

---

# LA CONCEPTION DURABLE N'EST PLUS L'APANAGE DE L'ARCHITECTURE

---

## Résumé

Face aux conditions qui règnent actuellement dans les secteurs de l'environnement, de l'économie et de la concurrence, la conception durable s'impose comme une approche de choix pour les acteurs du secteur technique. Au niveau du globe, des dizaines de sociétés avisées veillent depuis des années déjà à intégrer dans leurs produits des éléments de conception durable, pour les secteurs industriels les plus divers. Contraints de composer avec une liste de coûts qui ne cesse de s'allonger et des problèmes de réglementations qui compliquent la sélection des matériaux et de la géométrie, les concepteurs ont besoin d'outils qui pourront automatiser et simplifier les décisions concernant les matériaux. Les outils de simulation et d'analyse de SolidWorks® peuvent vous aider à réduire vos coûts et à respecter les nouvelles normes pour garantir un impact environnemental positif.



## Introduction

### Qu'est-ce que la conception durable ?

La conception durable est une approche holistique globale permettant de créer des produits et des systèmes qui respectent l'environnement tout en garantissant l'équité sociale et la viabilité économique : sur le plan environnemental, pour que la conception présente des avantages évidents ou mesurables ; sur le plan social, pour qu'elle réponde aux besoins des tous les acteurs intervenant dans sa production, son utilisation, son élimination ou son recyclage ; et, sur le plan économique, pour qu'elle présente une indéniable compétitivité.

Les véhicules sobres en carburant, les bâtiments à chauffage solaire, les centrales électriques propres, les emballages recyclables et les systèmes d'éclairage à basse tension sont autant d'exemples probants illustrant les produits qui savent équilibrer les besoins des clients et la protection de l'environnement. Pourtant, il apparaît clairement que tous les produits peuvent faire l'objet d'une conception durable à condition que les techniciens s'attachent vraiment à les améliorer tout en utilisant des matériaux favorables à l'environnement.

Sur le plan pratique, la mise en œuvre d'une conception durable passe par les considérations suivantes :

- **Utilisation minimale de matériaux** : Pouvez-vous ramener l'épaisseur d'une pièce de 2 cm à 1,5 cm sans incidence sur ses fonctionnalités ? (ex. : coffret d'une télévision à grand écran)
- **Meilleure sélection des matériaux** : Existe-t-il maintenant un plastique qui, s'il était inconnu il y a 10 ans, pourrait faciliter la production, le recyclage ou le transport d'une pièce, pour un coût équivalent ? (ex. : spécifier polyéthylène (HDPE) haute densité plutôt que l'acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS))
- **Conception orientée vers un désassemblage facile** : Le produit peut-il être conçu pour être démonté, en vue d'une réparation ou d'un recyclage sélectif ? (ex. : assembler les pièces à l'aide de languettes, et non de colle)
- **Réutilisation ou recyclage du produit à la fin de sa durée de vie** : Le produit peut-il être conçu de façon modulaire, afin que le remplacement d'une pièce se traduise par une amélioration de ses fonctionnalités (ex. : repenser le concept des téléphones portables jetables avec la vente d'une carte mémoire remplaçable par l'utilisateur)
- **Consommation d'énergie minimale** : La construction ou l'exploitation du système peut-elle se faire en utilisant une autre méthode ou une autre machine moins gourmande en énergie ? (ex. : repenser un oxygénateur afin qu'il repose sur un système de pompe basse pression moins onéreux pour le client)
- **Fabrication sans production de déchets dangereux** (ex. : élimination de la brasure à base de plomb)
- **Adoption des technologies propres comme principe de base** (ex. : moteurs automobiles hybrides)

---

Tous les produits peuvent faire l'objet d'une conception durable à condition que les techniciens s'attachent vraiment à les améliorer tout en utilisant des matériaux favorables à l'environnement.

Mais pourquoi une nouvelle façon de penser revêt-elle une telle importance sur le plan économique ? La réponse est simple : la demande exercée sur les ressources naturelles croît plus rapidement que les stocks disponibles, ce qui conduit à une augmentation des coûts alors que les nouvelles directives environnementales doivent aussi être respectées. Heureusement, l'apport de petites modifications de conception (reposant sur l'optimisation des quantités de matériaux modernes soigneusement sélectionnés, fabriqués avec un minimum d'énergie/de ressources) génère un effet d'entraînement important dans le cycle global de la durabilité, tout en proposant l'avantage supplémentaire de la compétitivité sur le marché global.

L'Europe s'impose comme le chef de file de ce changement de mentalité. À ce titre, elle a récemment proposé une politique de produit intégrée (PPI) destinée non seulement à promouvoir, mais également à imposer le développement durable. Cyon Research Corporation a analysé cette approche dans un rapport récent : « La politique PPI repose sur le principe suivant : les principales améliorations apportées à l'impact environnemental d'un produit peuvent l'être pendant la phase de conception (en tête de pipe-line), plutôt que dans le cadre de l'efficacité des processus, d'une production plus propre ou de la gestion de la pollution (en bout de pipe-line). L'Union européenne estime que plus de 80 % de tous les impacts environnementaux relatifs aux produits sont déterminés pendant la phase de conception. »

Par conséquent, les entreprises qui accordent la priorité à l'élaboration de procédures méthodiques et tangibles permettant de réduire les coûts matériels et d'améliorer les processus seront les plus aptes à maintenir leurs marges de profit.

