



**HAL**  
open science

## Calcul des inserts de structures sandwichs : état de l'art et perspectives

Bruno Castanié, Juan de Dios Rodriguez-Ramirez, Christophe Bouvet,  
Jean-Paul Giavarini

### ► To cite this version:

Bruno Castanié, Juan de Dios Rodriguez-Ramirez, Christophe Bouvet, Jean-Paul Giavarini. Calcul des inserts de structures sandwichs : état de l'art et perspectives. SUPMECA Assemblages mécaniques - Evolutions récentes et perspectives 2015, Jul 2015, Saint-Ouen, France. hal-02177040

**HAL Id: hal-02177040**

**<https://hal.science/hal-02177040>**

Submitted on 8 Jul 2019

**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.

**Contexte :** Afin de pouvoir jonctionner les structures sandwich, il est nécessaire de faire un renfort local appelé insert. Les méthodes de dimensionnement de ces inserts sont basées essentiellement sur des formules de type résistance des matériaux (RDM). Cependant les approches analytiques sont très discutables, ce qui produit de larges surdimensionnements car la réalité de l'endommagement est beaucoup plus complexe.

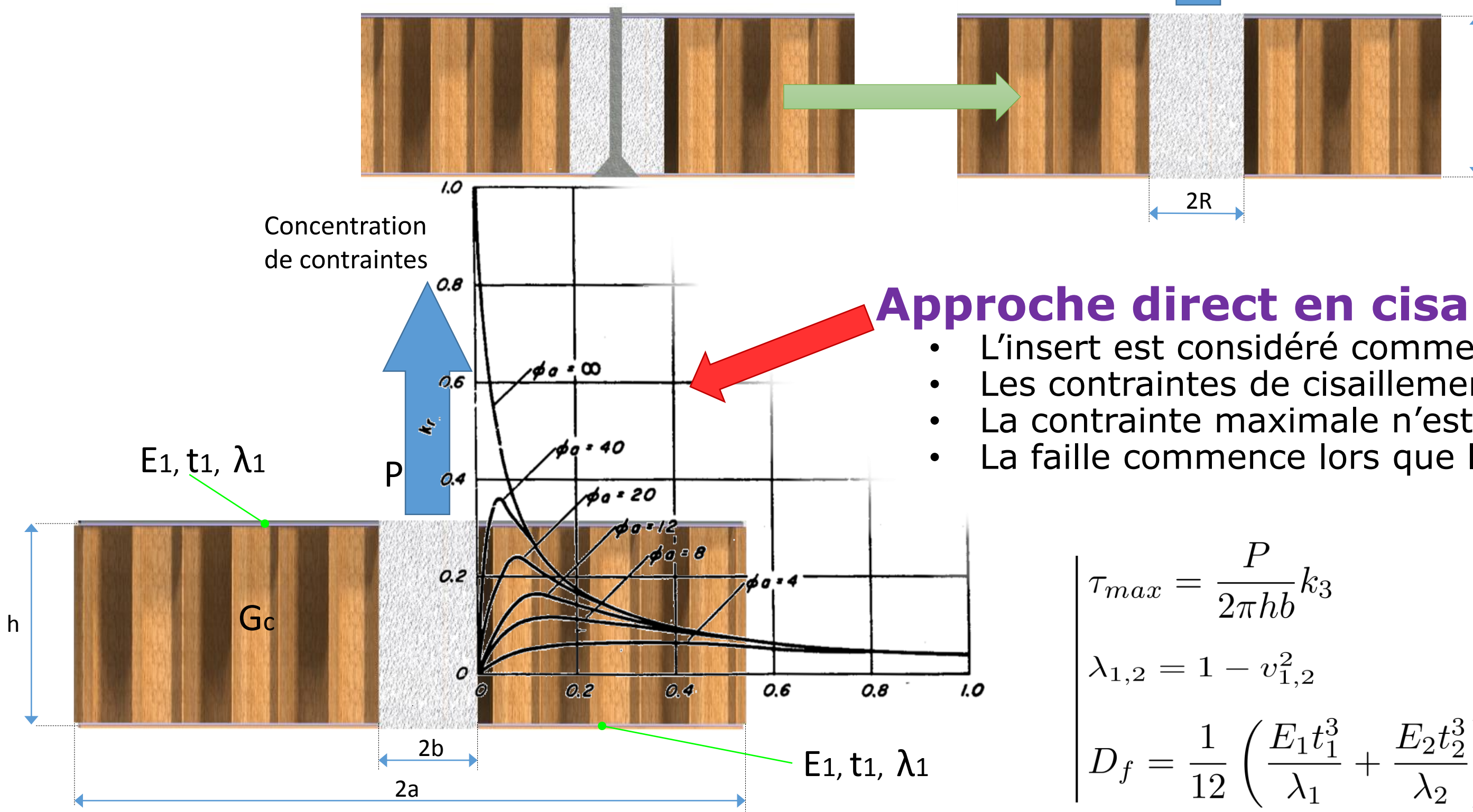
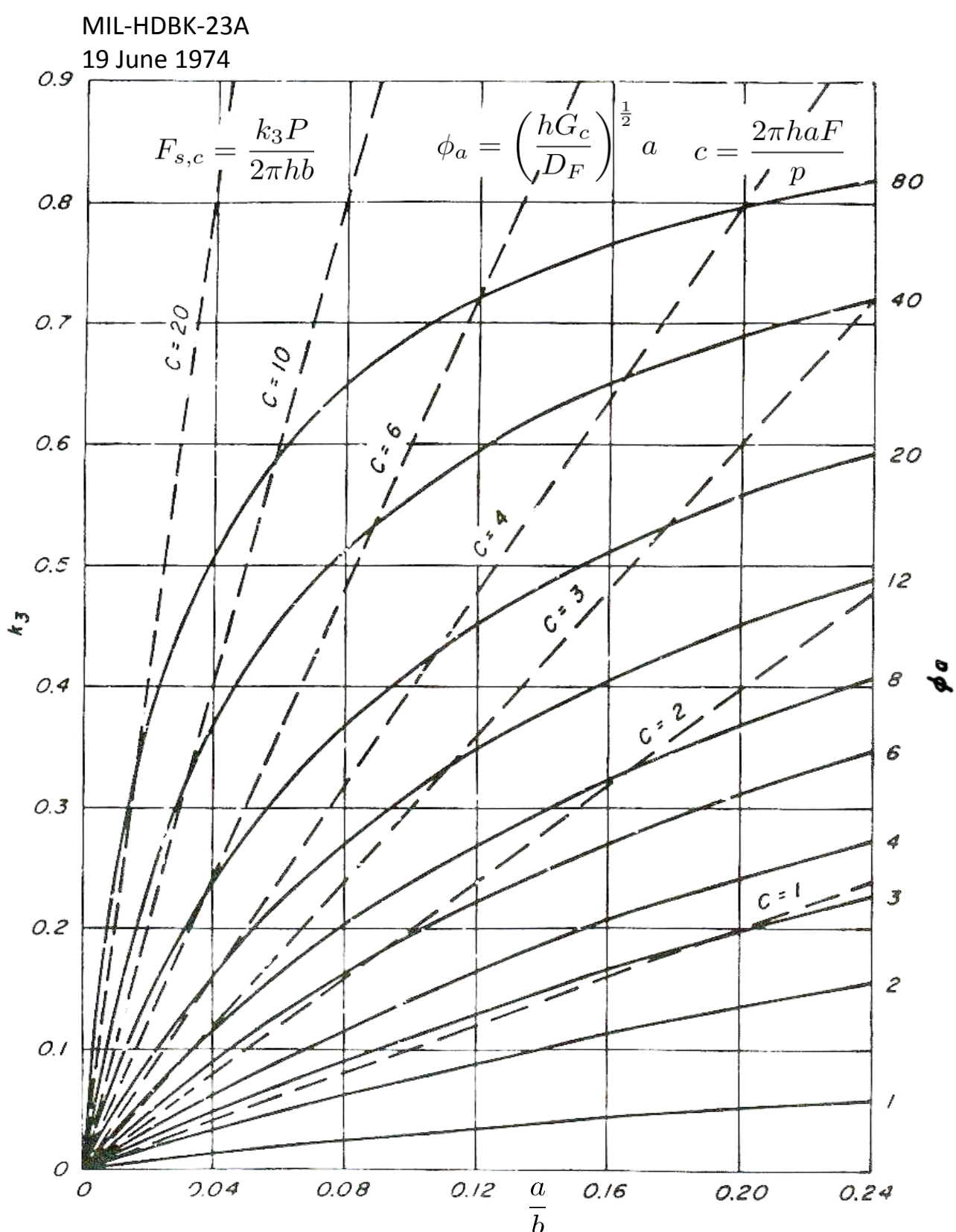
**Perspectives :** La première étape sera de raffiner encore les modèles non linéaires de sorte à prendre en compte de manière exhaustive les modes de rupture pour les principales technologies d'inserts. La deuxième étape sera de définir à l'aide de ces modèles raffinés des « Failure Mode Maps ».

