



'Physics of Manufacturing'
Projet 'Reverse Engineering'

Guide 1

Analyse fonctionnelle et écriture d'un cahier des
charges produits

Yves Bellouard

Travail à effectuer: méthode à suivre

Etape 1. Analyse générale de la famille de produits du point de vue d'une analyse fonctionnelle.

Etape 2. Etablissement d'un cahier des charges plausibles

Etape 3. Etude de cas. Analyse fonctionnelle du cas étudié. *‘Comment l'objet considéré répond à un cahier des charges’ / ‘Etude de la solution technique proposée’*

Tire bouchon

*Description
fonctionnelle*



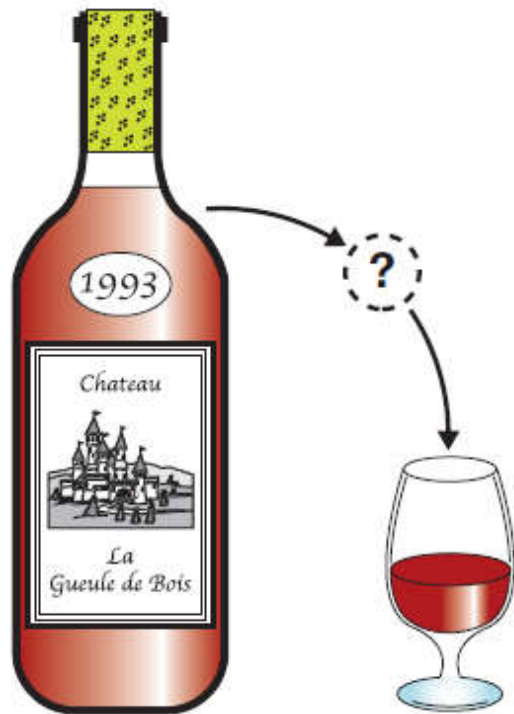
*Cahier des
charges
'clients'*



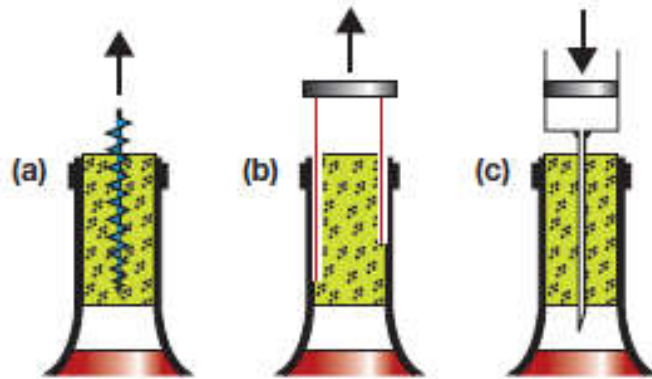
*Cahier des
charges
'techniques'*

Règle des Ws

- What?
- Who?
- Why?
- Where?
- Etc.



Différentes façons de répondre à un cahier des charges... (solution technique)

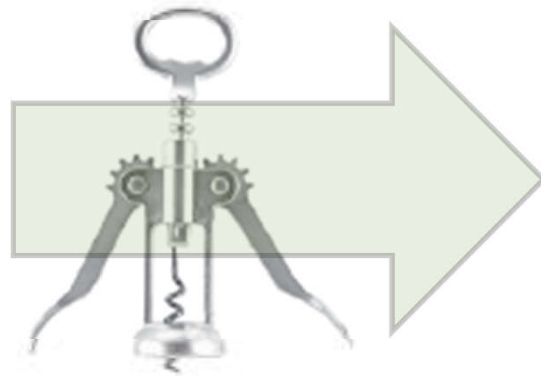


(Picture A-Best, Akron, Ohio)

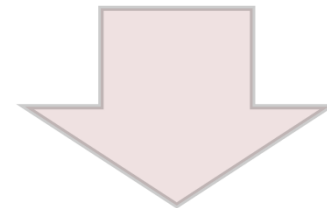


Problème inverse

- De la solution à la compréhension des choix techniques effectués



- *Cahier des charges générique ('client' =*
- *Analyse fonctionnelle 'produit')*



Analyse de la solution
'produit' trouvée

Méthode

Règle des Ws:

- What?
- Who?
- Why?
- Where?
- Etc.

