

La résistance des matériaux avec l'outil informatique

STEPHANE GASTON, JACQUES PIGLIA¹

Les précédents numéros de technologie présentaient deux exemples d'application d'un modèleur 3D et de ses modules de calcul intégrés, relatifs l'un à la cinématique et l'autre à la statique. Le présent article reprend la même démarche en s'intéressant cette fois-ci à l'étude de résistance des matériaux par éléments finis d'un écarteur hydraulique. Pour compléter cette approche pédagogique, l'article intitulé « Des clés pour dénouer le maillage » propose une leçon de choses sur ces notions un peu complexes.

MOTS-CLÉS informatique, mécanique, lycée professionnel, simulation, résistance des matériaux

PRÉSENTATION DU TP

Préambule

La mécanique montre que les solides se déforment et se rompent lorsqu'ils sont soumis à des actions mécaniques extérieures ; la résistance des matériaux traite des contraintes internes et des déformations engendrées de ces solides.

Avec l'arrivée des modèleurs volumiques, les données changent : les outils qui en sont issus gagnent en performance, mais en faisant appel à des notions complexes, comme la mécanique des milieux déformables élastiques, totalement inconnues des élèves.

Le TP suivant, réalisé dans le logiciel CosmosWorks, qui propose une résolution des problèmes par éléments finis, montre comment faire un parallèle entre la résolution par éléments finis et la résolution par la résistance des matériaux étudiée en cours.

Une mise au point quant à l'utilisation du logiciel CosmosWorks doit être faite avec les élèves :

- la modélisation est fondamentale (choix du type d'action mécanique, choix des surfaces d'applications...);
- le logiciel ne permet pas de choisir le type de maillage;
- la précision des résultats dépend de la précision du maillage.

La prise en compte de ces réserves est fondamentale pour une bonne exploitation des résultats, et donc pour la résolution du problème.

Le thème

L'écarteur hydraulique de la société Hydr'am (figure 1 et annexes 1 et 2) est un matériel d'intervention pour les services de secours destiné à désincarcérer les personnes après un accident.



▲ Figure 1. L'écarteur et sa mise en situation

Ecarteur Hydraulique moyen

▼ Ecarteur Hydraulique EHM 860

DESCRIPTION
Position de travail en milieu aquatique
Outil composé de :
-> 1 Vite à double effet
-> 1 Poignée de commande avec sécurité intégrée, forme ergonomique, clapets anti-retour plaqués
-> 1 Jeu de mâchoires avec rainures, capots HP avec bouchons métalliques de protection
-> 1 Poignée de manœuvre pour l'équilibre et la stabilité de l'outil
-> 2 Bras en alliage léger haute résistance, larges épaules de decalage interchangeables sans outil, en acier traité nif et anti-corrosion
-> Entourbe en alliage léger haute résistance avec traitement anti-rouille

Accessoires :
-> Entourbe pour réaccoutrement de chaînes 18x110
-> Entourbe de découpe ED 18
-> Jeu de chaînes coché DE 2 10

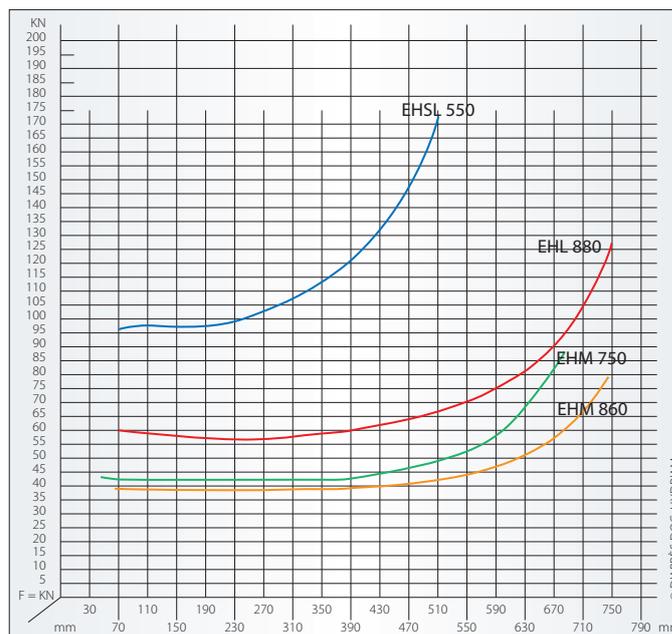
Force, légèreté, fiabilité au service de la sécurité

La force optimale des outils **HYDR'AM** permettant d'écarter, de tirer, d'écraser et de soulever en toute sécurité

