

SOLIDWORKS SUSTAINABILITY

De l'écoconception à la validation de projet

ÉRIC GIORDANENGO [1]

Dans la première partie, nous vous avons présenté les possibilités offertes par Sustainability quant à l'évaluation de l'impact environnemental d'un produit. Nous allons ici illustrer son utilisation à travers une démarche d'optimisation d'une fixation de ski.

La société Rossignol a élaboré la dernière version de sa fixation de ski **1** en ayant pour objectif d'en diminuer le poids de façon significative. Le nouveau système est plus léger de 700 g, un gain non négligeable qui offre un confort supplémentaire aux skieurs. Entre les améliorations techniques et l'écoconception, il n'y a souvent qu'un pas, que la société Rossignol a franchi, puisqu'elle a fait réaliser par la société Quantis une analyse comparative des cycles de vie de la dernière fixation, Xelium, et de la version précédente (Axiom TPI²). Les résultats sont probants : la dernière fixation améliore de façon significative les valeurs de tous les impacts. Selon leur catégorie, les impacts de la fixation Xelium représente de 51 % à 77 % de ceux de la fixation Axiom **2**.



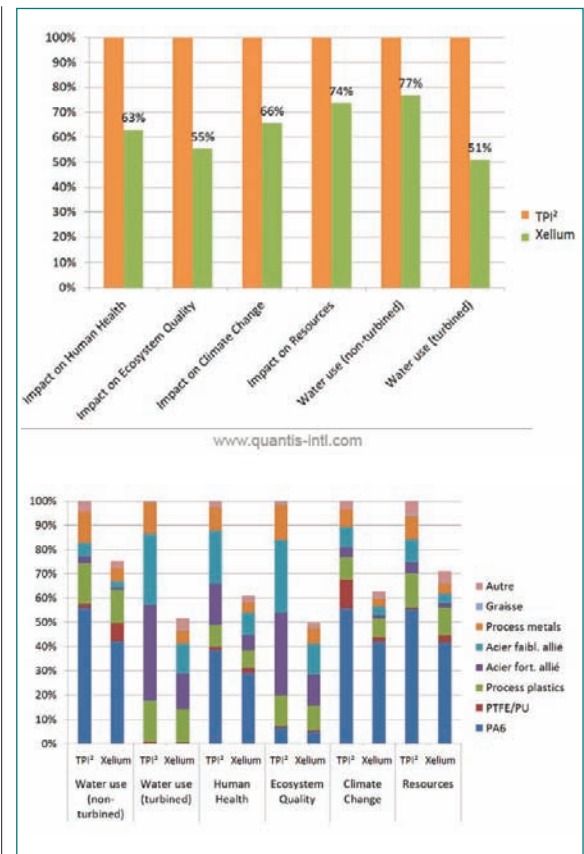
1 La fixation de ski Xelium

L'étude propose également des pistes d'amélioration, notamment le travail sur les composants. C'est dans ce cadre que nous allons réaliser une étude avec le logiciel Sustainability, l'ensemble des données étant disponibles soit dans l'ACV soit dans la nomenclature du produit.

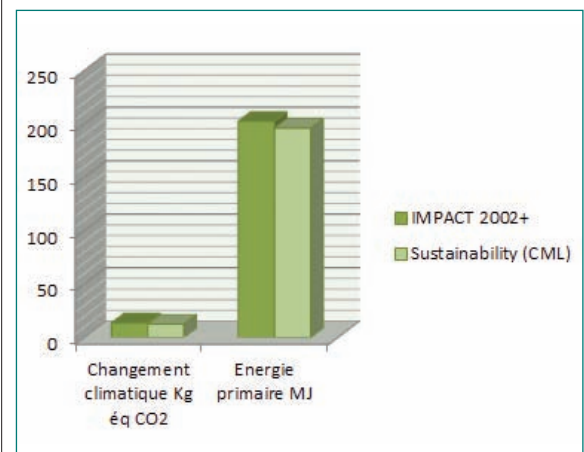
Une comparaison des impacts environnementaux calculés selon la méthode Impact 2002+ utilisée par Quantis et selon celle de Sustainability **3** montre que les résultats sont relativement proches : on obtient un écart de 3 % à 9 %. Cette faible variation peut s'expliquer en partie par le fait que le packaging n'est pas pris en compte dans l'étude effectuée avec Sustainability.

