

La résistance des matériaux avec Cosmos

JACQUES PIGLIA, PASCAL FIEVET¹

L'article du numéro 127 de Technologie intitulé « La résistance des matériaux avec l'outil informatique » présentait un exemple d'application d'un module de calcul Cosmos intégré au modèleur 3D SolidWorks relatif à la résistance des matériaux d'une pièce. Celui-ci traite

un exemple d'application d'un module de calcul Cosmos intégré au modèleur 3D Inventor relatif à la résistance des matériaux d'un assemblage. Le TD associé s'adresse à des élèves de classe de terminale BEP microtechnique, pour qui les difficultés dans le domaine mathématique sont un réel problème, nuisant à leur motivation.

MOTS-CLÉS informatique, résistance des matériaux, lycée professionnel, simulation, travaux dirigés

LE PROBLÈME

La modification du compresseur décrite dans l'article « La pédagogie individualisée avec les TICE » du numéro 125 de Technologie permet d'atteindre la pression maximale. Nous allons vérifier la résistance de l'axe et de la bielle, sachant que le coefficient de sécurité est 3 et que les matériaux constitutifs sont les suivants :

- pour l'axe, 42 Cr Mo 4 ;
- pour la bielle, un acier allié ;
- pour le piston, Al Mg1 Si Cu (EN AW-6061).

Avec le logiciel Motion, nous pouvons définir la norme maximale des composantes de l'effort (écran 1) au niveau de la liaison bielle-manivelle, ainsi que la position de la bielle (figure 1).

LA DÉMARCHÉ DE MODÉLISATION

Nous allons définir une nouvelle démarche pour modéliser le cisaillement dans l'axe et la compression dans la bielle avec modification de celle-ci.

Lancer Cosmos et charger le fichier ensemble.cosmos.iam (écran 2) avec la connexion au système de CAO. Pour basculer de l'un vers l'autre, appuyer sur les touches alt et tab puis sélectionner le logiciel.

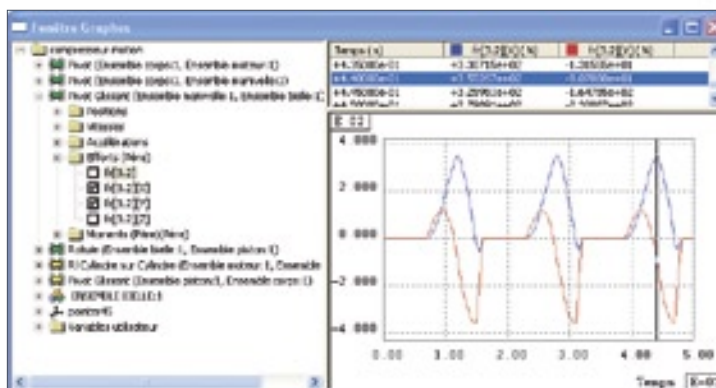
La vérification de la condition de résistance de l'axe au cisaillement dans le cas de charge maximale

L'étude

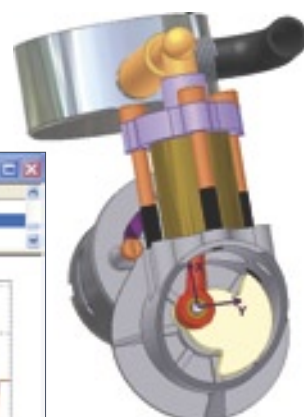
La modélisation sera traitée dans l'assemblage.

Sélectionner Définition, puis Étude (écran 3) et Ajouter (écran 4). Donner un nom à l'étude (écran 5) puis cliquer sur OK. Les différentes pièces s'affichent dans l'arborescence (écran 6).