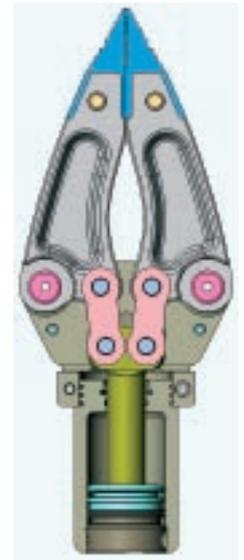
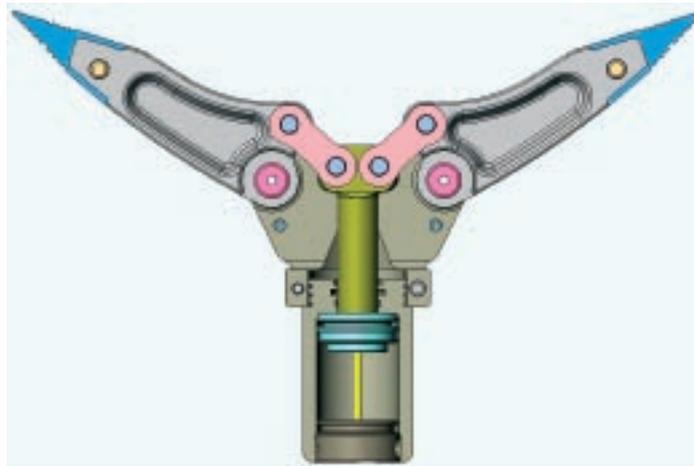
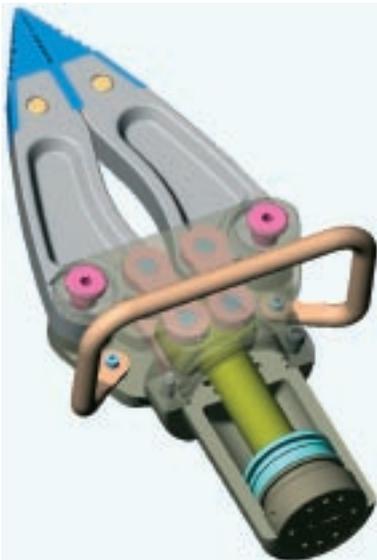
CARACTÉRISTIQUES

Modèle	EHM 860
Poids à vide (kg)	100
Force hydraulique max (kN)	200 (2100)
Force d'écartement max (kN)	30,5 (30)
Force d'écartement (kN)	25 (25)
Force d'écrasement (kN)	30 (30)
Force de déplacement max (kN)	100 (100)
Force de traction (kN)	40 (1200)
Ouverture maximum (mm)	300
Dimensions en mm	317x317x228
Matériau	ALU
Norme de test NF EN 121	EN 121
Garantie	3 ans

▲ Annexe 1. La fiche technique de l'écarteur hydraulique



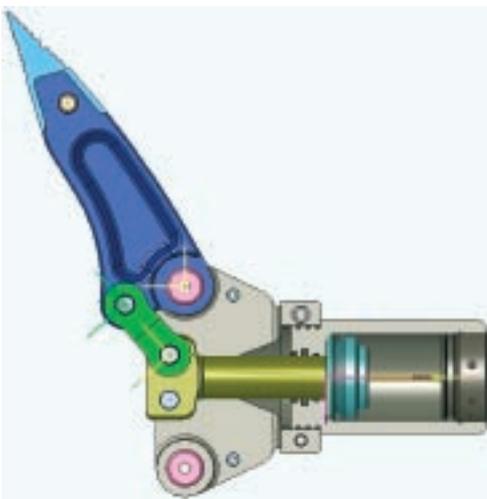
▲ Annexe 2. Les efforts des écarteurs EHM 860, EHM 750, EHL 880 et EHSL 550



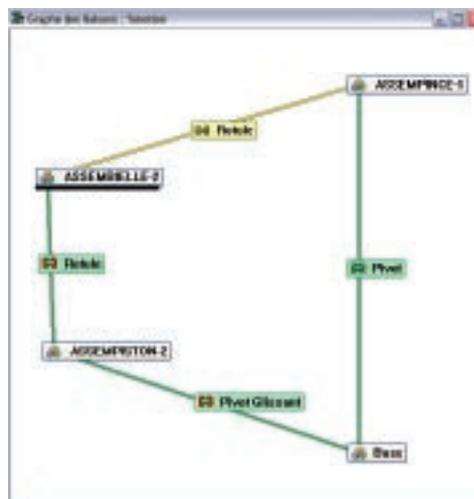
◀ Figures 2. Le modèle...

▲ ... en position ouverte...

... et en position fermée ▶



▲ Figure 3. Le modèle de l'étude



▲ Figure 4. Le graphe de structure

Afin de réduire les coûts, la modification portera uniquement sur la forme des bras. Le bureau d'études a effectué un redimensionnement de leur longueur en fonction des nouveaux besoins.