[1] Chef de travaux au lycée Rémy-Belleau de Nogent-le-Rotrou (28).

mots-clés
CAO et DAO, écoconception, logiciel, matériaux, matière et structure

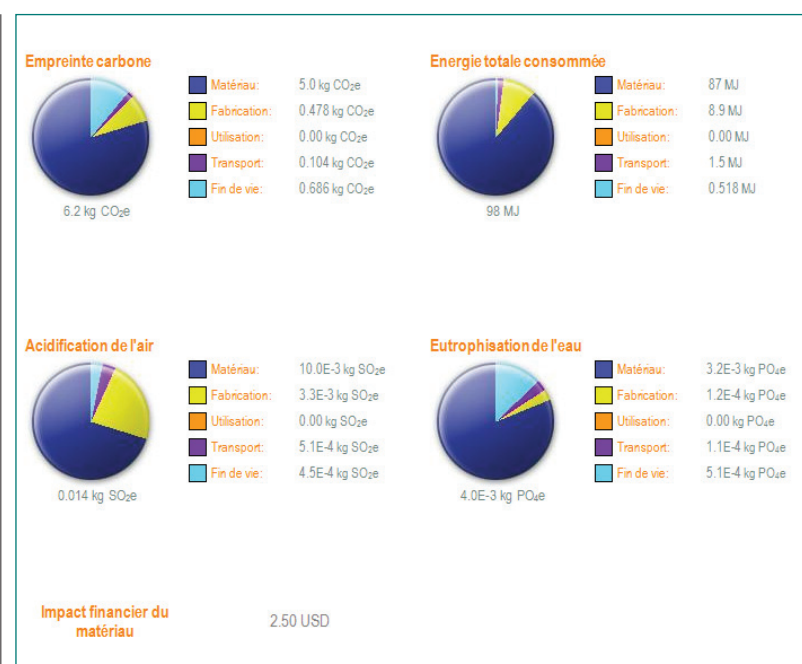


2 Un extrait de l'étude réalisée par la société Quantis pour Rossignol, avec un focus sur les composants

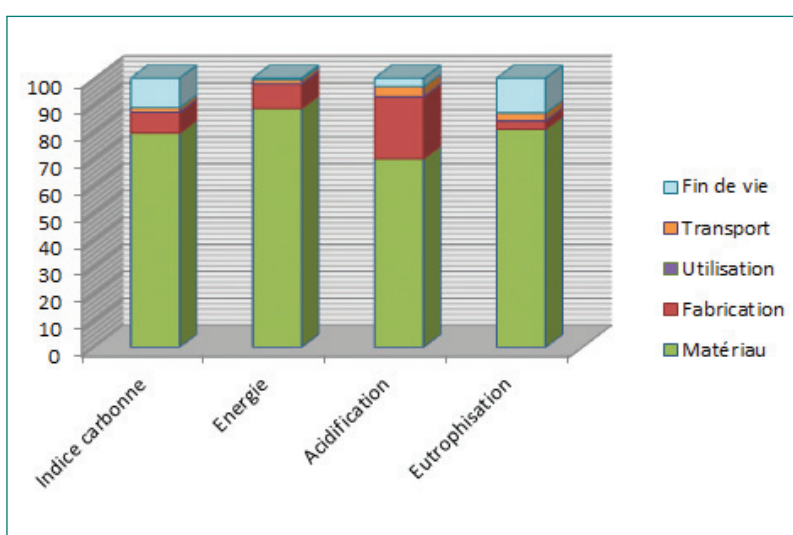


3 La comparaison des résultats de Quantis et de ceux de Sustainability

(seconde partie)



4 La détermination du type du produit



5 Les impacts environnementaux pour l'ensemble des phases du cycle de vie

Il est à noter que les résultats dans Sustainability sont valables pour une fixation ; l'ACV étant réalisée pour une paire, on les a multipliés par 2.

• Typologie de produits et roue de l'écoconception

En termes de typologie de produits, les résultats **4** indiquent clairement que l'on a affaire à un produit passif. En effet, comme la frontière de l'étude se limite à la fixation, l'étape d'utilisation obtient des valeurs nulles sur l'ensemble des impacts.

À ce niveau de l'étude, il est possible d'utiliser la roue de l'écoconception, qui nous propose un certain nombre de voies d'amélioration :

- Choix des matériaux
- Réduction de la quantité de chaque matériau
- Techniques de production propres
- Optimisation du système de distribution
- Optimisation de la durée de vie des produits
- Optimisation de la fin de vie
- Optimisation des fonctions du produit

On doit être capable de choisir la bonne piste d'amélioration. Les résultats de Sustainability permettent de trancher, puisque l'on constate que sur l'ensemble des impacts environnementaux l'étape la plus significative est toujours celle dite matériau – extraction des matières premières et traitement –, qui représente plus de 65 % de l'ensemble des impacts **5**. Il semble donc cohérent de travailler sur l'axe 1 ou l'axe 2 de la roue de l'écoconception, à savoir le choix des matériaux ou la réduction de la quantité de chaque matériau employé.