## Méthodes de dimensionnement analytiques et linéaires :

Couramment des approches analytiques sont utilisées pour dimensionner les insert à l'arrachement

### Approche direct en cisaillement :

- L'insert est considéré comme un cylindre rigide qui traverse tout le panneau (âme et peaux).
- L'épaisseur et rigidité des peaux est négligé.
- La contrainte maximale est localisée à l'interface insert/âme
- La faille commence lors que la contrainte maximal au cisaillement de l'âme est atteint.



### Approche direct en cisaillement modifié (Military Handbook 23A) :

- L'insert est considéré comme un cylindre rigide qui traverse tout le panneau (âme et peaux).
- Les contraintes de cisaillement varient selon la distance mesurée depuis l'interface insert/âme.
- La contrainte maximale n'est pas localisée à l'interface insert/âme, mais près de l'interface.
- La faille commence lors que la contrainte maximal au cisaillement de l'âme est atteint.

$$\tau_{max} = \frac{P}{2\pi hb} k_3$$

$$\lambda_{1,2} = 1 - v_{1,2}^2$$

$$D_f = \frac{1}{12} \left( \frac{E_1 t_1^3}{\lambda_1} + \frac{E_2 t_2^3}{\lambda_2} \right)$$

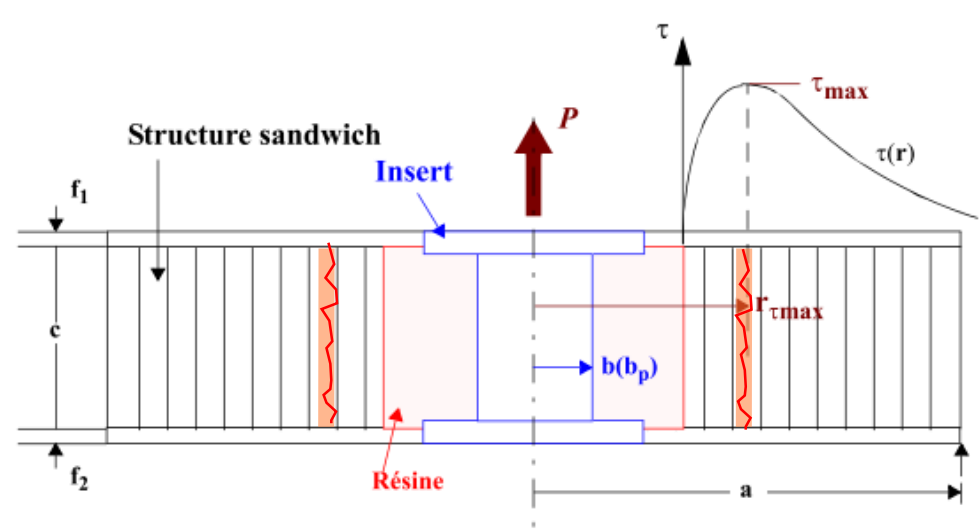


### Dimensionnement à l'aide de l'ESA Design Handbook :

- L'analyse est limitée que à l'utilisation inserts métalliques (fasteners).
- Les dimensions du potting sont standards selon la taille du fastener (l'hauteur et rayon).
- Les valeurs moyennes et minimales de l'effort maximal d'arrachement sont donnés :
  - Les valeurs moyennes sont calculés utilisant les valeurs moyennes des propriétés des peaux et des dimensions des inserts.
  - Les valeurs minimales sont calculés en utilisant les valeurs minimales des propriétés des matériaux et des dimensions des insert
- Les principaux variables qui modifient l'effort d'arrachement sont l'hauteur de l'âme et l'épaisseur des peaux.

#### Cas A et B :

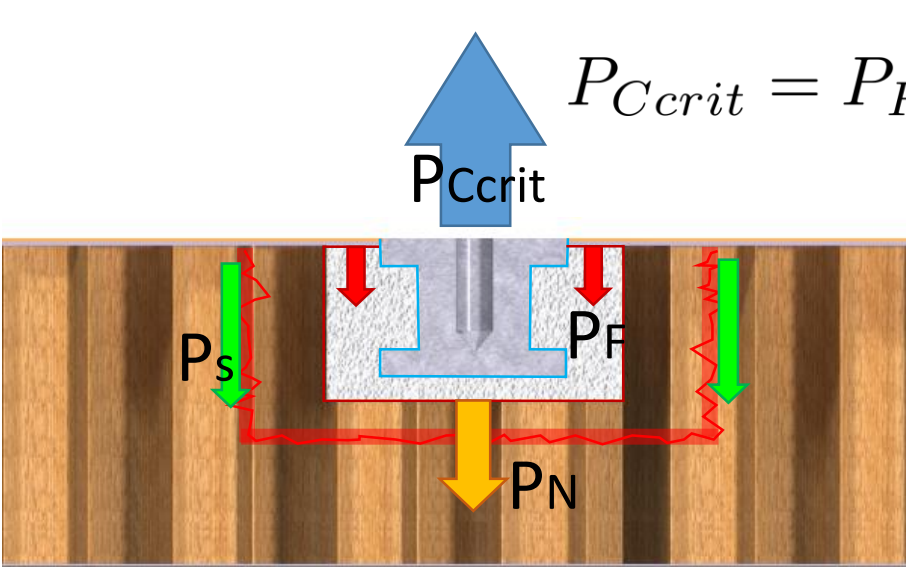
L'hauteur de l'âme et du potting sont similaires, la faille est à cause de la contrainte de cisaillement dans l'âme