L'étude qui est proposée est donc relative aux calculs de vérification des composants de ce nouvel écarteur pour savoir s'il est conforme à la catégorie EH 40. La norme NF S 61-571 prévoit une surcharge égale à une fois et demie la force d'écartement aux extrémités de l'écarteur (219672.3 N) en position d'écartement maximal (coefficient de surcharge maximal : 1,5).

Le thème proposé est réalisé dans SolidWorks par M. Rémy Paille (figures 2), et modélisé avec le module de mécanique CosmosWorks par M. Stéphane Gaston (figure 3), en vue de l'élaboration d'une proposition de sujet pour la nouvelle épreuve de contrôle en cours de formation E1 U11 (étude du comportement mécanique d'un système technique) du Bac Pro EDPI (étude et définition de produits industriels).

Le problème

Afin de faire face à une concurrence de plus en plus active dans le domaine des outillages destinés à la désincarcération sur véhicules légers, la société Hydr'am a décidé de modifier les caractéristiques du modèle EHM 860 et de le faire passer de la catégorie EH 30 à la catégorie EH 40 (tableau 1).

Tableau 1.

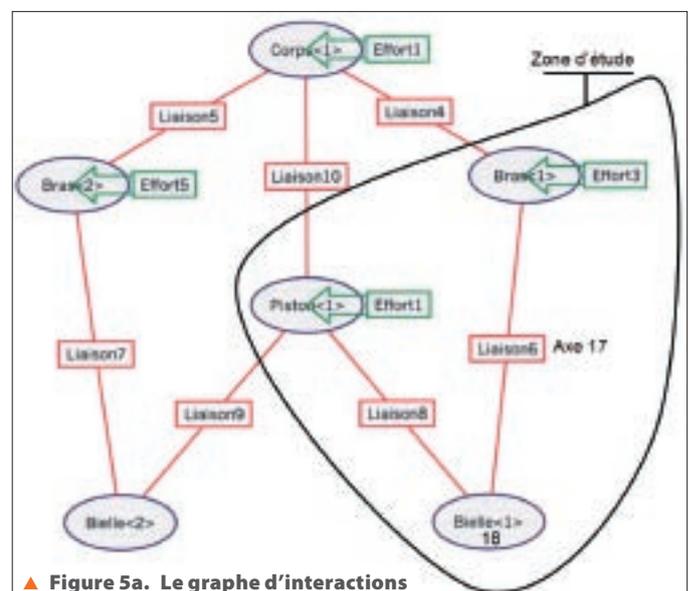
Catégorie	Temps d'ouverture (s)	Force d'écartement minimale (KN)	Force de traction minimale (KN)	Écartement
EH 30	20	30	72	720 < E < 770
EH 40	15	40	85	720 < E < 770

1. (Note de la page 47.) Respectivement, professeur de génie mécanique construction à l'IUFM de Saint-Denis et au LP Denis-Papin de La Courneuve, professeur de génie mécanique construction au lycée Joliot-Curie de Dammarie-les-Lys.

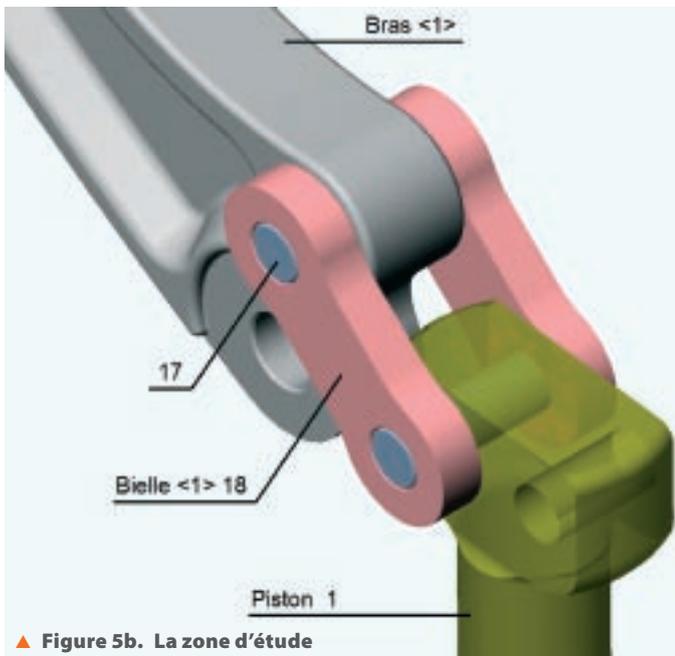
TP: LA DÉMARCHÉ DE MODÉLISATION

Afin de faciliter l'étude, nous considérerons la moitié de la pince modélisée. (figures 3 et 4), en négligeant le poids des pièces.

Nous allons définir une démarche pour modéliser le cisaillement de l'axe de bielle 17 et la traction/compression de la bielle 18 (figures 5).