Le choix des matériaux

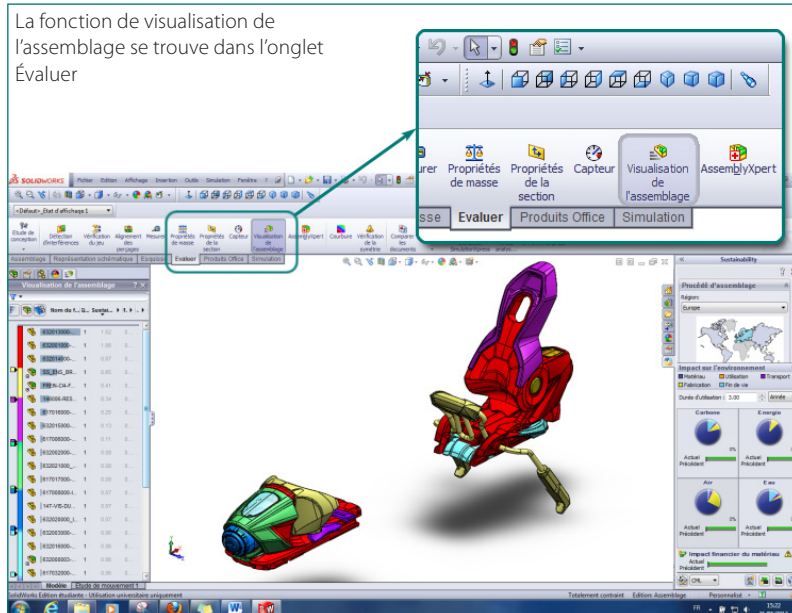
Connaître l'étape la plus impactante est un point de départ essentiel pour l'optimisation du produit, mais il n'en reste pas moins qu'il est indispensable d'analyser plus en détail la phase incriminée d'un point de vue de l'environnement pour proposer des solutions. C'est à partir de cette étape que Sustainability apporte une plus-value non négligeable par rapport à une ACV. En effet, les fonctions « visualisation de l'assemblage » et « rechercher matériau similaire » vont nous permettre de travailler dans ce sens.

Le postulat de départ est que pour diminuer l'impact de l'étape « matériau » nous devons être capable d'identifier dans l'assemblage la ou les pièces les plus impactantes pour proposer et valider ensuite des choix de matériaux.

Première étape : identifier les pièces les plus impactantes

La fonction de visualisation de l'assemblage **6** permet d'en classer les pièces en fonction d'un critère physique, mécanique ou environnemental. Par défaut, les critères de classification sont :

- Poids total – Masse – Densité – Volume
- Superficie – Autres...



6 La fonction de visualisation de l'assemblage (en rouge, les pièces les plus impactantes quant à l'empreinte carbone et la consommation d'énergie)

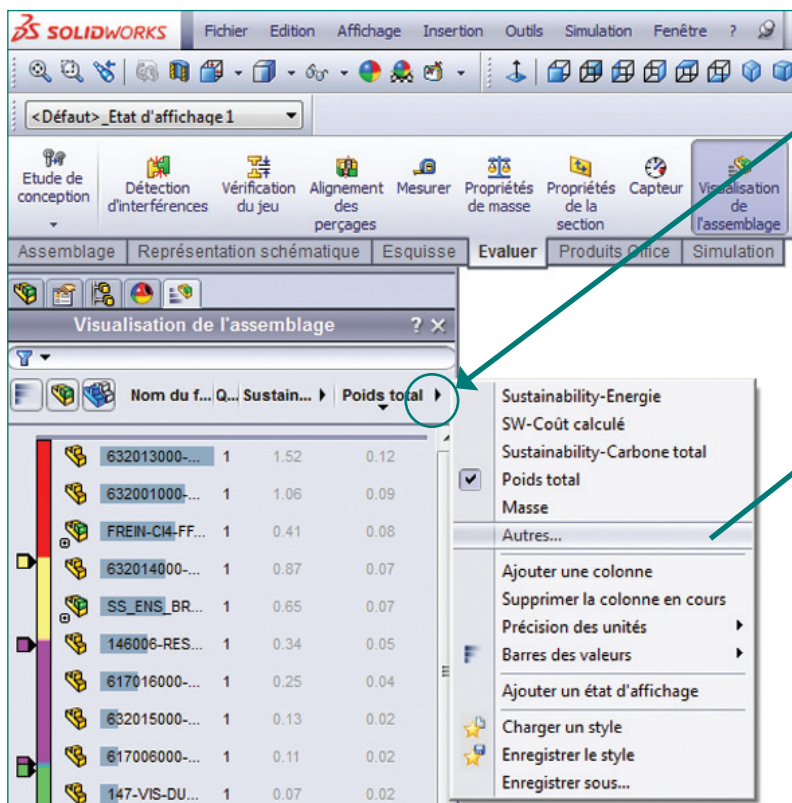
Pour obtenir une classification selon un critère lié à Sustainability, il faut cliquer sur « Autres... » et sélectionner dans la liste déroulante des propriétés **7**. Afin d'avoir le plus de précision possible, ajoutons comme critères les propriétés « indice carbone » et « consommation d'énergie » **8**. Cette sélection nous permet de constater que les trois pièces les plus impactantes (identifiées en rouge sur l'assemblage **6**) participent à hauteur de 54 % à l'empreinte carbone et de 58 % à la consommation d'énergie.