## **Objectifs, directives et stratégies durables**

### **Politiques économiques et environnementales actuelles**

Puisque l'Europe, malgré des territoires et des ressources plus limités, est le chef de file qui suggère et édicte des programmes orientés vers la durabilité, les fabricants américains qui visent ces marchés doivent en tenir compte et s'y plier. Plusieurs réglementations UE déjà en place vont radicalement modifier la conception et la commercialisation d'une vaste gamme de produits, des téléphones portables aux voitures de sport.

Par exemple, la directive relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) et la directive sur la fin de vie des véhicules (ELV) reposent toutes les deux sur le principe de la responsabilité étendue du producteur. La directive DEEE exige que la fabrication des cartes de circuits imprimés implique des processus non dangereux, et que leur conception facilite les opérations de démontage, de tri, de recyclage et d'élimination sans danger. La directive ELV stipule que les automobiles destinées au marché européen (27 états membres) doivent être conçues dans la même optique, et que les producteurs supportent « la totalité ou une proportion significative » des coûts de traitement des véhicules hors d'usage dans les installations de traitement.

Sur le plan légal, ces règles signifient que les fabricants doivent supporter les coûts de reprise et de recyclage de leurs propres produits. Sur les plans économique et environnemental, les fabricants qui ont l'intelligence d'inclure la facilité de recyclage dans leurs critères de conception devraient de fait en retirer des avantages financiers.

D'autres directives portant sur la réduction de la consommation d'énergie pendant la fabrication et l'utilisation sont en cours d'adoption. La directive EuP (Energy Usage Products), qui impose des limites de consommation énergétique pour une vaste gamme de produits, s'étend aux composants et aux sous-assemblages vendus sous forme de pièces détachées. Le respect de la directive EuP fera l'objet d'une vérification dans le cadre du programme de marquage CE, avec les normes de sécurité et de compatibilité électromagnétique établies.

---

Sur les plans économique et environnemental, les fabricants qui ont l'intelligence d'inclure la facilité de recyclage dans leurs critères de conception devraient de fait en retirer des avantages financiers.

## La conception des produits axée sur la durée de vie

Par nature, l'homme considère qu'il est plus facile de conserver les choses en l'état, même si tout lui prouve le contraire. Les nouveaux produits ne reflètent bien souvent qu'une progression de modifications incrémentales reposant sur des conceptions et des procédures héritées. Pensez à la procédure de montage d'une voiture : même si la robotique joue un rôle important depuis plusieurs dizaines d'années, le processus de montage global en est resté à la structure établie par Henry Ford. Pire encore, certaines étapes comme le collage et la soudure ont souvent remplacé le vissage ou le boulonnage. Conséquence : comme il est pratiquement impossible d'ouvrir les sous-ensembles pour les réparer, il faut les jeter et les remplacer complètement.

Dans le même temps, le coût des matériaux classiques enregistre une hausse vertigineuse : l'indice des prix pour les produits non manufacturés est passé de moins de 70 (le prix réel par rapport à une valeur moyenne définie à 100) en 1995 à plus de 170 (soit une augmentation de 70 % par rapport à la référence) en 2005. L'augmentation du prix de l'acier et du pétrole brut se répercute également sur les coûts de fabrication et d'expédition, alors même que les consommateurs ne cessent de réclamer une baisse des prix. Les constructeurs automobiles doivent souvent augmenter le prix de leurs modèles, ne serait-ce que pour payer les frais supplémentaires qu'imposent les réglementations liées à la fin de vie des véhicules. Qu'est-il donc possible de faire pour équilibrer ou abaisser ces problèmes de coût ?

Les États-Unis et l'Europe dominent actuellement la scène de la conception de produits. Pour conserver leur suprématie face aux pressions économiques et sociales qui s'exercent de plus en plus fortement en faveur de la conception durable, ils peuvent, et doivent, surmonter leur aversion traditionnelle pour le changement des principes de base. Ainsi que le remarque Kishore Boyalakuntla, responsable technique national pour les solutions d'analyse chez Dassault Systèmes SolidWorks Corp. : « Le défi est le catalyseur de l'innovation ; c'est pourquoi les constructeurs automobiles, à commencer par Ford, voient maintenant d'un autre œil chaque pièce en plastique utilisée dans leurs véhicules. » Ils se posent les questions suivantes :

- Quel est le coût des matières premières ?
- Quel est l'impact environnemental du traitement et de la manutention ?
- Quelle consommation énergétique est nécessaire pour utiliser ce matériau ?
- Existe-t-il un matériau plus facile à recycler, pour le même coût ?
- Existe-t-il un nouveau matériau dont la résistance permette de produire des pièces de la même durabilité avec des quantités moindres ?

