

Mise en forme de composants en ABS :

Un client vient vous voir : il désire mouler des pièces en thermoplastique, en ABS, il vise une série minimale de 1 000 000 de pièces et il a pour objectif conceptuel au niveau du choix des procédés un coût minimal de production.



On commencera par traduire ce cahier des charges :

- Fonctions : mettre en forme des composants
- Contraintes : matériau imposé (ABS) et forme de la pièce imposée + le client désire mouler ces pièces => procédé de mise en forme imposé + série minimale de 1 000 000 de pièces
- Objectifs : minimiser le coût de production
- Variables libres : procédé, mais dans la famille des procédés par moulage (matériau et forme imposés)

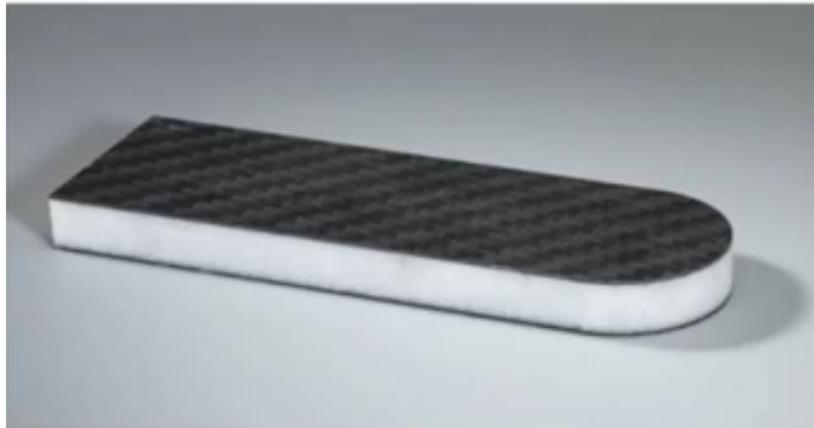
Pour mettre en place la démarche de sélection, on va utiliser le logiciel CES Edupack (le niveau 2 sera suffisant dans notre cas). On va se placer dans la base de données des procédés, et en particulier des procédés de mise en forme, et on va imposer les critères résumés dans le cahier des charges (contraintes), et regarder si on est capable de respecter l'objectif proposé.

- 1) Au niveau de l'arborescence on impose le matériau : Thermoplastique > ABS + on impose la famille de procédés avec laquelle on va travailler : Moulage > Moulage thermoplastiques (car ABS)
⇒ *Sur les 69 procédés proposés dans la base de données du logiciel (niveau 2), on a 7 procédés qui sont validés (qui passent les premiers critères de sélection par arborescence)*
- 2) Au niveau des limites, on va renseigner la quantité minimale de pièces à produire : Compatibilité économique > Taille de la série (unités) : 1 000 000 + on a une forme imposée pour le composant (ici forme de type 3D et plutôt 3D pleine) : Forme > Solid-3-D
⇒ *Il ne reste plus alors que 3 procédés disponibles dans la base de données : si on regarde, on obtient le moulage par compression, le moulage par extrusion des mousses, et le moulage par injection*

- 3) Vu la forme de la pièce, on voit nettement que la pièce ne peut pas être obtenue à partir d'ABS expansé, donc ce procédé ne va pas être retenu
- ⇒ *Il reste deux procédés éligibles : le moulage par compression et le moulage par injection*
- 4) On regarde les données qu'on peut avoir dans la base de données du logiciel pour chacun de ces procédés : pour un classement en fonction de la taille de la série, le maximum de la taille pour le moulage par compression est de 2 000 000, et de 1 000 000 pour le moulage par injection
- ⇒ *On est très limité au niveau du cahier des charges pour le moulage par injection, alors que le moulage par compression répond bien au critère imposé, avec une marge conséquente*
- 5) En terme de coût, si on regarde de plus près les données concernant le procédé de moulage par compression, les coûts estimés pour l'outillage et l'équipement sont hauts, et celui pour la mise en œuvre faible. Pour le procédé de moulage par injection, le coût relatif à l'outillage est plus important (vis d'injection), celui relatif à l'équipement est haut et celui pour la mise en œuvre faible
- ⇒ *On est plus élevé en coût pour le moulage par injection que pour le moulage par compression. Ceci, en plus du fait que la taille de la série pour le moulage par injection est limitée à 1 000 000 de pièces, nous amène à sélectionner le **moulage par compression** pour la réalisation de cette pièce, suivant le cahier des charges imposé par le client*

Découpe de plaques en composites :

On cherche ici à répondre à la demande d'un client, qui désire trouver un procédé qui lui permette de découper des plaques en matériau composite renforcé par des fibres de carbone (CFRP), d'une épaisseur de 4mm. L'objectif serait par la suite de venir mettre ces plaques sur de la mousse, utilisée comme âme pour créer des panneaux sandwich.