deuxième étape : choisir un matériau

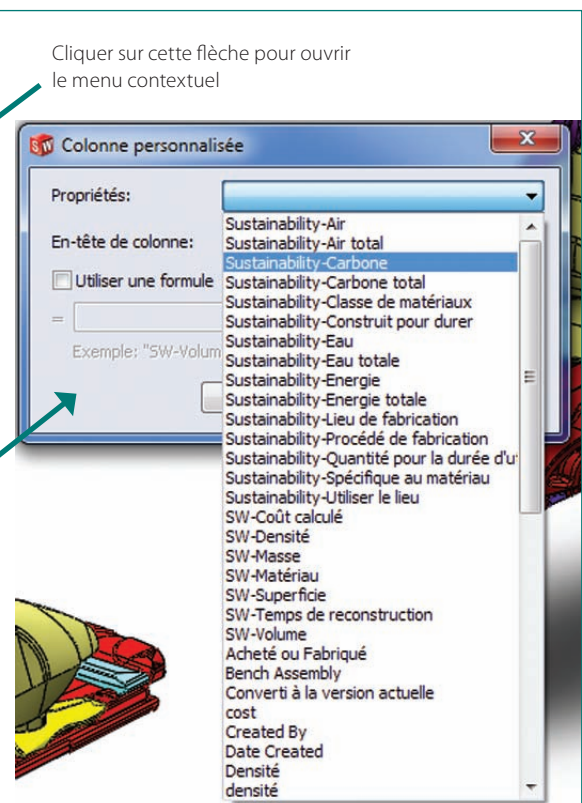
Fort de ce constat, nous pouvons quitter l'assemblage pour nous consacrer au choix du matériau de la pièce la plus impactante, en l'occurrence le corps du talon **9**.

La recherche d'un matériau similaire

Pour obtenir un choix de matériau, utilisons dans un premier temps la fonction « rechercher un matériau similaire » **10**. Cet outil propose une liste de matériaux similaires en associant des propriétés à des conditions (inférieure, supérieure, équivalente...). On peut ainsi, pour une classe de matériaux (plastiques) et en jouant sur certains critères comme la masse volumique ou la limite de traction, obtenir des éléments de comparaison **10c**. Il résulte de cette étude que, parmi tous les plastiques, trois semblent potentiellement utilisables pour ce produit et sont plus performants que le matériau initial en termes d'impacts environnementaux **11**.