Dans le même temps, un grand nombre de groupes industriels et gouvernementaux ont élaboré des méthodes numériques qui permettent d'évaluer l'impact environnemental relatif de différentes sélections pour le matériau, le traitement et le transport. Ainsi que le souligne Kishore Boyalakuntla, « Les universités elles-mêmes, comme l'Institut de technologie du Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology - MIT), ne se contentent pas d'examiner les méthodes énergétiques et les nouvelles méthodes de conception, mais elles commencent à mettre sur pied de nouveaux départements qui regroupent plusieurs disciplines différentes concernées par le développement durable. »

---

Certaines étapes comme le collage et la soudure ont souvent remplacé le vissage ou le boulonnage. Conséquence : comme il est pratiquement impossible d'ouvrir les sous-ensembles pour les réparer, il faut les jeter et les remplacer complètement.

## Analyse et planification du cycle de vie

L'examen du contexte global permet d'identifier les tâches spécifiques de conception des produits qui peuvent être réévaluées en vue de réduire leur impact environnemental général. Dans le cas d'un processus de fabrication de produits, une analyse du cycle de vie (LCA) identifie l'énergie et les déchets (solides, aérogènes et hydriques) associés à chaque étape pertinente, notamment :

- Extraction des matières premières
- Traitement des matériaux
- Fabrication des composants
- Assemblage et emballage
- Distribution et achat
- Installation et utilisation
- Maintenance et mise à niveau
- Fin de vie :
  - recyclage des matériaux
  - réutilisation des composants
  - réutilisation des produits
  - enfouissement des déchets
  - incinération

---

Au niveau du globe, plusieurs dizaines de sociétés avisées veillent depuis déjà des années à intégrer tout ou partie de ces éléments de conception dans différentes industries, de l'ameublement et des revêtements de sol aux télécommunications, en passant par les outils.

Une tentative intéressante, et pour le moins opportune, de quantifier ces facteurs au niveau des décisions de conception est le fruit d'une association entre l'Industrial Designers Society of America et l'EPA (Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement). Leur projet, connu sous le nom d'Okala, consiste à mettre à jour la liste des valeurs d'« impact » calculées pour plusieurs centaines de matériaux et de processus. Par exemple, la valeur 140 est attribuée à un produit qui utilise l'aluminium comme matériau, tandis que l'utilisation du plastique ABS (dont le traitement sous forme brute consomme moins d'énergie) la ramène à 47. (Pour de plus amples informations, rendez-vous sur [www.IDSA.org](http://www.IDSA.org).)

Au niveau du globe, plusieurs dizaines de sociétés avisées veillent depuis des années déjà à intégrer tout ou partie de ces éléments de conception dans différentes industries, de l'ameublement et des revêtements de sol aux télécommunications, en passant par les outils. Par exemple :

- Avec IKEA, la conception des meubles en kit a acquis ses lettres de noblesse ; la science que la société a acquise en la matière est telle que l'emballage des pièces se compose le plus souvent de boîtes plates qui se prêtent idéalement à un empilage efficace dans les camions de livraison, ce qui réduit au minimum les frais de transport (kilométrage et carburant).
- BASF aide les constructeurs automobiles à gagner du temps et de l'argent avec ses revêtements UV/thermiques qui réduisent nettement le dégazement ; cela permet de minimiser les émissions volatiles, voire les défauts potentiels résultant du bullage pendant le durcissement de la peinture.
- Il y a plus de 10 ans, IBM a mis en place pour ses installations globales de fabrication et de développement matériel, ainsi que ses unités commerciales, un système de gestion environnemental ISO4001 formel capitalisant sur les efforts précédemment déployés pour garantir que les considérations environnementales s'inscrivent dans le cadre normal de toutes les décisions commerciales.

- Whirlpool a reçu sept fois le titre de Partenaire ENERGY STAR® de l'année, et son engagement en faveur de l'environnement au niveau de l'emballage, de la production et de la conception a été reconnu au niveau international.
- Le centre de recyclage de BMW démonte les nouveaux modèles afin de tester l'efficacité du processus de démontage, puisque certaines pièces sont conçues pour la réutilisation et d'autres pour le recyclage. Le groupe communique les informations collectées au centre de conception.
- La gamme des outils électriques industriels DeWalt utilise une conception modulaire qui fait que tous les outils de la ligne de produits « 14,4 Volts » utilisent le même modèle de batterie de 14,4 Volts rechargeable (par exemple, perceuse, scie à chaîne, lampe de poche).

## Efforts spécifiques de la conception de produits

Puisque le terme durable peut s'appliquer aussi bien aux domaines de la conception de produits qu'aux applications, vous trouverez ci-dessous des détails concernant plusieurs sociétés et leurs produits, en particulier les processus qui ont permis de fabriquer des produits améliorés avec de meilleurs impacts financiers et environnementaux.

### Medtronic

En physiologie, le terme « perfusion » désigne la quantification d'un nutriment nécessaire (l'oxygène par exemple) que le sang d'un patient distribue à son système. Le groupe Medtronic Perfusion Systems fabrique une ligne de produits, qui permettent de contrôler ce facteur dans le cadre d'une chirurgie avec circulation extracorporelle en assurant la circulation, le contrôle de la température, le filtrage et l'oxygène supplémentaire. Ces systèmes doivent assurer un transfert des gaz efficace et homogène, un cisaillement sanguin minimal, un faible volume d'amorçage et une petite baisse de la pression sanguine.