1. Professeurs de génie mécanique construction au lycée Joliot-Curie de Dammarie-les-Lys.

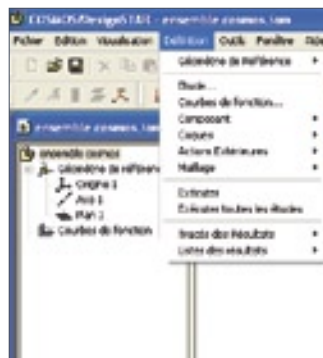


▲ Écran 1. Le graphe des efforts

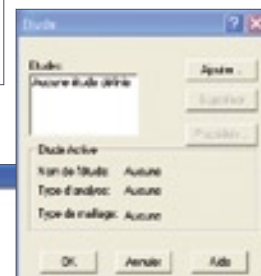


▲ Figure 1. Le modèle

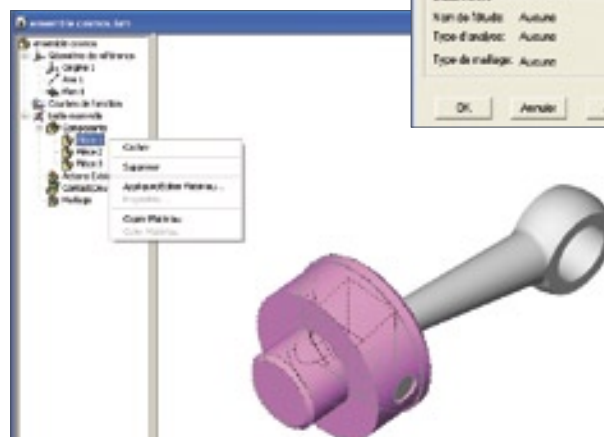
▼ Écran 2. Le sous-ensemble



▲ Écrans 3, 4, 5. L'étude ▶



Écran 6. ▶ Les matériaux



Les matériaux

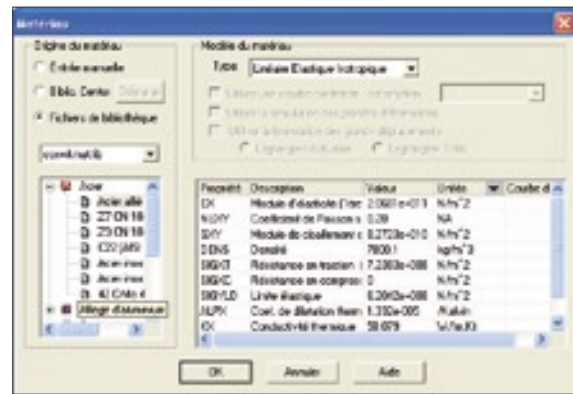
Les matériaux sont définis dans le cahier des charges.

Dans l'arborescence, sélectionner la pièce 1 avec le bouton droit de la souris et Appliquer matériau. La pièce est colorisée (écran 6).

Dans le tableau (écran 7), sélectionner Alliage d'aluminium, puis, en développant le répertoire, sélectionner Al Mg1 Si Cu (EN AW-6061). Relever la limite élastique du matériau.

Effectuer la même opération avec l'axe (42 Cr Mo 4) et la bielle (acier allié).

Écran 7. Les matériaux (suite)

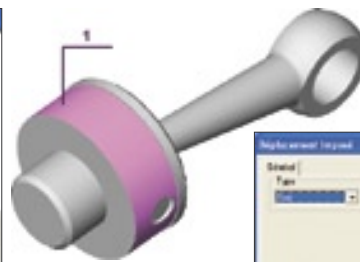


Les actions extérieures

Les actions extérieures agissent sur le piston et la tête de bielle. On envisage l'assemblage en équilibre dans la position retenue. Pour cette raison, on considère le piston fixe. On aurait pu choisir une autre démarche.

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris les Actions extérieures puis le Déplacement imposé (écran 8). Sélectionner Fixe dans le tableau et la Surface 1 sur le modèle puis faire OK (écran 9).

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris les Actions extérieures (écran 10) puis le Chargement. Dans le tableau, sélectionner la Force en développant le type de chargement, puis Directionnel, enfin cocher et indiquer les composantes de la force avec le tableau (écran 11). Attention, il faut interpréter les résultats car les référentiels sont différents. Sélectionner la Face 2 (écran 11) puis faire OK.