$$P_{Acrit} = \frac{2\pi b c \tau_{crit}}{CK_{max}}$$

#### Cas C :

L'hauteur de l'âme est beaucoup plus grande à celle du potting, la faille est à cause des contraintes de cisaillement dans l'âme mais aussi de traction sous le potting.



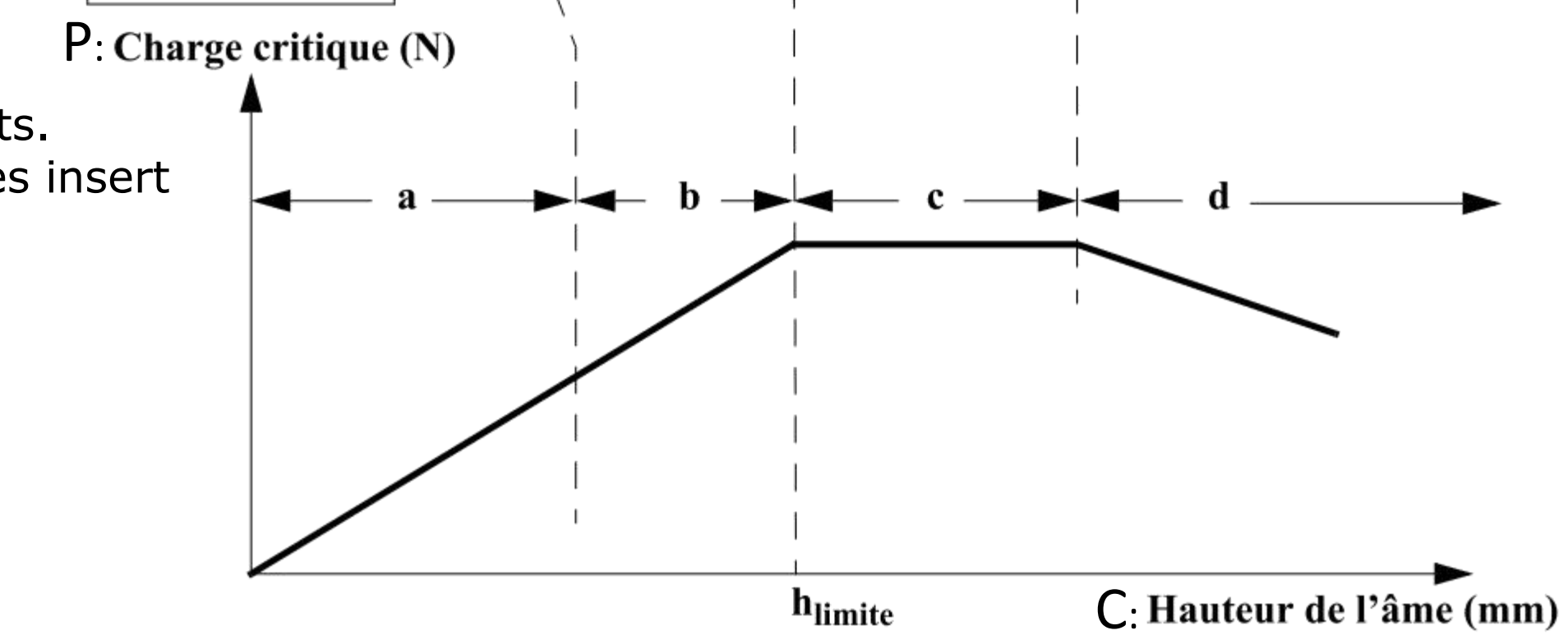
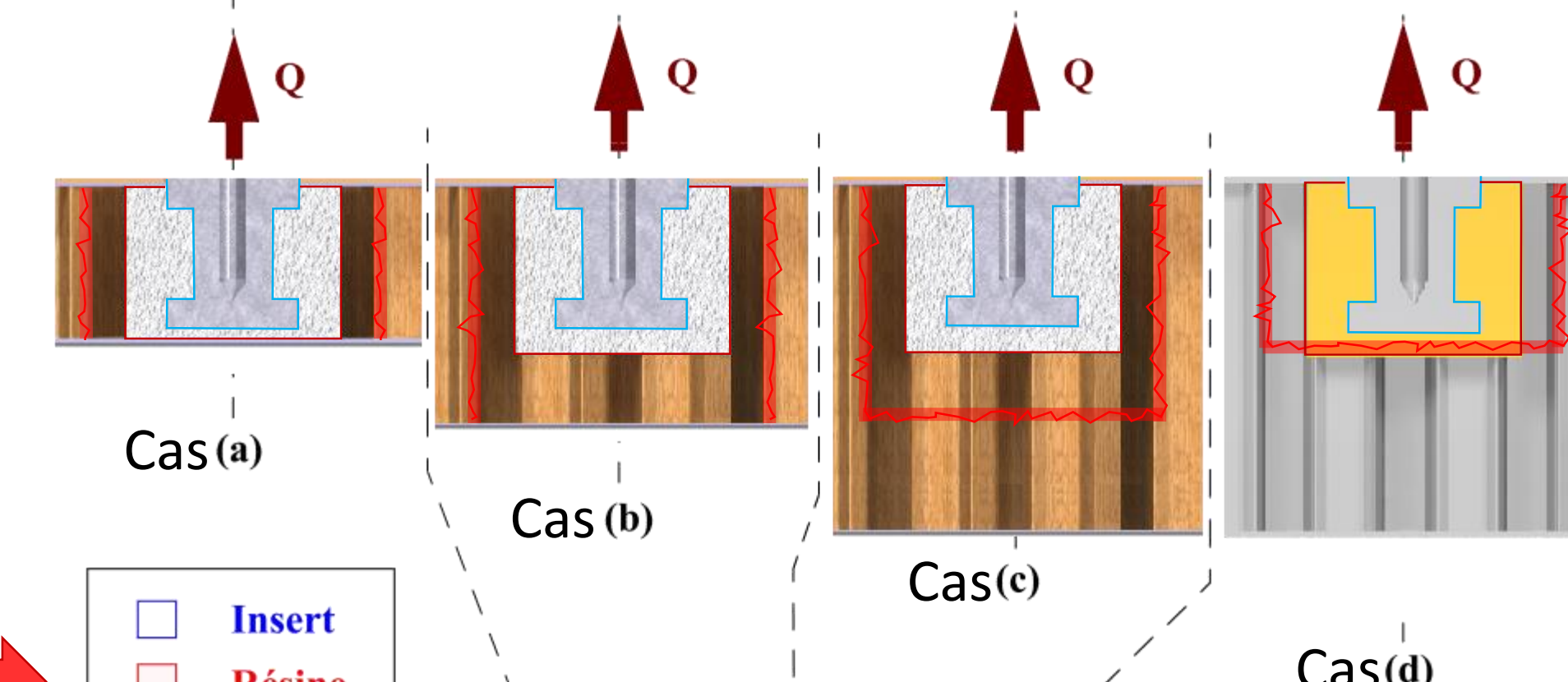
$$P_{crit} = P_F + P_S + P_N$$