Perfusion Systems a incorporé des procédures DfE (design-for-the-environment : conception pour l'environnement) dans sa méthodologie globale de contrôle de la conception. Ce processus a déjà permis de réduire de 75 à 85 % l'utilisation des produits chimiques et les eaux usées pour un processus de poudrage dans le cadre de la fabrication, ce qui représente une économie annuelle de 2,1 millions de dollars. De plus, la société envisage de réduire de 30 à 35 % l'utilisation des matériaux et de 90 % les déchets solides industriels générés dans le cadre d'un processus de fabrication de batterie. Cette approche permet des économies annuelles potentielles de l'ordre de 200 000 US\$.



Le processus d'analyse des coûts utilisé pour cet oxygénateur fabriqué par Medtronic, Inc. a été optimisé pendant la phase de conception, ce qui a permis de réaliser des économies considérables.

Ce processus a déjà permis de réduire de 75 à 85 % l'utilisation des produits chimiques et les eaux usées pour un processus de poudrage dans le cadre de la fabrication, ce qui représente une économie annuelle de 2,1 millions de dollars.

## Ordinateur de bureau Apple Power Mac G4

Une étude de cas effectuée en 2000 sur l'ordinateur de bureau Apple Power Mac G4 a présenté l'approche que la société a adoptée pour garantir une conception de produits durable.



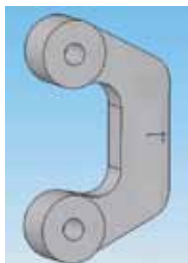
En concevant son ordinateur de bureau power mac g4, apple a choisi de le doter de nombreux éléments qui ont permis de réduire le nombre de pièces, de faciliter les réparations et de favoriser le désassemblage pour le recyclage.

La modification des attributs de conception ci-dessous permet notamment les améliorations suivantes :

- **Conservation de l'énergie** : la réduction du profil thermique permet de désactiver les ventilateurs quand l'ordinateur passe en mode veille ; la consommation en mode veille est inférieure à 4 Watts (soit 17 % exactement de la norme ENERGY STAR 30 Watts)
- **Conservation des matériaux** : le nombre de composants utilisés pour la carte mère universelle du Mac G4 a été réduit de 50 % par rapport aux systèmes précédents ; les glissières et les patins servant à fixer les lecteurs zip et les CD-ROM aux châssis ont été éliminés
- **Composants dangereux** : la batterie au lithium ne contient pas de métaux lourds ; la fabrication n'a pas fait appel aux chlorofluorocarbures (CFC) ni aux autres composés responsables de l'appauvrissement de la couche d'ozone
- **Robustesse de conception** : utilisation continue de composants modulaires standard dans des produits différents ; incorporation de composants respectant les normes de l'industrie
- **Facilité de maintenance, de réparation et de mise à niveau** : tous les composants sont accessibles par l'intermédiaire d'un panneau latéral d'ouverture du boîtier ; il est très facile de retirer, remplacer et mettre à jour le processeur ; les composants clé peuvent être changés en une minute
- **Facilité de désassemblage/recyclage** : le nombre de vis nécessaires pour monter la carte mère sur le châssis a été réduit de 11 à 2 (réduction en termes de temps et d'argent) ; il est facile de séparer le châssis en métal et l'habillage en plastique polycarbonate dans l'optique du recyclage

## Réductions des matériaux dans le secteur automobile

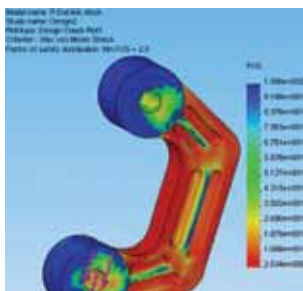
La réduction des coûts et l'amélioration de la sécurité. Ces deux facteurs peuvent coexister avec d'excellents résultats dans la conception de produit, en partant de l'analyse détaillée précise d'une forme mécanique assortie de propriétés matérielles. Un constructeur automobile a récemment utilisé la solution d'analyse par éléments finis (FEA) pour évaluer la conception d'un support avec anneau de fermeture servant à connecter la barre stabilisatrice et le bras de suspension d'une suspension automobile afin de réduire la consommation de matériaux. Cet effet d'entraînement permettrait de réduire les coûts, puisque les achats se feraient en quantités plus réduites et la production des matériaux consommerait moins d'énergie.



Conception originale d'un anneau de fermeture pour suspension en nylon renforcé plein



Anneau de fermeture de suspension revu avec l'ajout de gorges destinées à minimiser l'utilisation de matériaux tout en conservant une résistance d'utilisation sûre



Distribution des contraintes sur l'anneau de fermeture révisé, avec un coefficient de sécurité acceptable de 2,5

Fabriquée en nylon renforcé, la pièce pleine, moulée par injection, avait, dans sa conception initiale, un coefficient de sécurité minimal de 3,4, pour un coût individuel de 0,65 US\$. Lorsqu'elle a revu la pièce, la société en a analysé les contraintes résultantes et les limites fonctionnelles, puis l'a dotée de six fentes, réduisant sa masse de 0,234 kg à 0,205 kg. L'analyse des contraintes AIO a montré qu'elle pouvait toujours fonctionner avec un coefficient de sécurité minimal acceptable de 2,5, ce qui correspondait à une économie de 0,09 US\$ par pièce. L'utilisation réduite de matériaux dans cette nouvelle conception se traduit par une économie annuelle de plus de 32 000 US\$ sans pour autant compromettre la sécurité.

