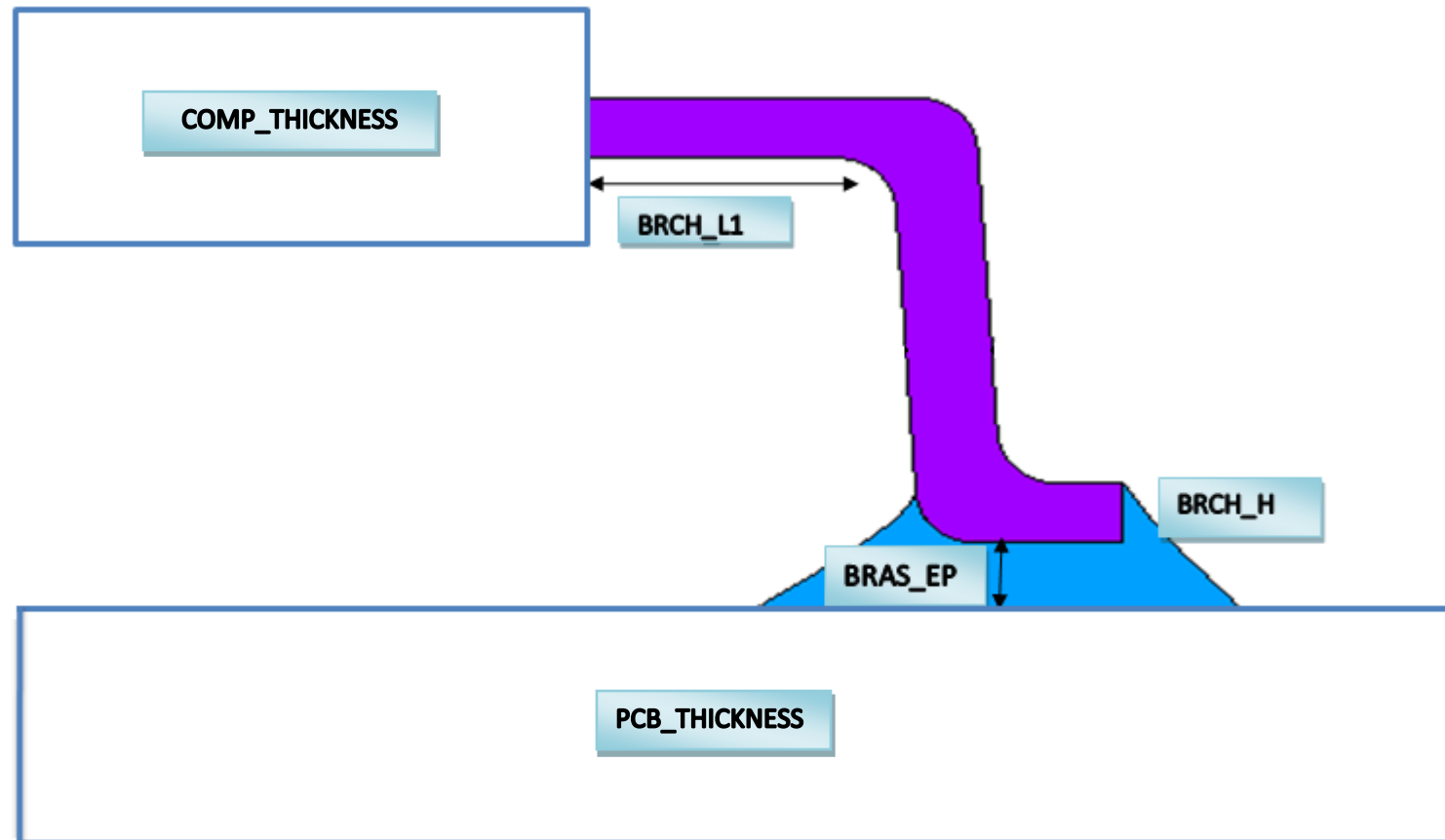
Application 2 : optimisation d'une carte électronique

Méthode hybride

- ✚ Génération de la population initiale
- ✚ Sélection
- ✚ Recherche en voisinage de la meilleure position
- ✚ Injection des meilleurs particules

Application 2 : optimisation d'une carte électronique

Paramètres d'optimisation



Application 2 : optimisation d'une carte électronique

$$\left\{ \begin{array}{l} \max f(x) = \max Nf \\ 0.1 \leq \text{BRAS_E} \leq 0.25 \\ 0.5 \leq \text{BRCH_L}_1 \leq 1 \\ 0.1 \leq \text{BRCH_H} \leq 0.4 \end{array} \right.$$

$$\text{Avec } N_f = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta \varepsilon_p}{\varepsilon_f} \right)^{\frac{1}{c}}$$

Application 2 : optimisation d'une carte électronique

Résultats

Paramètres	Calcul sans optimisation	Méthode d'optimisation
BRAS_EP (mm)	0.15	0.17
BRCH_L1 (mm)	0.7	0.75
BRCH_H (mm)	0.17	0.17
NF	676.45	899

Conclusion

- ✚ Dans la première application l'optimisation a permis de minimiser la contrainte maximale dans la plaque.
- ✚ L'optimisation est réalisée directement sous le logiciel Ansys
- ✚ Dans la deuxième application l'optimisation par la méthode hybride a contribué à l'amélioration de la durée de vie du joint de brasure et par conséquent la durée de vie de la carte électronique.

Conclusion

- ✚ Modélisation et calcul sous Ansys et l'algorithme d'optimisation sous Matlab .
- ✚ Algorithme d'optimisation sous Matlab permet plus de flexibilité dans le choix de la méthode d'optimisation.
- ✚ Possibilité d'utilisation des méthodes hybrides.