



**HAL**  
open science

# Optimisation et modélisation du comportement mécanique des assemblages collés

Kada Louali

► **To cite this version:**

Kada Louali. Optimisation et modélisation du comportement mécanique des assemblages collés. CFM 2013 - 21ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2013, Bordeaux, France. <hal-03440473>

**HAL Id: hal-03440473**

**<https://hal.science/hal-03440473v1>**

Submitted on 22 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Optimisation et modélisation du comportement mécanique des assemblages collés

K. LOUALI<sup>a</sup> ; A. GHAZI<sup>a-b</sup> ; A. MILOUDI<sup>a-b</sup>

a. University of Mascara

b. Laboratory of Materials and Reactive Systems LMSR, Mechanical Department of Engineering,,  
University Djillali Liabes Sidi Bel Abbes, (Algeria)

## Résumé :

*Dans le domaine aéronautique, la réduction du poids des structures est une exigence. La présente étude formule un ensemble de recommandations concernant le choix des différents facteurs qui peuvent influencer sur l'assemblage collé à simple recouvrement et de trouver un modèle mathématique qui peut relier entre ces différents facteurs choisis. Il a ainsi été montré que les paramètres les plus influents sont dans l'ordre : Longueur du recouvrement, L'épaisseur de l'adhésive, Largeur du recouvrement, Le module de cisaillement de l'adhésive, L'épaisseur des substrats, Le module de Young des substrats et le coefficient de poisson. Le travail en général, peut se concevoir comme une étude comparative entre les résultats obtenus calculés par la méthode des éléments finis et ceux calculés par plan d'expérience (contrainte optimisée). L'étude est enrichie par le traitement du phénomène de rupture de l'adhésif pour les assemblages à simple joint de recouvrement.*

## Abstract:

*In the aeronautical field, reducing the weight of structures is a requirement. This study to formulate a set of recommendations regarding the selection of different factors that can affect the glued single collection and find a mathematical model that can connect between these selected factors. It has been shown that the most influential parameters are in order: Length of recovery, the thickness of the adhesive Depositing recovery, the shear modulus of the adhesive, the thickness of the substrates, the module Young substrates and Poisson's ratio. Work in general, can be seen as a comparative study between results calculated by the finite element method and those calculated by the experimental design (optimized constraint). The study is enhanced by treatment of the phenomenon of failure of adhesive joints for single lap joint.*

**Mots clefs :** collage, adhésive, longueur, largeur, épaisseur

## 1 Influence des facteurs choisis sur la réponse (la contrainte tangentielle maximale)

La difficulté de déduire les paramètres optimales pour donné un bon structure colle dans le fait que la cette technique est un processus multifactoriel interdépendant, il est donc très important de formuler l'ensemble des paramètres qui ont une grande influence sur cette dernière. Les différents paramètres variables de la structure collée sont :

Longueur du recouvrement (20 à 60 mm), L'épaisseur de l'adhésive (0.4 à 2mm) Largeur du recouvrement (10 à 40mm), Le module de cisaillement de l'adhésive (200 à 1000 Mpa), L'épaisseur des substrats.  $\nu = 0.33$ , Le module de Young des substrats.  $E = 73100 \text{ MPa}$  et le coefficient de poisson  $\nu = 0.33$ .

Pour une bonne compréhension du bon collage, et l'interdépendance qui existe entre ces différents paramètres, il est intéressant d'étudier le maximum de paramètres à la fois.

Pour notre étude, nous avons considéré quatre paramètres variables, longueur du recouvrement, l'épaisseur de l'adhésive, largeur du recouvrement et le module de cisaillement de l'adhésive.

Comme on a adopté un plan d'expériences complet de 4 facteurs à 2 niveaux, le modèle de l'expérimentateur est quadratique et a la forme suivante : [1]

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^4 a_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq 4} a_{ij} x_j + \sum_{i=1}^4 a_{ii} x_i^2 + e \quad (1)$$

$y$  est la réponse

$x_i, x_j$  représente le niveau attribué au facteur  $i$  et  $j$ .

$a_0$  est la valeur de la réponse au centre du domaine d'étude.

$a_i$  est l'effet (ou effet principal) du facteur 1.

$a_j$  est l'effet (ou effet principal) du facteur 2.

$a_{ij}$  est l'interaction entre les facteurs 1 et 2.

$e$  est l'écart.

## 1.1 Les effets des paramètres linéaires les plus influents sur le recouvrement

A partir des modèles mathématiques obtenus, on peut déterminer l'influence de chaque facteur sur chacune des réponses, en traçant la variation des réponses en fonction de ces facteurs choisis.