Cet effet d'entraînement permettrait de réduire les coûts, puisque les achats se feraient en quantités plus réduites et la production consommerait moins d'énergie.

## Dell

La moindre fixation revêt un rôle capital dans l'optique du désassemblage. Pourquoi utiliser trois types de tête de vis alors qu'un seul suffirait ? Il est plus facile de commander une seule pièce, de l'acheter en grande quantité et d'effectuer le montage/démontage avec un seul type de tournevis.



Pour ouvrir ce capot d'ordinateur dell, il suffit de pousser deux boutons de chaque côté du capot. Aucun outil n'est requis et les connecteurs sont intégrés aux pièces correspondantes.



Le levier placé sur le bâti de la carte de circuits imprimés de cet ordinateur Dell assure deux fonctions : connecteur et poignée.



Un connecteur à pince remplace un adhésif pour maintenir bien en place une mousse acoustique à l'intérieur du panneau avant d'un ordinateur.

Dans le même temps, avec les modules d'emboîtement-pression, les vis et les tournevis sont désormais inutiles, ce qui facilite aussi bien les réparations que les remplacements, et permet de séparer sans problèmes les matériaux à la fin de vie du produit. Les processus de collage classiques ne présentent pas ces avantages. Chez Dell, la conception des ordinateurs utilise plusieurs méthodes très astucieuses de fixation, qui permettent toutes de réaliser des économies en termes de matériaux, temps et efforts :

- Pour ouvrir le capot d'un ordinateur Dell, il suffit d'appuyer sur deux boutons de chaque côté du capot ; les connecteurs sont intégrés à l'unité.
- Le levier sur le bâti de la carte de circuits imprimés assure deux fonctions : connecteur et poignée.

Le logiciel d'analyse permet même d'optimiser la conception d'une fixation par emboîtement-pression en plastique flexible : par exemple, un crochet alésé devrait normalement mieux résister à une succession de démontages et de montages qu'un crochet avec coupe transversale rectangulaire.

---

Avec les modules d'emboîtement-pression, les vis et les tournevis sont désormais inutiles, ce qui facilite aussi bien les réparations que les remplacements, et permet de séparer sans problèmes les matériaux à la fin de vie du produit. Les processus de collage classiques ne présentent pas ces avantages.

## Études de cas SolidWorks

Face à un dédale toujours plus fourni de problèmes relatifs aux coûts et aux réglementations qui compliquent sans cesse la sélection des matériaux et de la géométrie, les concepteurs ont besoin d'outils capables d'automatiser et de simplifier les décisions matérielles. Kishore Boyalakuntla considère qu'un tel logiciel a un rôle fondamental à jouer : « Pour élaborer un produit qui aura un impact positif tout au long de sa durée de vie, vous devez tester beaucoup d'idées. Or la seule méthode pour le faire passe par la conception virtuelle et les tests virtuels. Les techniciens peuvent contribuer au processus durable en utilisant les outils avec lesquels l'analyse pilote la conception. »

Les logiciels d'analyse tels que SolidWorks Simulation et SolidWorks Flow Simulation, accessibles à partir des menus déroulants du logiciel de CAO 3D SolidWorks, aident les concepteurs à évaluer avec pertinence les impacts de leurs sélections et à exécuter rapidement plusieurs hypothèses de scénario afin d'optimiser les différents facteurs définis par l'utilisateur.

L'optimisation consiste à concevoir des pièces et des assemblages sur la base d'une masse minimale, mais permettant cependant de résister aux défaillances dans des conditions normales d'utilisation. Certaines études basées sur le logiciel présentent des gains importants :

- Analyse de géométries plus légères complexes, proposant de remplacer les prismes volumiques par des tubes et des poutrelles en I
- Comparaison des propriétés mécaniques d'une pièce en fonction des matériaux employés, un simple clic sur une bibliothèque des propriétés des matériaux intégrée permettant de modifier les paramètres
- Test de différentes fonctions pour une pièce, à l'aide du Configuration Manager

Puisque ces études permettent de remplacer de façon économique le prototypage physique de chaque itération de conception, les concepteurs peuvent s'engager dans des options qui se seraient autrement révélées trop coûteuses ou fastidieuses pour la construction et les tests.

### Profil utilisateur

La société Commuter Cars (Spokane, WA, [www.commutercars.com](http://www.commutercars.com)), qui utilise SolidWorks, a appliqué dès le départ des concepts durables pour concevoir la Tango, sa voiture à deux places caractéristique. Ce véhicule électrique à batterie peut slalomer dans les embouteillages comme une moto, alors même que la conception de sa cage de retournement, inspirée de celle des voitures de course, et son centre de gravité très bas garantissent la même sécurité que sur les berlines de série intermédiaire.