▲ Figure 5a. Le graphe d'interactions

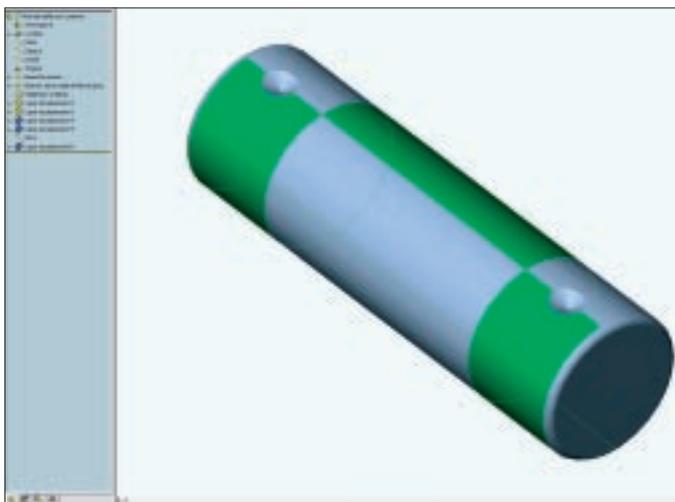


▲ Figure 5b. La zone d'étude

Vérification de la condition de résistance des axes 17 au cisaillement dans le cas de surcharge

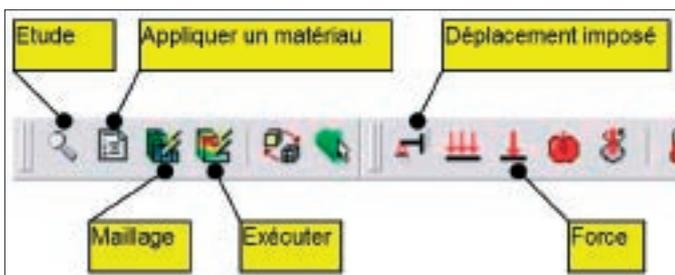
La modélisation peut être traitée dans l'assemblage ou en pièce seule. Nous avons fait le choix de modéliser la pièce seule.

Afin de se rapprocher de la réalité, on découpe la pièce en surfaces correspondant aux actions mécaniques de contact (figures 5). À cette fin, on utilise dans SolidWorks l'outil Ligne de séparation dans la barre d'outils de moulage (figure 6).



▲ Figure 6. La réalisation

Les opérations qui suivent s'effectuent dans CosmosWorks (en l'absence d'une autre indication, à l'aide la barre des tâches reproduite en figure 7).



▲ Figure 7. Les icônes de Cosmos

Définir une nouvelle étude de résistance de la pièce

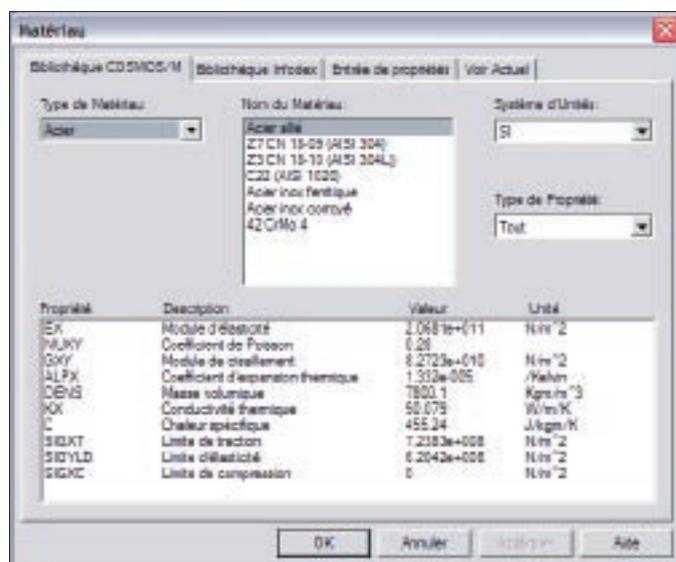
Cliquer sur « Étude », puis sélectionner « Ajouter » (figure 8).



▲ Figure 8. La nouvelle étude

Affecter un matériau à la pièce

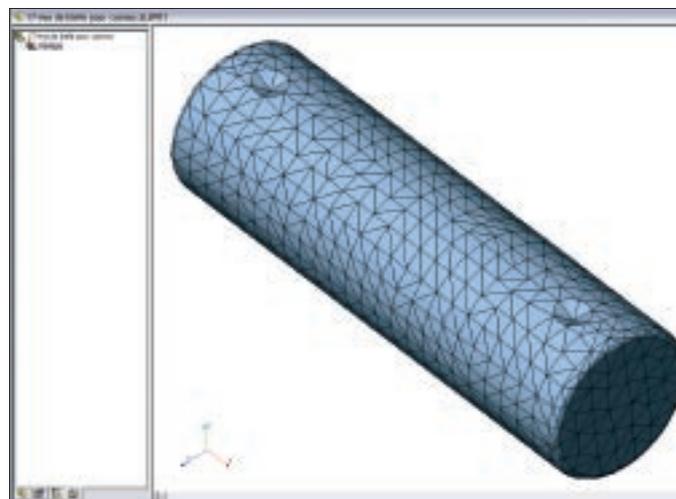
Cliquer sur « Appliquer un matériau », et sélectionner « Acier 819B » (figure 9).