Écrans 8, 9. Les actions extérieures



Écrans 10, 11. Les actions extérieures

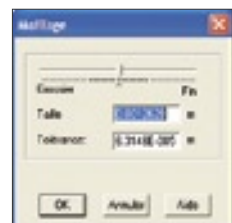
Le maillage

Dans l'arborescence, sélectionner le Maillage avec le bouton droit de la souris, puis Créer (écran 12) et OK (écran 13).

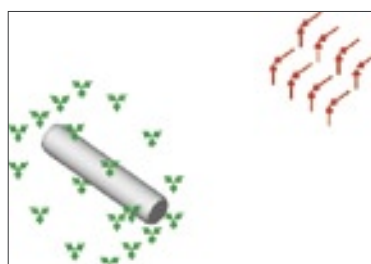
L'étude de l'axe

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris la Pièce 1, puis Cacher (écran 14). Faire de même pour la Pièce 3 (écran 15).

On voit ici l'intérêt du travail dans l'assemblage puisqu'il n'est pas utile de définir un découpage de la pièce comme dans l'article du numéro 127. La zone de contrainte est définie par la pièce complémentaire.



Écrans 12, 13. Le maillage



Écrans 14, 15. L'étude de l'axe



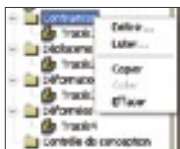
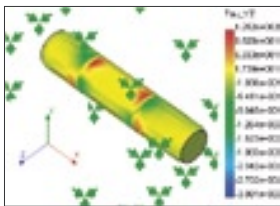
Écrans 16, 17. Le calcul



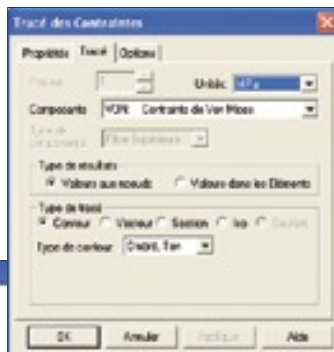
◀ Écrans 18, 19. Les critères ▶



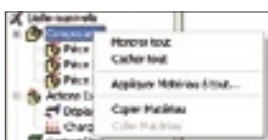
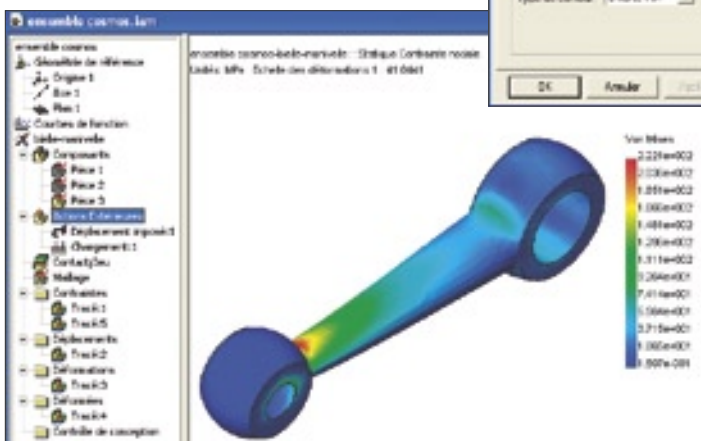
▼ Écran 20. Le résultat



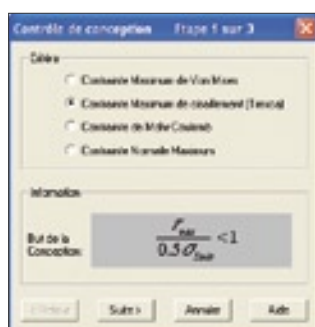
◀ Écrans 21, 22. Les critères ▶



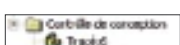
▼ Écran 23. Le résultat



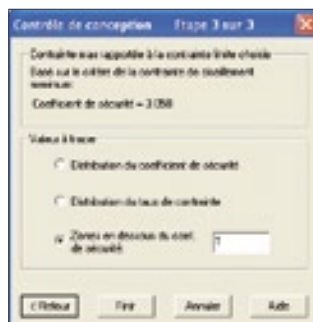
▲ Écrans 24, 25. Le contrôle ▼



▲ Écrans 26, 27, 28. Le choix, étapes 1, 2, et 3 ▼



▲ Écrans 29, 30. Le résultat ▼



Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris la **Bielle-manivelle**, puis **Exécuter** (écran 16). Différents tracés s'affichent dans l'arborescence (écran 17).