Commuter Car, véhicule à deux places pour le transport urbain, basé sur les éléments de conception de sécurité des voitures de course

---

L'optimisation consiste à concevoir des pièces et des assemblages sur la base d'une masse minimale, mais permettant cependant de résister aux défaillances dans des conditions normales d'utilisation.

Rick Woodbury, le président de la société, explique que son équipe s'est efforcée d'attribuer plusieurs fonctions à chaque aspect de la voiture dès le stade de la conception. Par exemple, le boîtier de batterie assure la résistance à la torsion du véhicule, tandis que les moteurs constituent la structure du différentiel. La conception du châssis permet plusieurs modèles de carrosserie, afin de diffuser les avantages de la modularité à tous les niveaux.



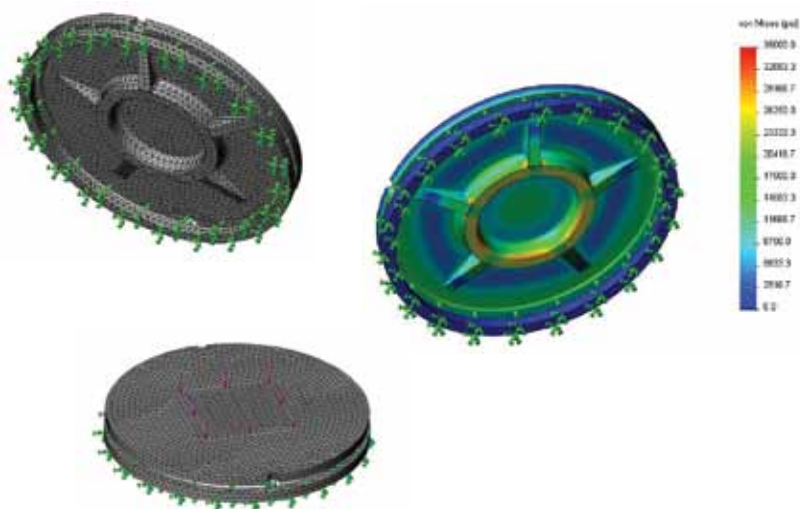
Panneau latéral de la Commuter Car. Conception renforcée basée sur la conception technique, se traduisant par une résistance maximale pour un poids minimal

Cette approche relève du bon sens, et, en y regardant de plus près, Commuter Cars prend également en charge une conception durable en employant des fixations qui favorisent un démontage rapide, tout en veillant à éviter les processus hybrides (collage/soudure de matériaux différents) pour garantir un recyclage à l'état pur de tous les éléments.

### Réduction des matériaux

L'optimisation du poids et du volume d'une pièce contribue non seulement à abaisser le coût des matières premières, mais également à réduire les frais d'expédition. Elle permet également de garantir le respect des normes de l'Union européenne relatives aux matériaux, ce qui évitera de perdre un marché potentiel.

L'optimisation du poids et du volume d'une pièce ne se limite pas à abaisser le coût des matières premières, mais réduit également les frais d'expédition.



LeBARON Foundry a utilisé SolidWorks Simulation pour identifier, dès l'étape de conception, les zones de plaques d'égouts en fonte dont l'épaisseur pouvait être abaissée sans réduction des performances de sécurité. Les économies de matériaux ont représenté 25 % en poids, soit plus de 5 millions us\$ par an.

Le fait de modifier la géométrie en conservant les mêmes matériaux peut entraîner de surprenantes économies financières, même pour les produits low-tech de tous les jours. Il suffit de prendre l'exemple d'une plaque d'égout ; foulé par les véhicules et les piétons, voire ouvert au levier, ce pilier des systèmes publics municipaux est depuis toujours l'un des produits les plus vendus par la société LeBARON Foundry, implantée à Brockton dans le Massachusetts. Et pourtant, la société a été contrainte il y a quelques années de réduire ses coûts de production, pour concilier la nette augmentation du prix de la ferraille et les stipulations d'un contrat municipal bloqué.

La société venait juste d'acheter SolidWorks Premium avec SolidWorks Simulation, et elle a pensé qu'il était possible d'accélérer son processus de test en passant au crible les différentes géométries de conception, avant de passer à la production des échantillons destinés aux tests de résistance. En utilisant la fonction d'analyse du logiciel, LeBARON a découvert que la majorité de ses pièces présentaient une surconception (leur épaisseur excédait les impératifs de sécurité et de performance) et a donc choisi de repenser les géométries, en consacrant moins de deux jours pour chacune.

Ce processus a permis d'économiser jusqu'à 25 kg (50 livres) de ferraille pour une plaque d'égout classique, ce qui correspond à une réduction de poids pouvant atteindre 25 % ; en termes de coûts, ces réductions ont plus que couvert le manque à gagner de 500 000 US\$ par an.

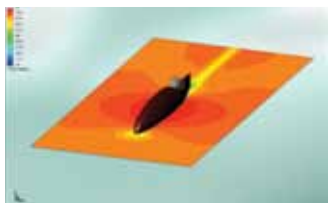
### Optimisation des fonctions de produits

L'optimisation fonctionnelle consiste à ajuster les pièces et les assemblages de façon à concilier tous les aspects de la conception (poids, performance fonctionnelle, durabilité, esthétique) pour obtenir la ou les pièces les mieux adaptées pour l'utilisation prévue. L'observation des processus naturels peut constituer un excellent point de départ, comme ce fut le cas pour Ben Eadie, qui occupe les fonctions de consultant auprès de la société MountainWave Design Services (Calgary, Alberta, Canada ; [www.mountain-wave.ca](http://www.mountain-wave.ca)).