L'augmentation au niveau de ce module conduit à une augmentation de la contrainte max.

la contrainte max (tangentielle  $\tau_{ZY}$ ) diminue lorsque l'épaisseur de l'adhésif augmente, l'augmentation de l'épaisseur de l'adhésif accroît le risque de dégradation des propriétés mécaniques de l'adhésif et la ruptures.[2]

Accroissement au niveau de la longueur du recouvrement entraîne une augmentation de la contrainte max (tangentielle  $\tau_{ZY}$ ) dans le joint collé. [3]

l'augmentation de la largeur de recouvrement provoque une diminution de la contrainte max, pour une largeur de recouvrement optimale car seules les extrémités du joint travaillent réellement. [4]

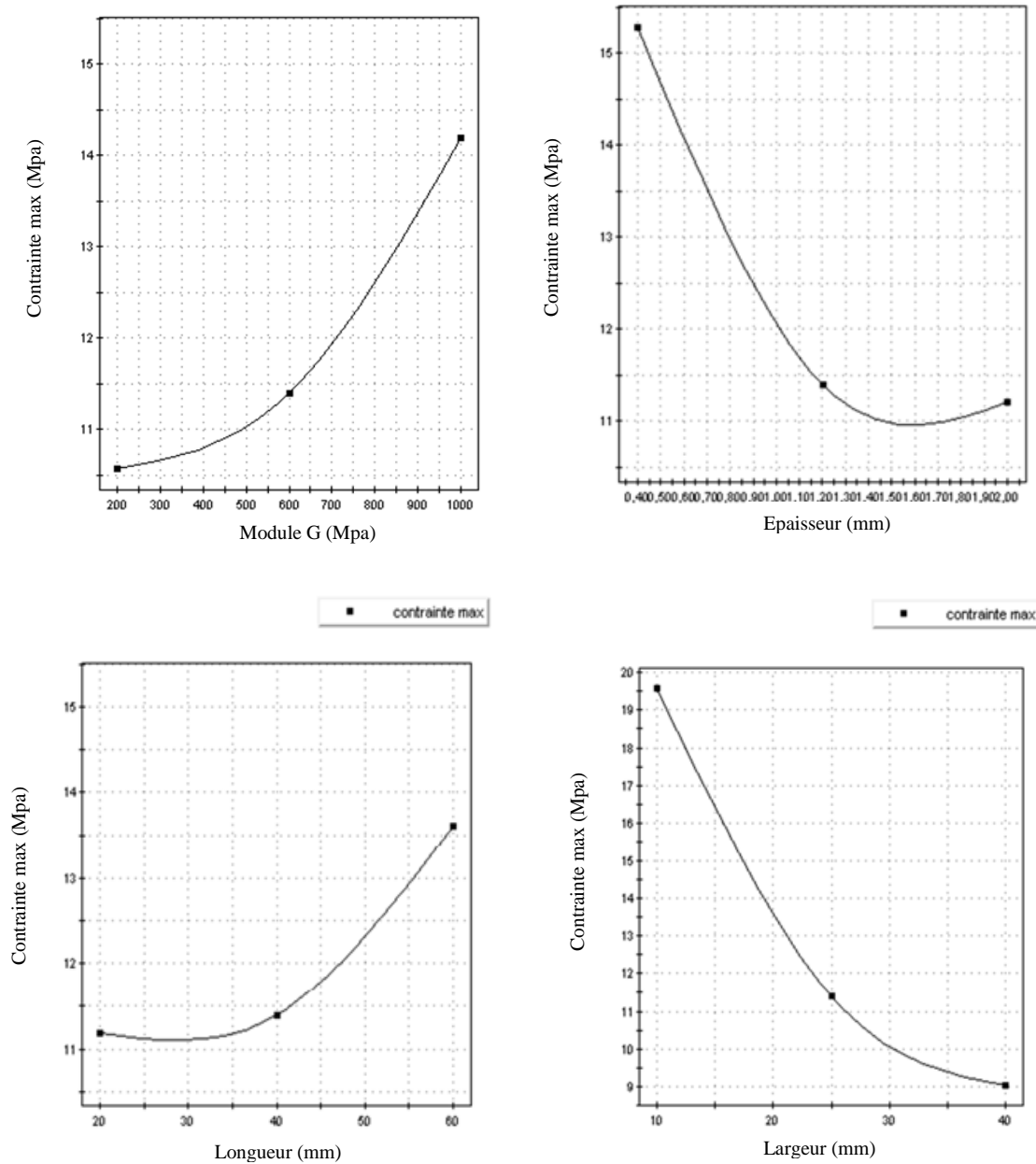


FIG. 1 -Les effets des paramètres linéaires de recouvrement (module G, épaisseur, longueur et la largeur) les plus influents sur la répartition des Contraintes max.