▲ Figure 9. Le matériau acier 819B

Lancer le calcul du maillage

Cliquer sur « Maillage » (figures 7 et 10).



▲ Figure 10. Le maillage

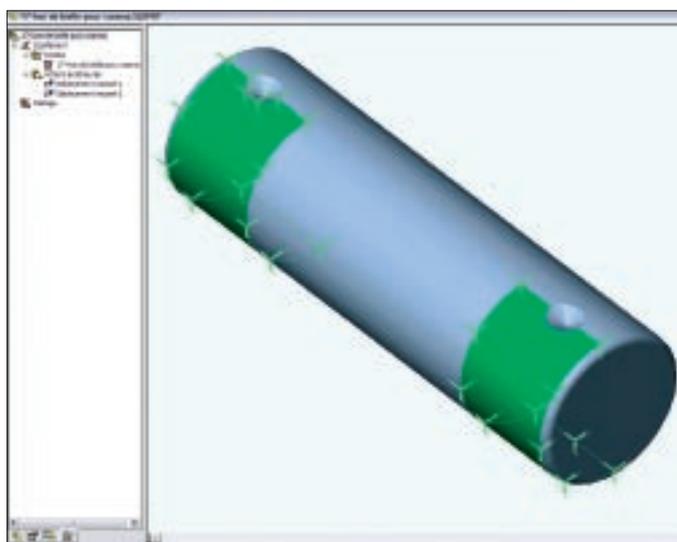
Le maillage doit être relancé à chaque modification de la géométrie de la pièce.

Fixer les surfaces

Il faut définir les surfaces bloquées ; ici, ce sont celles en contact avec la chape. Cliquer sur « Déplacement imposé », puis sélectionner les deux faces, et faire OK (figures 11 et 12).



◀ Figure 11. Le déplacement imposé...



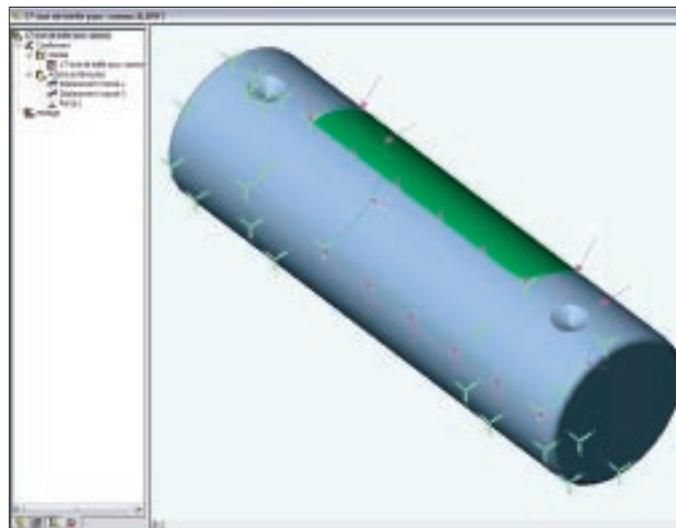
▲ Figure 12. ... et son résultat

Fixer la force

Il faut définir la surface sur laquelle s'applique l'effort. Cliquer sur « Force », sélectionner la face, puis faire OK (figures 13 et 14).



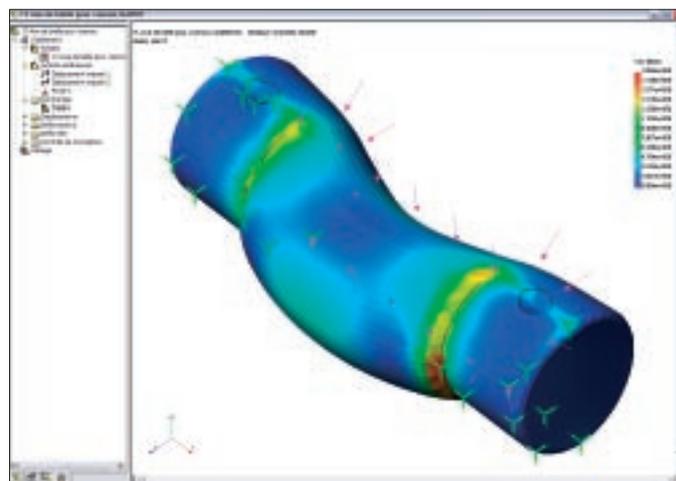
◀ Figure 13. La fixation de la force...