.....  
L'observation des processus naturels peut constituer un excellent point de départ.



Greg kolodziejzyk a conçu et construit un vélo a position allongée entouré par un carénage léger (hauban).



Vitesse d'écoulement de l'air autour du carénage

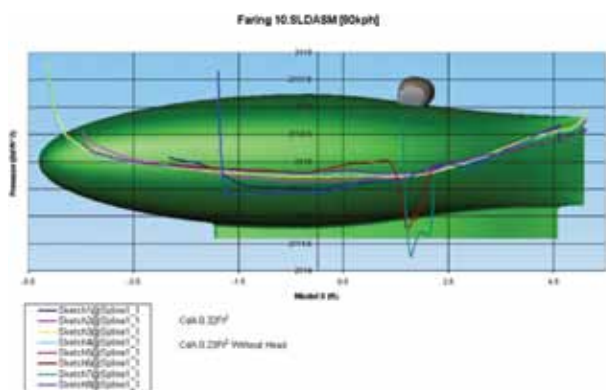


Diagramme des pressions pour les différentes formes de conception de carénage de vélo (hauban)

Ben Eadie avait pris contact avec Greg Kolodziejzyk, un chef d'entreprise à la retraite qui avait décidé de battre le record mondial des 24 heures en propulsion humaine (1021,36 km) établi en 1995. Puisque le règlement excluait tout recours à l'énergie éolienne ou à l'énergie accumulée, Greg Kolodziejzyk a conçu et construit un vélo personnalisé à position allongée entouré d'un carénage léger. Cependant, les tests physiques lui avaient indiqué qu'une reconception du hauban en fibres de carbone (le carénage) serait probablement utile si elle permettait de mieux fendre l'air.

Puisqu'il utilisait les programmes de CAO SolidWorks depuis 1999, Ben Eadie a combiné l'expertise qu'il avait acquise dans la conception des systèmes aérodynamiques avec les fonctionnalités des deux compléments SolidWorks : SolidWorks Simulation pour l'analyse structurale et SolidWorks Flow Simulation pour le calcul de dynamique des fluides (CFD). Ses analyses structurales furent très utiles pour déterminer la position exacte du coureur ; de plus, les recherches qu'il avait effectuées sur la forme des animaux capables de traverser des fluides à une vitesse comparable à celle recherchée par Greg Kolodziejzyk (50 km/h en moyenne) lui avaient permis de conclure que le carénage devait avoir la forme d'un poisson.

Alors même qu'il ne possédait pas une maîtrise parfaite de SolidWorks Flow Simulation, Ben Eadie a pu créer cinq conceptions différentes pour le carénage, reposant sur 20 à 30 analyses différentes, d'une durée individuelle de six heures en moyenne. Il souligne qu'il convient de comparer cette durée au temps nécessaire pour construire un prototype physique (jusqu'à deux ans par modèle), en sachant que les modifications et améliorations des prototypes posent des problèmes certains.

Il s'est donc imposé une règle simple : toujours tester la conception dans le logiciel. Dès que l'équipe envisageait d'apporter la moindre modification à la conception, elle commençait par l'évaluer sur le modèle informatique, pour s'assurer que le jeu en valait la chandelle. Pour Ben Eadie, il est tout à fait inutile de passer au stade de la construction sans vérification préalable sur l'ordinateur. La conception finale, rationalisée et unique, a permis à Greg Kolodziejzyk de battre le record mondial des 24 heures en propulsion humaine le 20 juillet 2006, avec une distance de 1046,94 km.

### Réutilisation et élimination

Une conception facile à réutiliser, à désassembler et/ou à recycler prolonge la durée de vie utile du produit tout en facilitant sa mise au rebut par le tri des types de matériau. Un exemple qui illustre bien des points, ainsi que la plupart des autres aspects liés à la conception durable, a été fourni dans le cadre d'un atelier de conception dynamique, qui s'est tenu pendant l'été 2006 à l'Institut de technologie du Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology - MIT) de Cambridge, dans le Massachusetts.

Kim Vandiver, doyen du MIT pour la recherche de premier cycle, a prodigué ses conseils dans le cadre du projet VDS (Vehicle Design Summit) 1.0. Proposé et géré par les étudiants, ce projet représentait un effort sérieux visant à révolutionner les transports personnels au moyen de technologies de propulsion alternatives. Quatre équipes comportant chacune une douzaine d'étudiants (21 universités et 13 pays) se sont penchées sur les quatre approches suivantes :

- Véhicule électrique à pile à combustible : une pile à combustible alimentée en hydrogène génère de l'électricité qui est stockée dans une batterie pour actionner un moteur électrique
- Véhicule biocarburant : un moteur diesel converti fonctionne avec de l'huile végétale pure
- Véhicule à propulsion humaine assistée (AHPV) : combine le mouvement d'un vélo et l'énergie solaire
- Véhicule électrique par impulsion : est alimenté par une puissance électrique pure

---

Une conception facile à réutiliser, à désassembler et/ou à recycler prolonge la durée de vie utile du produit tout en simplifiant sa mise au rebut par le tri des types de matériau.