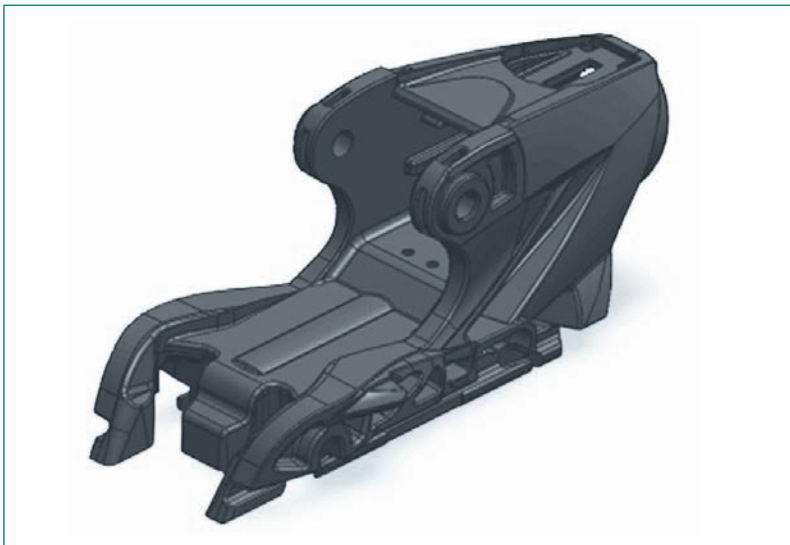


7 Le choix d'une classification selon un critère lié à Sustainability



Nom du fichier	Sustainability_Carbone total	Sustainability-Energie
832013000-CORPS-TALON	1.52	25.70
83201000-CORPS-BUTEE	1.01	18.90
832014000-AGROPPE-TALON	0.87	14.60
SS_EHS_BRAS_ASM	0.65	9.70
FREN-CK-F7_ASM	0.41	6.16
146006-RESSORT-409-BM2	0.34	3.59
817016000-RESSORT_DURETE_TALON	0.25	2.88
832011000-CAPOT-TALON	0.13	2.30
817006000-PISTON-DURETE	0.11	1.91
832002000-CAPOT-BUTEE	0.08	1.37
832021000-BOUCHON	0.08	1.39
817017000-RESSORT_RECUL	0.08	0.82
817005000-INDEX	0.07	1.17
147-VIS-DURETE-BM2-ACER	0.07	0.76
83202000_INSERT_BOUCHON	0.07	0.72
832003000-FENETRE_BUTEE	0.06	1.00
832016000-CRANTAGE-TALON	0.06	0.97
832000003-LEVER-TALON_ASM	0.06	0.92
817032000-CALE	0.06	0.94

8 Le classement des pièces selon leur indice carbone et leur consommation d'énergie



9 Le corps de talon de la fixation de ski

Matériau

Classe: Plastiques

Recyclé contenu: 0 %

Poids: 232.56 g

Matériau simi...

Matériau	Classe de mat...	Module d'élasticité	Coefficient de P...	Module de cass...	Hauteur volumiq...	Conductivité Thé...	Chaleur spécifique
PA Type 6	Plastiques	N/m ²	S.O.	N/m ²	kg/m ³	W/(m.K)	J/(kg.K)
PA Type 6	Plastiques	2.62e+009	2.62e+009	9.79e+008	1120	0.233	950