▲ Figure 14. ... et son résultat

Lancer le calcul

À partir du module statique, lancer le calcul. Cliquer sur « Exécuter ». Le résultat est mis en évidence par des couleurs (figure 15).



▲ Figure 15. Le résultat du calcul

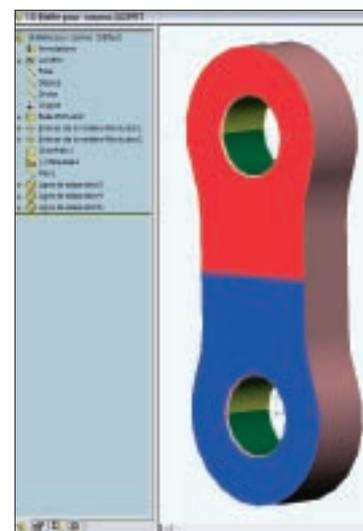
Exploiter les résultats

Imprimer les données de contraintes et exploiter les résultats en entourant la zone la plus sollicitée. Donner la valeur de la contrainte dans cette zone. Sachant que :

$R_e = 1400 \text{ Mpa}$;
 $(R_e)_g = 0,7 \times R_e$; $s = 1$,
 conclure sur la résistance de l'axe 17.

Vérification de la condition de résistance des biellettes 18 à la traction dans le cas de surcharge

Afin de se rapprocher de la réalité, on découpe la pièce en surfaces correspondant à notre modélisation. À cette fin, on utilise dans SolidWorks l'outil Ligne de séparation dans la barre d'outil de moulage (figure 16).

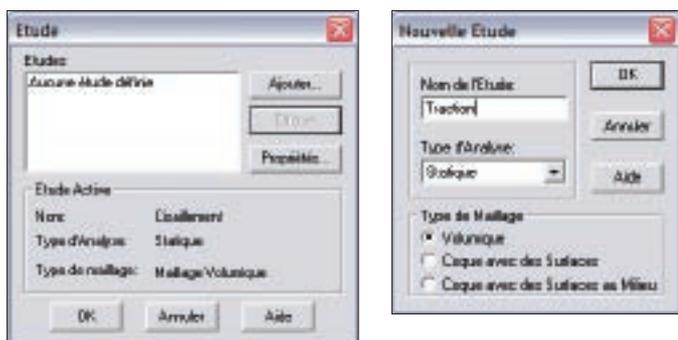


▲ Figure 16. Le découpage

La surface de séparation entre la zone rouge et la zone bleue sera la surface qui sera bloquée.

Définir une nouvelle étude de résistance de la pièce

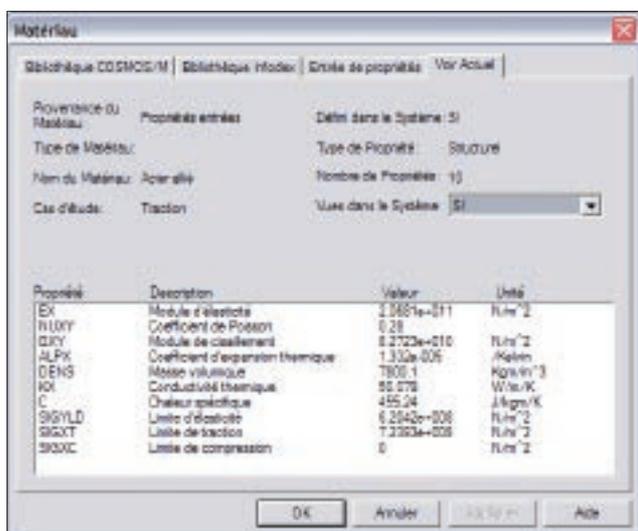
Cliquer sur « Étude », puis sélectionner « Ajouter » (figure 17).



▲ Figure 17. La nouvelle étude

Affecter un matériau à la pièce

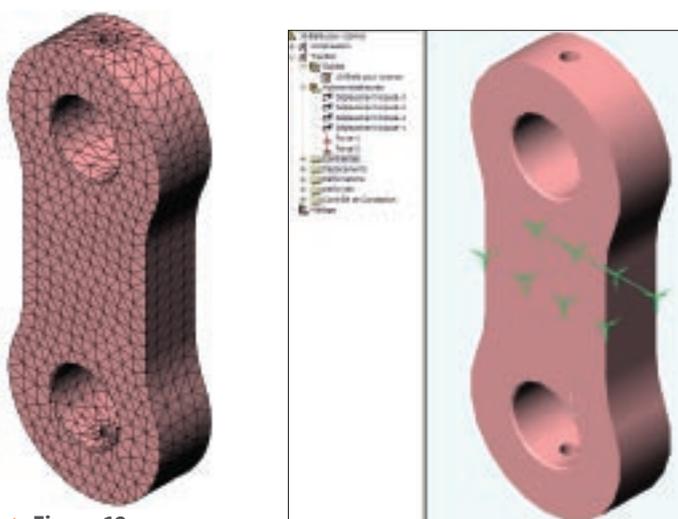
Cliquer sur « Appliquer un matériau », et sélectionner « Portal 7075 » (figure 18).