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris le **Tracé 1** relatif aux contraintes (écran 18) puis **Modifier la définition**. Dans le tableau (écran 19) développer les **Unités** et sélectionner **MPa**, puis développer **Composante**. Dans le choix qui est proposé, l'élève doit sélectionner le plan dans lequel se trouve le cisaillement avec l'aide d'un document ressource expliquant la sollicitation de cisaillement. Sélectionner **TYZ Contrainte de cisaillement (plan YZ)** puis cliquer sur **OK**.

Après le calcul, les zones colorisées sur la pièce matérialisent les concentrations de contraintes (écran 20). On remarque que les zones les plus contraintes sont en rouge.

La vérification de la condition de résistance de la bielle dans le cas de charge maximale

L'étude de la bielle

Dans l'arborescence, sélectionner la **Pièce 1** avec le bouton droit de la souris, puis **Cacher**. Faire de même pour la **Pièce 2**, puis **Montrer** pour la pièce 3. Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris les **Contraintes** puis **Définir** (écran 21). À l'aide d'un document ressource expliquant la sollicitation de compression, choisir dans la liste le type de contrainte qui correspond à la compression (voir l'article « Des clés pour dénouer le maillage » du numéro 127) : **Contrainte de von Mises**. Cliquer sur **OK** (écran 22).

Le **Tracé 5** s'affiche dans l'arborescence, et les contraintes se colorisent sur le modèle (écran 23). Les zones les plus contraintes apparaissent en rouge.

On peut simuler la déformation en cliquant sur  dans la barre de dialogue.

Le contrôle de conception

L'axe

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris **Montrer** l'axe et **Cacher** les autres pièces. Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris **Composant** puis **Appliquer Matériau à tout** (écran 24). Choisir le matériau constituant l'axe (42 Cr Mo 4). Attention: les autres matériaux ne sont plus attribués aux autres pièces.

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris **Contrôle de conception** puis **Définir** (écran 25). Suivre les trois étapes suivantes :

- **Étape 1 sur 3** : L'étude de l'axe réalisée précédemment permet à l'élève de cocher la contrainte de cisaillement (écran 26).
- **Étape 2 sur 3** : Cette étape permet de définir la position de la contrainte maximale par rapport à la limite élastique du matériau ramenée au Mpa (écran 27). On peut alors demander à l'élève de

vérifier par le calcul si l'axe résistera à la charge initiale:

$$(Re)g = Re/2 = 850/2 = 425 \text{ Mpa};$$

$$(Rp)g = (Re)g/s = 425/3 = 141 \text{ Mpa} = \tau \text{ maxi.}$$

$122,6 < 141$: il n'y a pas de problème.

● **Étape 3 sur 3:** L'élève vérifie sa conclusion (écran 28).

Le tracé 6 s'affiche (écran 29). On vérifie ainsi que le coefficient de sécurité est inférieur à 3. Cliquer sur **Finir** pour terminer le contrôle (écran 30).

Les dimensions de l'axe et le matériau sont conformes au cahier des charges car la pièce ne présente pas de variation de couleur.

La bielle

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris **Montrer** l'axe et **Cacher** les autres pièces. Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris **Composant** puis **Appliquer Matériau** à tout (écran 24). Choisir le matériau constituant la bielle (acier allié). Attention: les autres matériaux ne sont plus attribués aux autres pièces.

Dans l'arborescence, sélectionner avec le bouton droit de la souris **Contrôle de conception** puis **Définir** (écran 25). Suivre les trois étapes suivantes:

● **Étape 1 sur 3:** L'étude de la bielle réalisée précédemment permet à l'élève de cocher la contrainte de von Mises (écran 31).