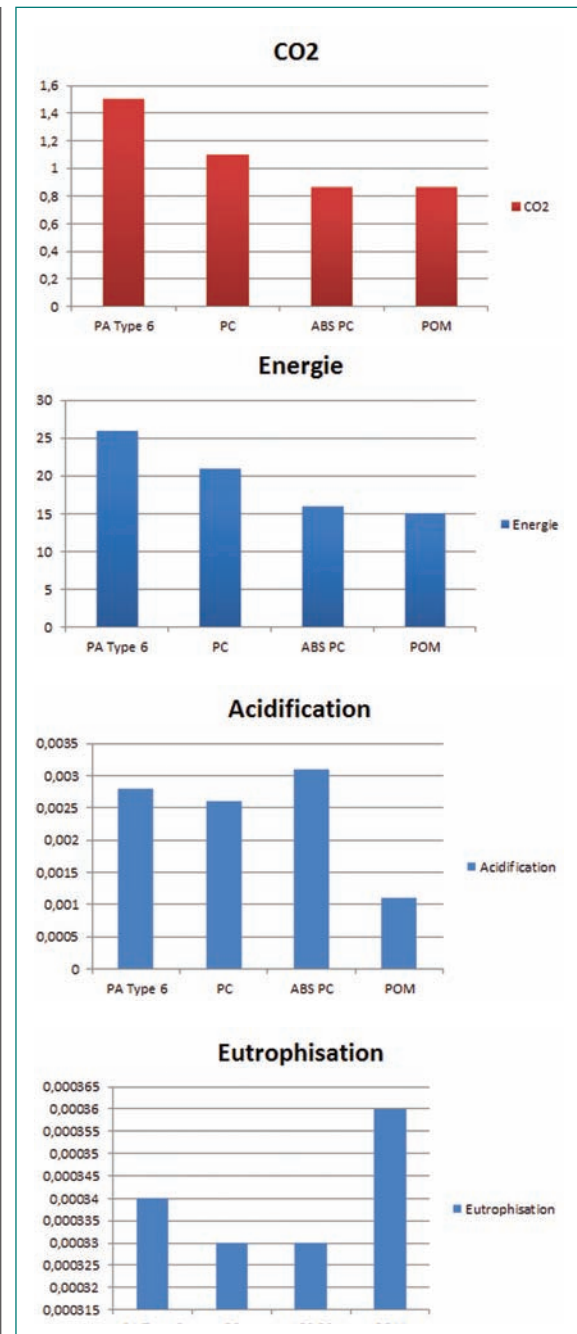
Impact sur l'environnement

Carbone, Energie, Air, Eau

Impact financier du matériau

10 La fonction de recherche d'un matériau similaire

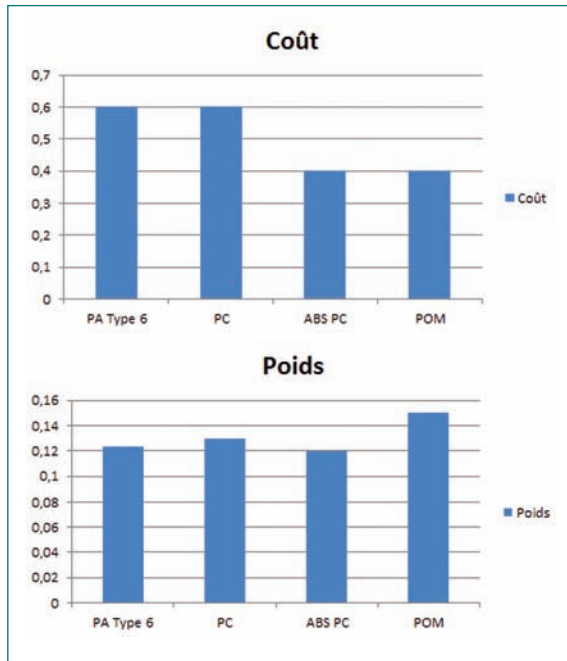
La fonction est accessible dans la partie « matériau » du menu Pièce de Sustainability



11 Le comparatif des impacts environnementaux selon le matériau

À ces indices de comparaison, nous pouvons ajouter l'impact financier du matériau exprimé en dollars ainsi que le poids de la pièce 12, puisqu'il s'agit d'une exigence importante dans la reconception de la fixation de ski.

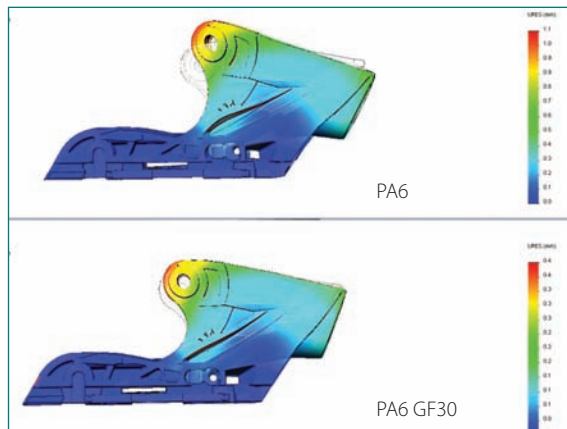
Si nous compilons l'ensemble de ces critères, nous constatons que l'ABS/PC (acrylonitrile butadiène styrène / polycarbonate) semble être le plus avantageux 13. Cependant, l'exploitation de ces résultats ne peut se faire qu'avec une analyse plus fine. En effet, le choix d'un matériau passe aussi par une étude des contraintes mécaniques et de la fabricabilité.



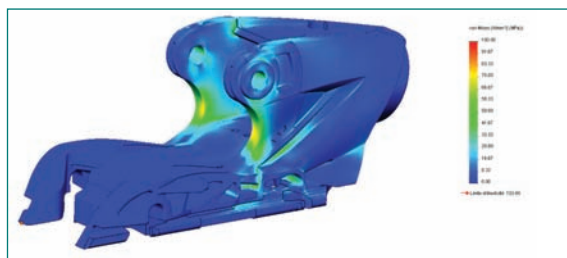
12 Le comparatif des coûts et des poids selon le matériau