$$P_F = \frac{P_{crit} - 2\pi r \tau_{max} c \tau_{max}}{2}$$

$$P_S = 2\pi r \tau_{max} h_p \tau_{max}$$

$$P_N = \pi r^2 \tau_{max} \sigma_c$$

$$P_{crit} = \frac{P_{crit}}{2} + \pi r \tau_{max} (2h_p - c) \tau_{crit} + \pi r^2 \tau_{max} \sigma_{crit}$$



#### Cas D :

Condition de cas C mais le matériau de l'âme est de haut densité, la faille est à cause de la contrainte de cisaillement dans l'âme et de la rupture du potting.

$$P_{Dcrit} = 2P_{NRcrit} \frac{1-\psi}{1-2\psi} \frac{CK_{max} r_{max} h_i}{bc}$$

$$P_{NRcrit} = \pi b^2 \sigma_{Rcrit}$$

$$\psi = \frac{c - h_i}{c}$$

## Analyse non linéaire :

Ces études sont basées sur une identification fine des phénoménologies d'endommagements ainsi que du scénario de rupture. Pour renseigner le modèle 3D éléments finis proposé, une caractérisation non linéaire des divers composants est nécessaire : cisaillement de l'âme en nida Nomex, écrasement du potting et poinçonnement de la peau.