● **Étape 2 sur 3:** Cette étape permet de définir la position de la contrainte maximale par rapport à la limite élastique du matériau ramenée au Mpa (écran 32). On peut alors demander à l'élève de vérifier par le calcul si l'axe résistera à la charge initiale:

$$Rp = Re/s = 620/3 = 207 \text{ Mpa} = \sigma \text{ maxi.}$$

$222 > 207$: il y a un problème! mais dans quelle zone?

● **Étape 3 sur 3:** L'élève vérifie sa conclusion (écran 33).

Le Tracé 7 s'affiche (écran 34). On constate que le coefficient de sécurité est < 3 avec cette distribution (écran 35).

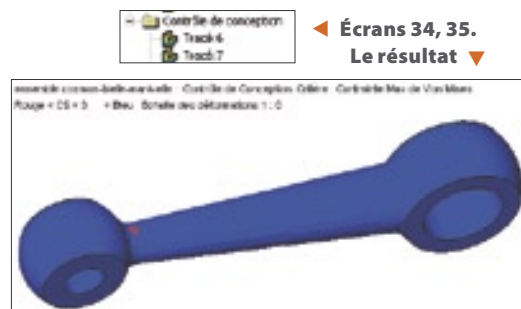
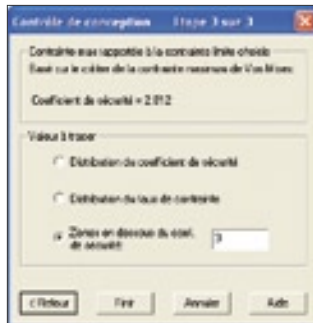
De la localisations des zones rouges il ressort que la bielle est fragilisée au niveau du pied. Il faut donc modifier dans le logiciel Inventor les dimensions du corps de bielle.

Dans l'arborescence d'Inventor, sélectionner avec le bouton droit de la souris **10 bielle modifiée**, puis sélectionner **Modifier** (écran 36). Dans la nouvelle arborescence, sélectionner l'esquisse qui permet de modifier le pied de bielle (écran 37), puis avec le bouton droit de la souris sélectionner **Modifier l'esquisse** (écran 38).

Dans l'arborescence, sélectionner **Cotation**, puis sur l'esquisse sélectionner la cote qui doit être modifiée en double-cliquant dessus. Le tableau s'affiche. Modifier la cote en augmentant sa valeur (écran 39). Valider. L'esquisse se modifie. Cliquer sur **Esquisse** dans la barre des tâches. Le modèle se met à jour.

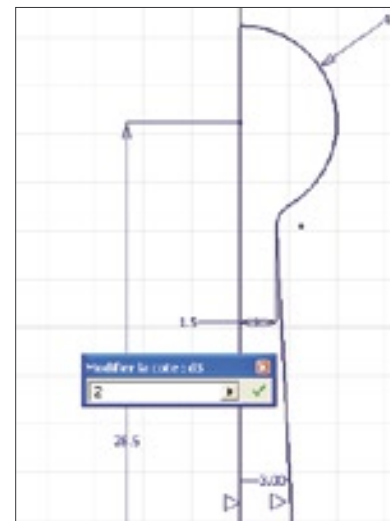
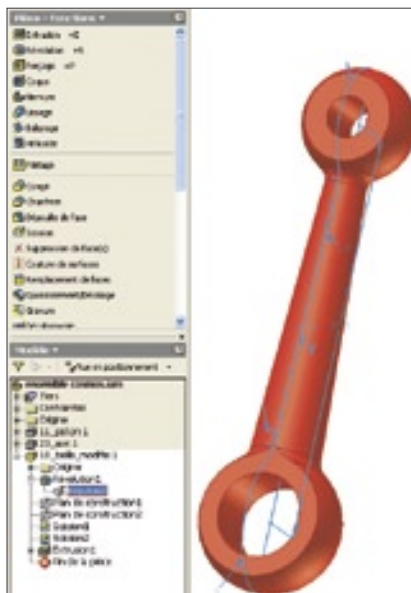