	Environnement	Coût	Poids
PA type 6	●	●	●
PC	●	●	●
ABS PC	●	●	●
POM	●	●	●

13 Le comparatif des matériaux



14 La simulation des déplacements : PA6 vs PA6 GF30



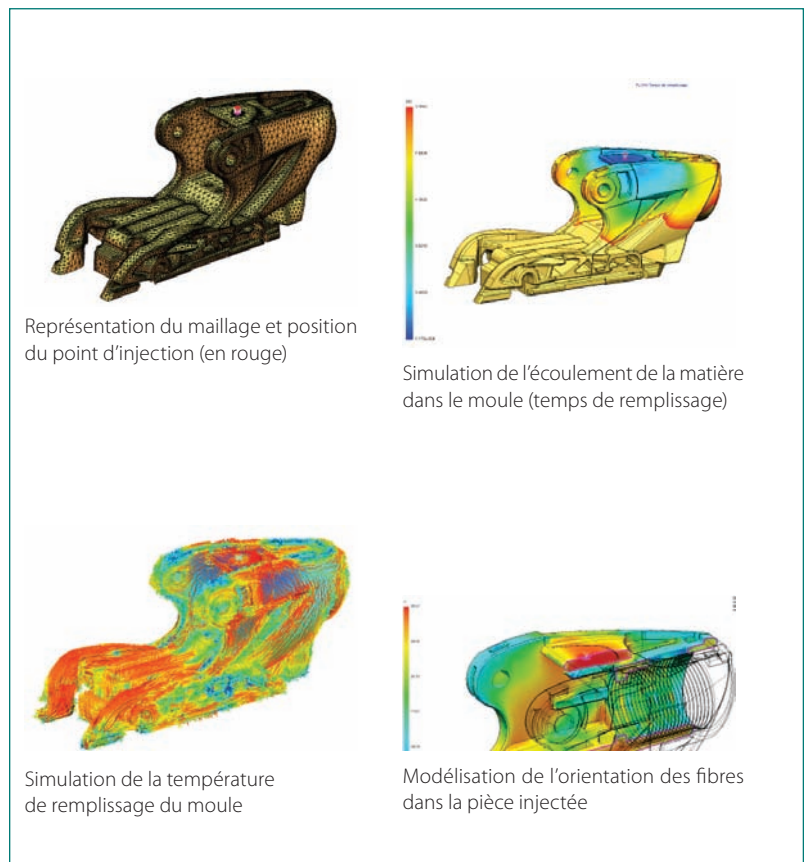
15 Les contraintes de von Mises

	Environnement	Coût	Poids	Résistance traction
PA type 6	●	●	●	●
PC	●	●	●	●
ABS PC	●	●	●	●
POM	●	●	●	●