On commencera par traduire ce cahier des charges :

- Fonctions : découper des plaques en composite
- Contraintes : liées à l'épaisseur des plaques (4 mm), au matériau (composite) et à la forme, imposés par le client + on peut se poser la question de la qualité de la découpe (composites = matériaux assez fragiles => faire attention à ne pas abimer la fibre et ne pas provoquer de délaminage entre les strates de fibres à cœur + pour assembler la forme ensuite avec la mousse, il faut que les dimensions de la pièce respectent des critères de tolérance)
- Objectifs : le client n'a rien explicité
- Variables libres : procédé (matériau et forme imposés)

Pour mettre en place la démarche de sélection, on va utiliser le logiciel CES Edupack (le niveau 2 sera suffisant dans notre cas). On va se placer dans la base de données des procédés, et en particulier des procédés de mise en forme, et on va imposer les critères résumés dans le cahier des charges (contraintes), et regarder si on est capable de respecter l'objectif proposé.

1) Au niveau de l'arborescence on impose le matériau : Hybrides : composites, mousses, matériaux naturels > Composites > Polymériques > CFRP (isotrope)

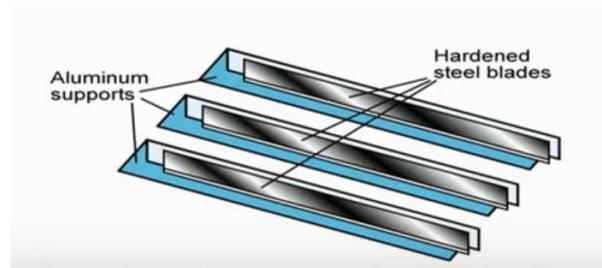
⇒ *Sur les 69 procédés proposés dans la base de données du logiciel (niveau 2), on a 14 procédés qui sont validés*

2) Au niveau des limites, on va renseigner que notre procédé doit être adapté à la découpe des composites : Compatibilité des matériaux > Composites + Caractéristiques du procédé > Procédés de découpe ; et au niveau de la forme, on doit découper des plaques de 4 mm d'épaisseur : Forme > Feuille plane + Attributs physiques et de quantité : Epaisseur de la section : Minimum = 3 et Maximum = 5 mm

- ⇒ *Il ne reste plus alors que 3 procédés disponibles dans la base de données : découpe au jet d'eau, découpe au laser, et scie à ruban*
- 3) On se posait la question de la qualité de la découpe : si on considère le procédé par la scie à ruban, malgré le fait que ce soit un procédé très pratique et très économique, la qualité de la découpe n'est pas bonne, donc ce procédé ne va pas être retenu
- ⇒ *Il reste deux procédés éligibles : la découpe au laser et la découpe au jet d'eau*
- 4) On regarde les données qu'on peut avoir dans la base de données du logiciel pour chacun de ces procédés : pour la découpe au jet d'eau on a un système avec une buse permettant d'éjecter à très haute vitesse de l'eau (et des particules) pour découper des matériaux, avec une belle qualité de découpe. Les coûts pour une découpe au jet d'eau, tant en termes d'outillage que d'équipement et de main d'œuvre, sont faibles. Au contraire, la découpe laser, elle aussi utilisée sur un grand nombre de matériaux, tels que les matériaux composites, présente un coût plus élevé (coût relatif de l'équipement très haut, à cause justement de la génération du faisceau laser).
- ⇒ *On est plus élevé en coût pour la **découpe au laser** que pour la **découpe au jet d'eau**. On pourra donc présenter ces deux solutions au client, en le laissant ensuite discriminer en fonction du nombre de pièces et de la qualité de découpe (tolérances dimensionnelle) qu'il envisage.*

Assemblage de lames de rasoirs :

Un client est à la recherche d'un procédé permettant d'assembler des lames de coupe d'acier de 0.6 mm d'épaisseur au support en aluminium d'un rasoir.