## 1.2 Les effets des interactions sur la Contraintes max.

Dans cette étape d'analyse nous élargissons nos commentaires en prenant en compte cette fois-ci une interaction entre deux facteurs tout en gardant l'un des 3 constant cette décision nous permet de visualiser la variation du contrainte max par un graphe en 3 dimensions.

l'augmentation du module de cisaillement de la colle a une influence négative sur la contrainte max , on constate que l'intervalle de module varie entre 200 et 600 MPa, par contre l'épaisseur de l'adhésif joue le rôle contraire, plus l'épaisseur augmente plus les contrainte dans l'adhésif diminue

Il s'agit dans ce cas de fixer le module G, On constate que l'interaction entre l'épaisseur de la colle et la longueur de recouvrement donne un domaine de collage, l'épaisseur varie entre 1.5 et 2 mm, et la longueur entre 20 et 35 mm.

L'épaisseur n'a aucun effet sur la contrainte par contre l'augmentation de la largeur diminue la contrainte jusqu'à une valeur minimale de 8.52 MPa.

Pour des valeurs de la longueur qui varie entre 20 et 60 mm, la contrainte reste max si la largeur varie entre 10 et 20 mm. Si on dépasse cette valeur de la largeur c'est-à-dire la largeur varie entre 20 et 40 mm, la contrainte diminuée pour atteindre la valeur minimale 8.02 MPa.

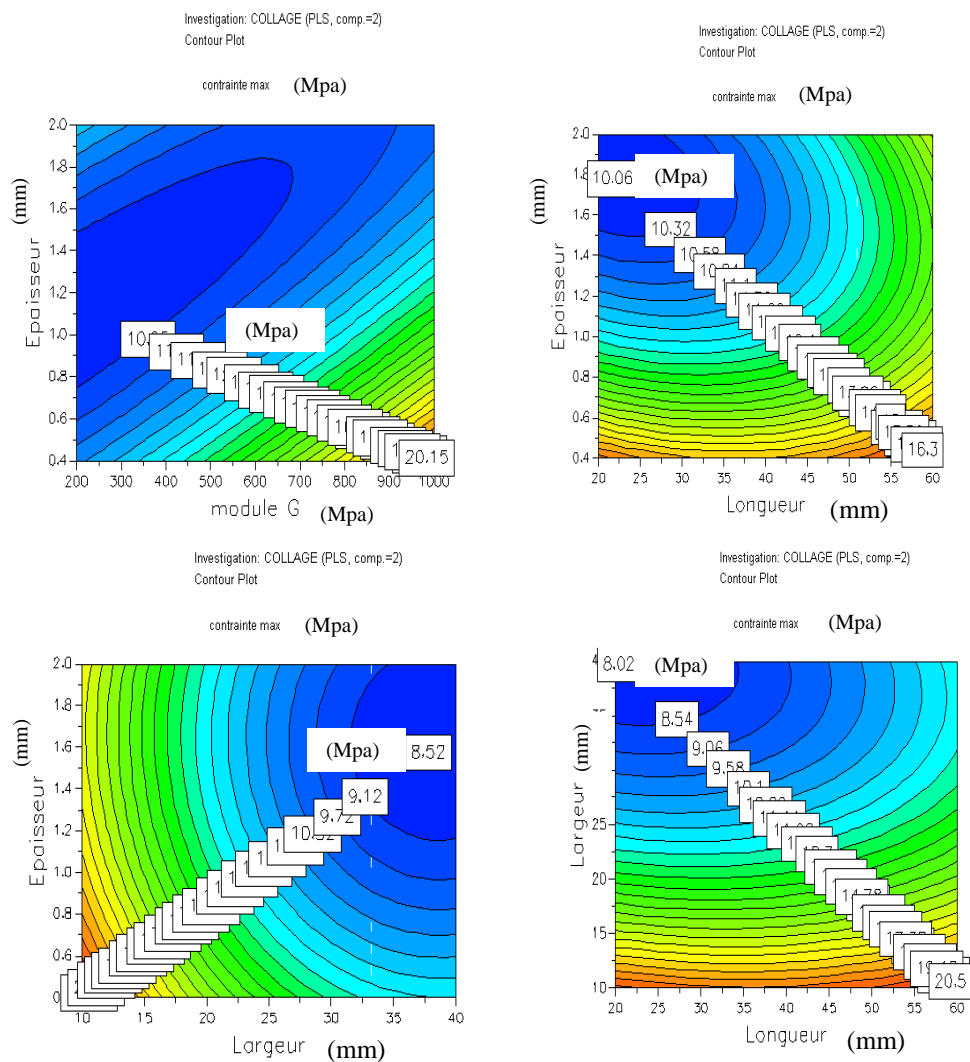


FIG. 2 -Les effets des interactions sur la Contraintes max.

### 1.3 Les effet des différents facteurs sur la contrainte max

La figure 3 présente les effets de tous les termes des facteurs (linéaires, croisés et quadratiques).