▲ Figure 18. Le matériau Portal 7075

Lancer le calcul du maillage

Cliquer sur « Maillage » (figures 7 et 19). Le maillage doit être relancé à chaque modification de la géométrie de la pièce.



▲ Figure 19. Le maillage

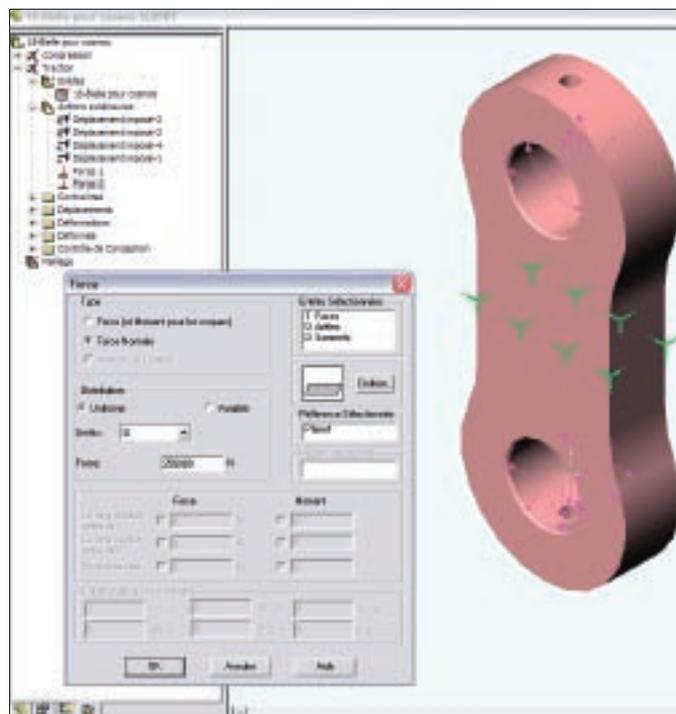
▲ Figure 20. La face fixée

Fixer les surfaces

Il faut définir les surfaces bloquées; ici, la surface médiane de la bielle (figure 16). Cliquer sur « Déplacement imposé », puis sélectionner la surface (figure 20).

Fixer les forces

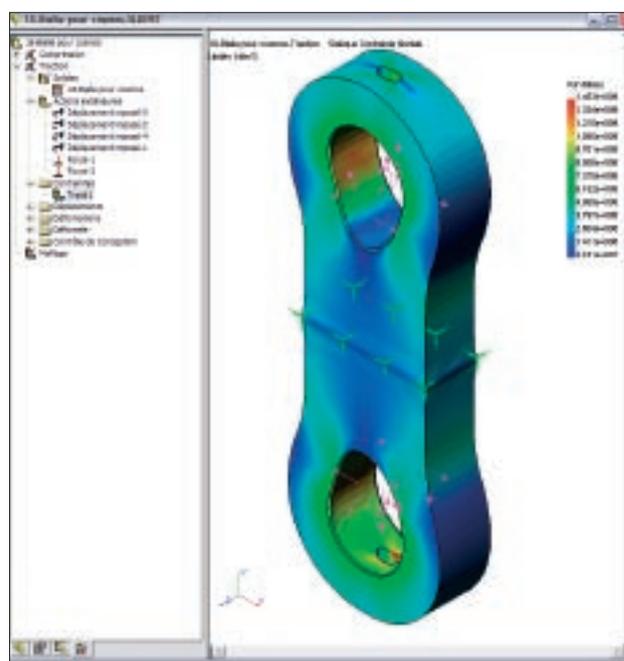
Cliquer sur « Force ». Avec l'aide du graphe d'interactions (figure 5a), on applique les efforts sur les surfaces correspondantes (figure 21). On aurait pu bloquer un perçage et mettre un effort sur l'autre, mais les résultats obtenus ne refléteraient pas la réalité.



▲ Figure 21. Les efforts

Lancer le calcul

À partir du module statique, lancer le calcul. Cliquer sur « Exécuter ». Le résultat est mis en évidence par des couleurs (figure 22).