On commencera par traduire ce cahier des charges :

- Fonctions : assembler des matériaux différents (acier et aluminium ici)
- Contraintes : liées à l'épaisseur des lames (0.6 mm), et aux matériaux utilisés (acier et aluminium, les nuances n'étant pas précisées ici, on restera très large et on affinera ensuite avec le client) et à la forme, imposés par le client (plaques d'acier et d'aluminium, avec un assemblage de type recouvrement) + on peut se poser la question de la sécurité de l'utilisateur et donc de la qualité de l'assemblage (il ne faut pas que la lame se démonte pendant qu'on utilise le rasoir), et de la quantité d'objets à produire (production généralement en grande série pour ce type de produit)
- Objectifs : le client n'a rien explicité
- Variables libres : procédé (matériaux et forme imposés)

Pour mettre en place la démarche de sélection, on va utiliser le logiciel CES Edupack (le niveau 2 sera suffisant dans notre cas). On va se placer dans la base de données des procédés, et en particulier des procédés d'assemblage, et on va imposer les critères résumés dans le cahier des charges (contraintes).

- 1) Au niveau de l'arborescence, on va commencer par imposer les matériaux : Métaux et alliages > Alliages non ferreux > Aluminium et Alliages ferreux > on sélectionne tous les alliages d'acier (basse, moyenne et haute teneur en carbone, acier faiblement allié et acier inoxydable).
⇒ *Sur les 22 procédés d'assemblages proposés dans la base de données du logiciel (niveau 2), on a 16 procédés qui sont validés*
- 2) Au niveau des limites, on va renseigner que notre procédé doit être capable d'utiliser les deux types de matériaux envisagés : Compatibilité des matériaux > cochez Métaux – ferreux et Métaux – non-ferreux ; qu'on ne veut pas que l'assemblage puisse se

démonter : Affinité de fonctions > cochez Démontable pour faire apparaître ne croix rouge ; qu'on a un recouvrement surfacique entre acier et alu : Affinité de géométries d'assemblage > cochez Recouvrement ; au niveau de la forme, on travaille avec des lames de 0.6 mm d'épaisseur : Attributs physiques et de quantité : Epaisseur de la section : Minimum = 0.55 et Maximum = 0.65 mm ; et au vue du produit, il va certainement être fabriqué en grande série : on parle alors de procédé en continu : Caractéristiques du procédé : Continu

⇒ *Il ne reste plus alors que 3 procédés disponibles dans la base de données : brasage fort, soudage par faisceau d'électrons ou par faisceau laser, et soudage par résistance*

3) On évitera la brasure = soudure par métal d'apport : si on considère la géométrie et la taille des lames à assembler, cela semble très compliqué (possibilité de bavure, difficile à mettre en place en grande série), donc ce procédé ne va pas être retenu

⇒ *Il reste deux procédés éligibles : le soudage par faisceau d'électrons ou par faisceau laser, et le soudage par résistance*

4) On regarde les données qu'on peut avoir dans la base de données du logiciel pour chacun de ces procédés : pour le soudage par résistance, on est sur des systèmes dont la géométrie se prête bien à un assemblage par une pince dans laquelle on fait circuler un courant, qui par effet Joule, engendre la fusion de la matière, et crée une soudure locale. Les coûts pour une découpe au jeu d'eau, tant en termes d'outillage que d'équipement et de main d'œuvre, sont faibles. Le principe est similaire pour le soudage par faisceau d'électron et par faisceau laser : on utilise des électrons projetés à très grande vitesse pour faire un point local de fusion par effet Joule, et pour le soudage par faisceau laser, la fusion de la matière est créée par l'échauffement du faisceau. Les deux procédés par faisceau (d'électrons ou laser) permettent un soudage par points (comme le soudage par résistance), mais également la création d'un cordon de soudure continu, propre et fin, et également il s'agit de procédés ne nécessitant pas de contact direct avec la pièce (contrairement au soudage par résistance là encore). Par contre, le soudage par faisceau présente un coût très élevé (coût relatif de l'outillage et l'équipement haut et très haut, respectivement), mais si on pense en termes d'amortissement du moyen avec une grande série et une vitesse d'exécution très élevée (notamment par rapport au soudage par résistance).

⇒ *On pourra proposer le soudage par faisceau d'électrons ou laser (avec un procédé de soudure par points, cf image produit fini), avec comme autre option le soudage par résistance.*

Traitement de dents d'engrenages spiro-coniques :

On cherche ici un procédé permettant d'améliorer la tenue mécanique e dents d'engrenages spiro-coniques en acier.