Versions finales des véhicules à carburant de remplacement conçus et construits en neuf semaines par les quatre équipes participant au projet VDS (Vehicle Design Summit), organisé au MIT pendant l'été 2006. Les quatre conceptions sont les suivantes (de gauche à droite) : biocarburant, véhicule à propulsion humaine assistée, véhicule électrique par impulsion et pile à combustion alimentée en hydrogène. (Image gracieusement fournie par MIT VDS 1.0)



Les étudiants en charge des équipes pour le projet VDS (Vehicle Design Summit) organisé au MIT en 2006 (de gauche à droite) : Robyn Allen, Matt Ritter, Nii Armar et Anna Jaffe. (Image gracieusement fournie par MIT VDS 1.0)

Les étudiants ont d'abord cherché à comprendre l'ensemble du système du véhicule et son impact environnemental, pour l'adapter et en construire un modèle propre à chaque source d'énergie spécifique, dans l'optique complète de la conception durable.

De la conception initiale à la construction finale, les étudiants ont presque tous utilisé SolidWorks et SolidWorks Simulation pour la CAO 3D ainsi que pour l'analyse des pièces/assemblages. Par exemple, l'équipe Impulsion a utilisé la fonction d'analyse des matériaux pour déterminer le comportement du châssis en fonction des propriétés données de l'acier Chromolly ; le logiciel a permis d'identifier les points faibles et les déflexions pour les charges spécifiées. L'équipe Biocarburant a utilisé le logiciel de CAO pour optimiser la légèreté et l'aérodynamisme de la voiture, tandis que l'équipe Piles à combustible s'est attachée à employer des matériaux recyclables (l'aluminium pour le châssis et le polypropylène pour la carrosserie). En fait, ce groupe considère que son véhicule est recyclable à 80 ou 90 %. Les quatre véhicules ont été construits dans les délais (neuf semaines de la conception à la mise sur route) et leur comportement est très proche des prévisions.

---

L'équipe Biocarburant a utilisé le logiciel de CAO pour optimiser la légèreté et l'aérodynamisme de la voiture, tandis que l'équipe Piles à combustible s'est attachée à employer des matériaux recyclables (l'aluminium pour le châssis et le polypropylène pour la carrosserie).

Un programme VDS 2.0 de suivi a débuté en janvier 2007. Il portait sur la conception et la construction d'un véhicule à quatre places respectant les spécifications de performance minimales suivantes :

1. Minimiser la consommation d'énergie pendant la conception, la construction, l'utilisation et le recyclage (avec un facteur de réduction de 20 par rapport aux coûts classiques pour une berline commerciale de 2006)
2. Parvenir à une consommation de 1,4 l/100 km et une autonomie de 240 km
3. Atteindre les 100 km/h départ arrêté en 10 secondes, avec une vitesse maximale de 200 km/h

Dans le cadre de ce programme, une cinquantaine d'équipes universitaires ont chacune conçu et construit un sous-système du même véhicule, puis elles se sont réunies pour l'assemblage final et l'essai de route. Les équipes ont testé leurs véhicules, en ont construit 40 versions pour le crash test et, plus récemment, ont commencé à chercher un constructeur pour passer à la production.

## Conclusion

Même si l'évaluation d'une conception durable exige toujours des compromis, elle n'en présente pas moins d'indéniables avantages à long terme (le long terme s'impose dans ce cas) :

- Réduction de l'impact sur l'environnement
- Utilisation de technologies propres pour la vie quotidienne, la construction et la fabrication
- Réduction des coûts de traitement de l'eau
- Réduction des déchets
- Prévention de la pollution du sol, de l'air et de l'eau
- Préservation des forêts et de la biodiversité
- Réduction du changement climatique
- Réutilisation ou recyclage des produits à leur fin de vie

Les produits logiciels précis garantissent les meilleures analyses ; en effet, leurs résultats peuvent être répétés, partagés et analysés par tous les services d'une société, de la conception au marketing, en passant par la fabrication et le transport. Les sociétés visionnaires se garantissent des bénéfices plus importants que les sociétés passives, axées sur la réaction ; de plus, les sociétés qui savent devancer leurs concurrents éviteront également la délocalisation de leurs emplois. Un logiciel qui permet l'exécution de processus de conception durable à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit constitue un outil capital pour garantir le succès de l'exploitation dans l'environnement de conception actuel.

Maison mère  
Dassault Systèmes  
SolidWorks Corp.  
300 Baker Avenue  
Concord, MA 01742, EU  
Téléphone : +1-978-371-5011  
Email : [info@solidworks.com](mailto:info@solidworks.com)

Siège européen  
Téléphone : +33-(0)4-13-10-80-20  
Email : [infoeurope@solidworks.com](mailto:infoeurope@solidworks.com)

Bureau français  
Téléphone : +33 (0)1-61-62-73-61  
Email : [infofrance@solidworks.com](mailto:infofrance@solidworks.com)