▲ Figure 22. Le résultat



▲ Figure 23. L'arborescence



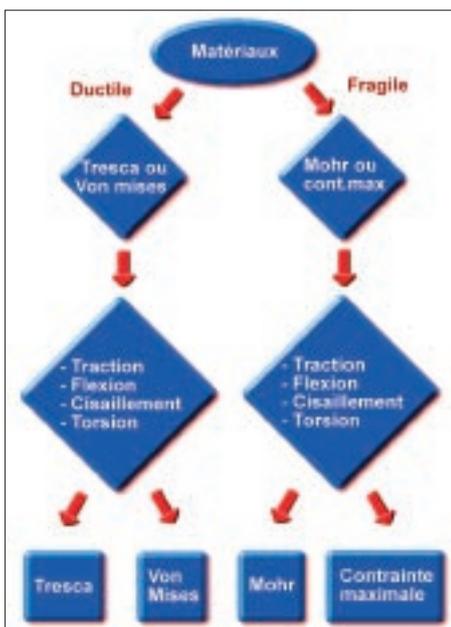
▲ Figure 24. L'étape 1

Le contrôle de conception

Le contrôle de conception permet d'identifier après calcul les zones qui sont en dehors de la limite élastique du matériau – ou à la rupture, suivant le problème posé. Pour cela, il faut fournir des paramètres de calcul.

Dans l'arborescence (figure 23) :

- Cliquer avec le bouton droit de la souris sur « Contrôle de conception », sélectionner « Choisir » (figure 24).
- Sélectionner le type de contrainte (figure 25).



▲ Figure 25. Étape 1 : le critère de choix pour la contrainte locale

- Fixer la contrainte limite (figure 26). Dans ce cas : limite d'élasticité (figure 27).



▲ Figure 26. La limite d'élasticité

Figure 27. Étape 2 : le critère de choix de limite maximale ▼

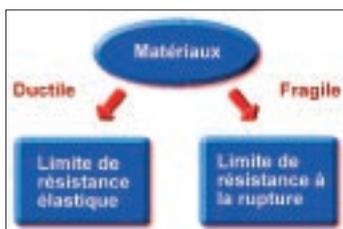
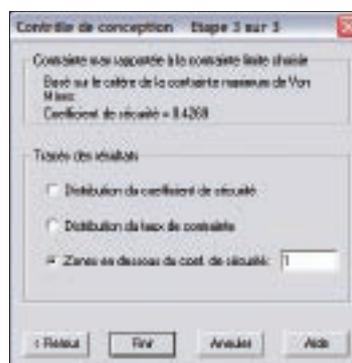


Tableau 2. Étape 3 : le choix du coefficient de sécurité

s	Charges exercées sur la structure	Contraintes dans la structure	Comportement du matériau	Observations
$1 < s < 2$	Régulières et connues	Connues	Testé et connu	Fonctionnement constant sans à-coups
$2 < s < 3$	Régulières et assez bien connues	Assez bien connues	Testé et moyennement connu	Fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées
$3 < s < 4$	Moyennement connues	Moyennement connues	Non testé	
	Mal connues ou incertaines	Mal connues ou incertaines	Connu	

- Définir le coefficient de sécurité (figure 28 et tableau 2).
- Lancer le calcul.

Toutes les zones en rouge (figure 29) sont hors des limites choisies.



▲ Figure 28. Le coefficient de sécurité

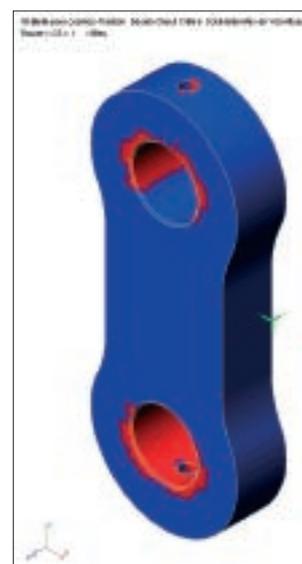


Figure 29. Le résultat final ▶

Conclusion

Il faut donc reprendre avec le modéleur la forme et les dimensions de la pièce afin de n'obtenir, par un nouveau calcul, aucune zone rouge. ■

Communiqué



Pierre-Julien DUBOST a été élu le 29 avril 2003 président de **FRANCE DIDAC**, association qui regroupe les professionnels du didactique, producteurs ou distributeurs d'équipements et de produits pédagogiques. Il succède à **Guy HALGAND**.

Fortes de leurs expériences et de leurs produits innovants, œuvrant pour le développement des technologies de l'éducation et de la formation tout au long de la vie, les entreprises membres de **FRANCE DIDAC** veulent renforcer et développer un partenariat actif et responsable avec tous ceux qui jouent aujourd'hui un rôle déterminant dans la fonction éducative : les institutions internationales, nationales et régionales, le monde économique et ses acteurs professionnels, la communauté des enseignants et des formateurs : tel est l'objectif que s'est assigné la nouvelle équipe de direction de **FRANCE DIDAC**.