▲ Écrans 31, 32, 33. L'étude, étapes 1, 2, et 3 ▼



Écrans 36. Le modèle ▶


Écran 37. L'esquisse ▼



◀ Écrans 38, 39. La modification ▲

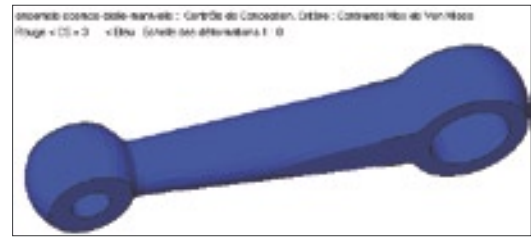
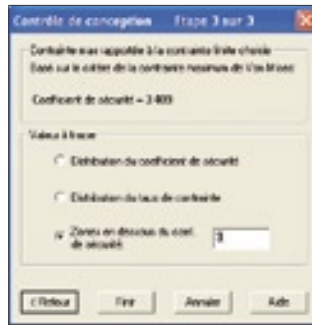
Avec le bouton droit de la souris sélectionner la zone blanche du navigateur, puis sélectionner **Achever les modifications**. Enregistrer sous le même nom.

Dans Cosmos :

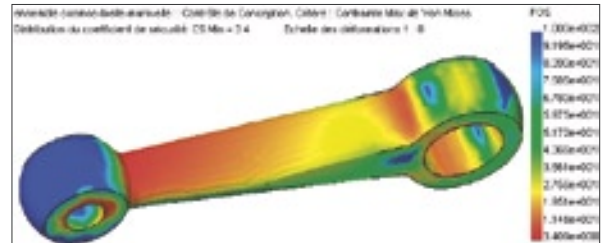
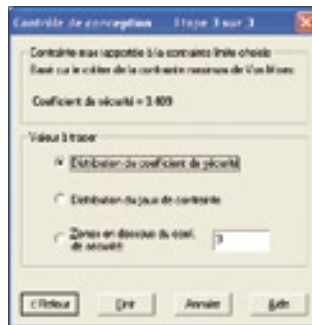
- Mettre à jour en cliquant sur .
 - Créer un nouveau maillage (écran 12). On remarque que les tracés sont barrés dans le navigateur.
 - Exécuter le calcul (écran 16). Les tracés ne sont plus barrés.
 - Suivre les trois étapes du **Contrôle de conception** (écrans 32, 33, 34), qui mènent à l'écran 40. Cliquer sur **Finir** (écran 41).
- On constate alors que la sollicitation de la bielle est conforme au cahier des charges.
- Dans certains cas, il est utile de connaître la distribution du coefficient de sécurité dans la bielle (écrans 42, 43), ainsi que la distribution du taux de contrainte (écrans 44, 45).

EN CONCLUSION

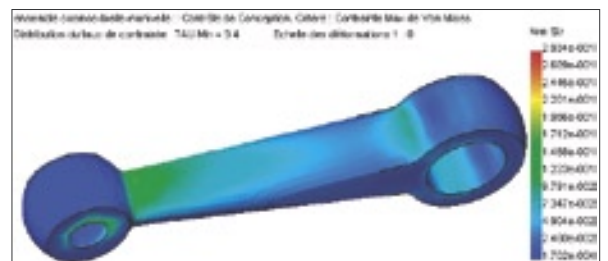
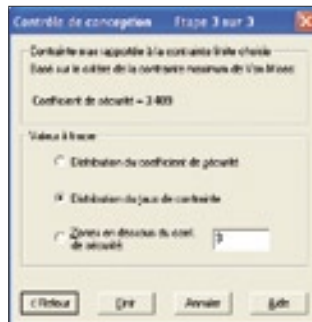
Ce type de logiciel permet aux élèves de LEP de visualiser des phénomènes physiques difficiles à imaginer et à interpréter d'une manière traditionnelle, d'autant plus facilement que la démarche pour arriver aux résultats est toujours la même. Toutefois, certaines notions théoriques sur les sollicitations simples sont quand même nécessaires. ■



◀ Écrans 40, 41. Le résultat ▲



◀ Écrans 42, 43. La répartition des coefficients de sécurité ▲



◀ Écrans 44, 45. La répartition des contraintes ▲