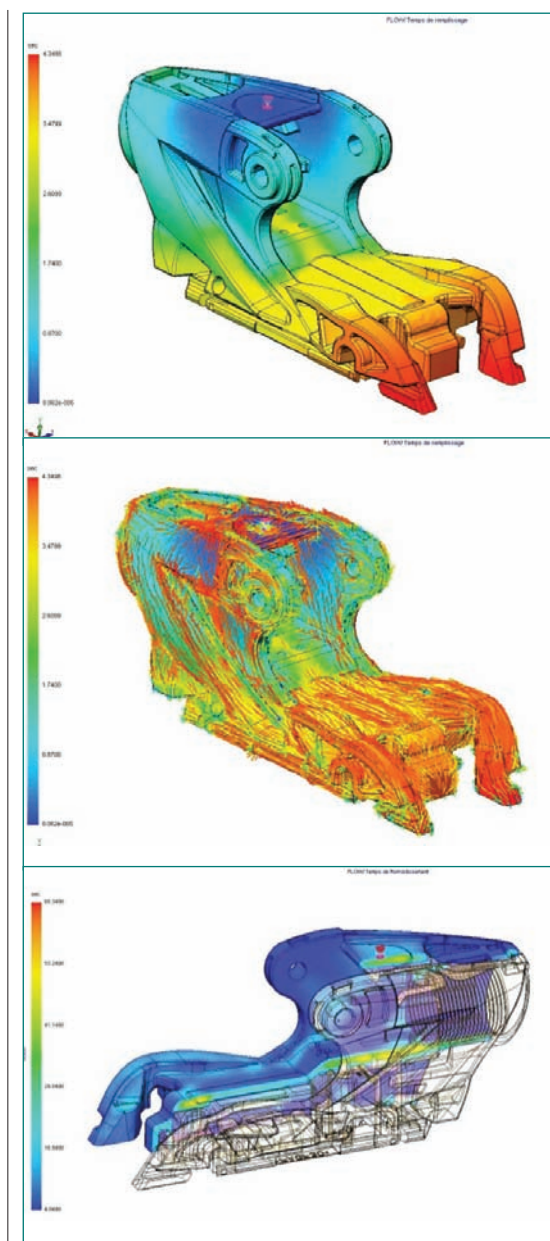
16 Le comparatif complet des matériaux

Propriétés physiques moyennes du POM renforcé ou non			
Nom (unité)	POM	POM 25 % fv ⁵	
Résistance à la rupture par traction (MPa)	70	120	
Résistance à la rupture par flexion (MPa)	110	165	
Résistance à la rupture par compression (MPa)	110	140	
Module d'élasticité par traction (MPa)	3 100	10 500	
Module d'élasticité par flexion (MPa)	2 900	9 000	
Coefficient de Poisson	0,35	?	
Allongement à la rupture par flexion (%)	25	4	
Résistance à l'usure (u/km)	0,75	-	
Température de résistance à la chaleur en continu (°C)	-40 à 115	-40 à 135	
Température d'utilisation maximale de courte durée (°C)	135	150	
Température de fléchissement sous charge (en) (HDT), charge de 1,85 MPa, ISO 75 DIN 53461 (°C)	115	160	
Température de fléchissement sous charge, charge de 0,45 MPa, ISO 75 DIN 53461 (°C)	-	164	
Coefficient de dilatation thermique (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	80	35	
Module de fluage (MPa)	1 400	4 500	
Retrait au moulage L/T (%)	1,4/1,3	1,2/0,4	
Absorption d'eau à 23 °C à 50 % HR en 24 heures (%)	0,25	0,5	
Absorption d'eau CWS (saturation) (%)	0,8	0,8	
Prix approximatif de la matière (\$/kg)	1,08	-	

17 Les propriétés physiques du POM



18 La simulation d'injection de la pièce en PA6 GF30

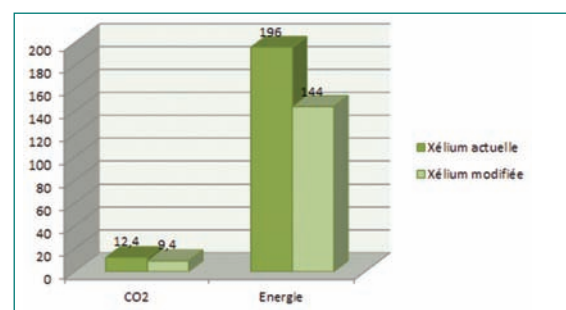


19 La simulation d'injection de la pièce en POM GF25

Les contraintes et déplacements

Pour la réalisation de cette pièce, la société Rossignol a choisi de charger en fibre de verre à hauteur de 30 % le polyamide type 6 (PA6). Ce choix se justifie par des exigences mécaniques, mais aussi selon d'autres critères comme la tenue aux chocs ou la résistance aux températures. Une étude comparative grâce à SolidWorks Simulation (de base dans la version SolidWorks Education) du PA6 et du PA6 GF30 [14](#) [15](#) nous permet de valider ce choix en termes tant de contraintes admissibles que de déplacements.

Il ressort de ces différentes simulations que les deux matériaux PC et ABS/PC possèdent des résistances en traction trop faibles pour supporter les contraintes estimées dans le modèle [16](#). En revanche, le POM (polyoxyméthylène), dont la limite en traction est sensiblement inférieure à



20 La comparaison des empreintes carbone et des consommations d'énergie des deux versions de la fixation

celle du plastique utilisé, pourrait convenir à condition qu'il soit lui aussi chargé en fibre. Il faudrait réaliser une simulation complémentaire, par exemple en chargeant du POM à 25 % de fibre de verre (POM GF25), ce qui permettrait d'augmenter sa résistance à la traction de 50 MPa, la faisant passer de 70 à 120 MPa [17](#).

La fabricabilité

Le choix d'un matériau plastique peut aussi être conditionné par son procédé d'obtention : forme de la pièce, pression, température et temps d'injection sont autant de paramètres déterminants dans la réalisation d'une pièce. La version 2013 de SolidWorks Education nous permet de simuler les injections de PA6 GF30 et de POM GF25 grâce à SolidWorks Plastics [18](#) [19](#), et en définitive de valider la fabrication de cette pièce avec un POM. Nous pouvons donc finaliser l'étude en modifiant les matériaux des pièces dans l'assemblage afin d'avoir une idée plus précise du gain que cela peut générer en comparant la fixation modifiée avec la fixation actuelle [20](#).

En conclusion

Travailler sur le choix d'un matériau moins impactant est une chose, composer avec les paramètres de fabrication, le cahier des charges et le coût de production en est une autre. Il ne faut pas perdre de vue que l'écoconception s'insère dans un ensemble de contraintes technico-économiques qu'il ne faut pas négliger. Le résultat final de l'étude découle donc d'un ensemble d'itérations permettant de valider ou non les modèles – pour notre cas, il reste certainement des contraintes à contrôler pour que le choix du changement de matériau soit réellement judicieux.

Pour conclure, Sustainability permet de déterminer simplement et avec une certaine exactitude les impacts sur l'environnement tout en offrant des outils d'analyse favorisant l'amélioration des produits. ■

► Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement les sociétés Cadware, distributeur de Dassault Systèmes SolidWorks, et Rossignol, fabricant de matériel de ski, pour leur aide et les informations communiquées, qui ont permis l'étude de la fixation de ski Xélium.

www.cadware.fr/education
www.rossignol.com/FR/FR/rossignol-innovations.html