On commencera par traduire ce cahier des charges :

- Fonctions : traiter des dents d'engrenages (les fonctions du traitement n'ont pas été explicitées)
- Contraintes : liées au matériau utilisé (acier, les nuances n'étant pas précisées ici, on prendra plusieurs nuances dans notre sélection) + on peut se poser la question de la tenue mécanique qu'on doit améliorer (on est sur un engrenage, donc on a du frottement et des chocs en surface (abrasion possible), il nous faut alors un matériau tenace (OK avec les aciers), et on doit tenir l'usure en surface (durcissement)) + problème de la forme de l'engrenage = dents spiro-coniques, avec des surfaces courbes et un grand nombre de dents, ce qui peut être problématique en termes de traitement, qui va devoir s'adapter à ce type de géométrie
- Objectifs : le client n'a rien explicité
- Variables libres : procédé (matériau et forme imposés)

Pour mettre en place la démarche de sélection, on va utiliser le logiciel CES Edupack (le niveau 2 sera suffisant dans notre cas). On va se placer dans la base de données des procédés, et en particulier des procédés de traitement de surface, et on va imposer les critères résumés dans le cahier des charges (contraintes).

- 1) Au niveau de l'arborescence, on va commencer par imposer le matériau (ici acier, et on sélectionnera toutes les catégories d'acier) : Métaux et alliages > Alliages ferreux > on sélectionne tous les alliages d'acier (basse, moyenne et haute teneur en carbone, acier faiblement allié et acier inoxydable).
- ⇒ Sur les 25 procédés d'assemblages proposés dans la base de données du logiciel (niveau 2), on a 22 procédés qui sont validés

- 2) Au niveau des limites, on va renseigner qu'on souhaite traiter de l'acier : Compatibilité des matériaux > cochez Métaux – ferreux + par rapport aux questions qu'on s'est posé quant à la fonctionnalité du traitement : Fonction du traitement > cochez Résistance à l'abrasion, Résistance à la friction et Dureté ; on a des surfaces courbes qui doivent être traitées : Recouvrement des surfaces courbes > Très
- ⇒ *Il ne reste plus alors que 3 procédés disponibles dans la base de données : carburation et carbonituration, durcissement par induction et à la flamme, et nitruration*
- 3) On a deux traitements de la même famille (carburation et nitruration), dont le principe est de faire pénétrer en surface des éléments complémentaires qui vont venir renforcer la surface de l'acier, soit en les rendant plus durs après trempe (carburation = fort taux de carbone en surface, et donc formation de martensite lors de la trempe), soit en apportant des précipités durcissants en surface (nitruration et carbonituration). Pour le traitement de durcissement par induction et à la flamme, on vient chauffer le matériau en surface (via une flamme ou un champ d'induction magnétique (courants de Foucault, échauffement par effet Joule)), puis on refroidit rapidement la pièce par des fluides de refroidissement de surface. Tous ces procédés permettent donc de durcir la surface des pièces, et donc une surface plus dure va mieux tenir à l'abrasion. Cependant, ne connaissant pas ici la nuance de l'acier utilisé, on ne peut pas discuter de sa trempabilité, ni de la qualité de traitement qu'on obtiendrait par les procédés de carburation ou nitruration, qui dépend de la composition de l'acier en éléments d'alliages. Ce point serait à discuter avec le client. Par contre, de façon plus générale, on peut regarder les coûts relatifs de chacun de ces traitements : pour le durcissement par induction et par flamme, on est sur des coûts (outillage, équipement et main d'œuvre) faibles ou moyens, un tout petit peu plus élevés pour la carburation et la nitruration (faible, moyen et moyen). Par contre pour les traitements de nitruration, on fait souvent appel à de l'ammoniac, voire du cyanure...
- 4) On peut enfin se poser la question de l'épaisseur du traitement obtenue et de la sa dureté, et pour cela on peut faire un graphique (icone Graphique/Sélectionner en haut de l'écran), et porter en ordonnées l'épaisseur du traitement (onglet Axe des ordonnées > Catégorie : Attributs physiques et de qualité, Attribut : épaisseur de l'induction) et en abscisses la dureté de surface obtenue grâce au traitement (onglet Axe des abscisses > Catégorie : Attributs physiques et de qualité, Attribut : dureté de surface). On isole les traitements validés par le logiciel grâce à la sélection précédente, et on voit qu'on obtient avec les traitements de carburation et nitruration des duretés bien plus élevées que par le traitement de durcissement par induction et à la flamme, mais aussi que le traitement de durcissement conduit à des profondeurs de pénétration plus importantes que les deux autres précédés
- ⇒ *On pourra donc proposer au client ces trois traitements, et il nous faudra discuter avec lui de (i) la nuance d'acier utilisé, et (ii) quelles sont les épaisseurs et duretés visées, et donc ainsi enrichir le cahier des charges et mieux orienter notre croix.*