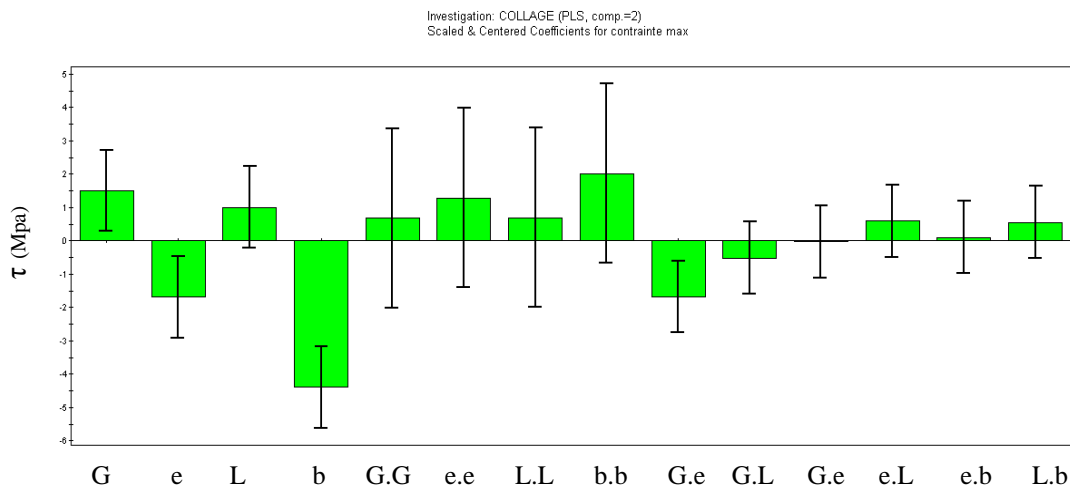


FIG. 3 - les effets des différents facteurs sur la contrainte max.

Modèle mathématique: Le plans d'expérience utilisé dans cette étude est un plan complet quadratique, c'est-à-dire qu'on traite avec un modèle mathématique du seconde degré, le modèle mathématique est alors exprimé comme suit :

$$\begin{aligned}
 \tau_{ZY} = & 11.3968 + 1.50543 \left( \frac{G - G_{moy}}{\Delta p_G} \right) - 1.69086 \left( \frac{e - e_{moy}}{\Delta p_e} \right) + 1.00872 \left( \frac{L - L_{moy}}{\Delta p_L} \right) \\
 & - 4.39417 \left( \frac{b - b_{moy}}{\Delta p_b} \right) + 0.682936 \left( \frac{G - G_{moy}}{\Delta p_G} \right)^2 + 1.2801 \left( \frac{e - e_{moy}}{\Delta p_e} \right)^2 + 0.694057 \\
 & \left( \frac{L - L_{moy}}{\Delta p_L} \right)^2 + 2.01443 \left( \frac{b - b_{moy}}{\Delta p_b} \right)^2 - 1.67616 \left( \frac{G - G_{moy}}{\Delta p_G} \right) \left( \frac{e - e_{moy}}{\Delta p_e} \right) - 0.520005 \\
 & \left( \frac{G - G_{moy}}{\Delta p_G} \right) \left( \frac{L - L_{moy}}{\Delta p_L} \right) - 0.0323364 \left( \frac{G - G_{moy}}{\Delta p_G} \right) \left( \frac{b - b_{moy}}{\Delta p_b} \right) + 0.589921 \left( \frac{e - e_{moy}}{\Delta p_e} \right) \\
 & \left( \frac{L - L_{moy}}{\Delta p_L} \right) + 0.102253 \left( \frac{e - e_{moy}}{\Delta p_e} \right) \left( \frac{b - b_{moy}}{\Delta p_b} \right) + 0.554001 \left( \frac{L - L_{moy}}{\Delta p_L} \right) \left( \frac{b - b_{moy}}{\Delta p_b} \right)
 \end{aligned}$$

Pour étudier l'influence de ces facteurs sur la contrainte max on fait appel à la méthodologie des plans d'expérience qui permet d'atteindre une meilleure connaissance des phénomènes observés par un minimum d'essais. L'avantage essentiel de cette méthode, c'est l'interprétation rapide et sans équivoque des résultats des essais.

## References

- [1] GOUPY Jacques «Introduction aux Plans d'expériences». Dunod. Paris. (2001).
- [2] J.P. Géraud Quelle épaisseur de colle choisir pour un assemblage collé ?  
Matériaux et techniques, Juin-Juillet 1980.
- [3] Megueni A, Tounsi A, Bachir Bouiadjra B, Serier B. The effect of bonded hygrothermal aged composite patch on the stress intensity factor for repairing cracked metallic structures. *Compos Struct* 2003;62:171–6.
- [4] A. Roy Comportement mécanique en sollicitations monotone et cyclique d'assemblages collés composite-composite et composite-acier. Thèse. Université de Poitiers. Janvier 1994