1/ Description de la fonction de l'objet *sans référence* à la solution

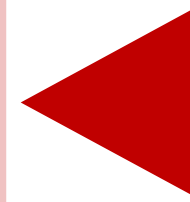
2/ A qui l'objet est destiné ?

3/ But de l'objet ? Quel problème résout-il ?

4/ Environnement

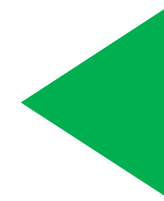
Illustration dans le cas du tire-bouchon

- Retirer un bouchon enfoncé par friction dans une bouteille
- Ne pas contaminer le liquide contenu
- Permettre de récupérer le bouchon (réutilisation ou observation)



Fonction

- Utilisable par un adulte ou un jeune adulte (>12 ans)
- Tenir dans une poche
- Pouvoir être utilisé en milieu externe
- Avoir une durée de vie de 5 ans
- Ne pas coûter plus que 5 CHF
- Risque limité de blesser l'utilisateur
- Etc.



Contraintes



**‘Physics of Manufacturing’
Projet ‘Reverse Engineering’**

Guide 2

Nomenclature

Yves Bellouard

Objectifs

1. **Identifier** l'ensemble des pièces constituant l'objet
2. Etablir une **nomenclature**
3. **Relation** entre les pièces
4. Pour chaque pièce:
 - 1) **Description** géométrique simple (symétrie de rotation, forme particulière, etc.)
 - 2) **Fonctions spécifiques** de la pièce dans l'objet
 - Primaires
 - Secondaires
 - Niveau d'importance
 - 3) **Matériaux** identifiés

Recommandations / Méthodologie

- **Observer** attentivement !!
- Utilisation de **tableau** pour chaque pièce
- **Identifier** les pièces (nombre, etc.)
- **Arborescence** descriptive de l'assemblage et des relations entre les pièces
- Le but est de préparer l'étape suivante qui sera d'établir un **cahier des charges** pour ces pièces et de comprendre:

1/ le choix du matériaux,

2/ le choix de la méthode d'usinage.

Exemple possible de tableau

Nom de la pièce	<ul style="list-style-type: none">- <i>Identification pour la nomenclature</i>- <i>Photo, croquis, etc..</i>
Description	<ul style="list-style-type: none">- Phrase descriptive: ex. 'Un cylindre creux avec un pas de vis'- Géométrie: ex. 'de rotation autour d'un axe, possède un élément de référencement, etc.- Autre caractéristique: ex. masse estimée, visible / non-visible une fois assemblée, etc.
Fonction(s) spécifique(s)	<ul style="list-style-type: none">- Primaire / Exemple pour un bouton de stylo bille: 'Permet à l'utilisateur de transmettre une force au mécanisme'- Secondaire / Rôle esthétique
Matériau(x)	<ul style="list-style-type: none">- Classe de matériaux : ex. Métal, polymères, etc.- Matériau- Etat de surface visible : ex. poli, brut, etc.- Traitement supplémentaire visible : ex. Coating, éloxage, etc.
Assemblage	<ul style="list-style-type: none">- Comment es-t'elle assemblée ? (ex. Visée sur pièce xx, soudée, etc.



'Physics of Manufacturing'
Projet 'Reverse Engineering'

Guide 3

Cahier des charges pièces, choix des
matériaux, assemblage

Yves Bellouard

Analyse des fonctions et spécifications des pièces: méthodologie

1. Identifier les pièces ayant une fonction clef pour le fonctionnement du produit à analyser
 - *Par fonction 'clef', on entend que la pièce considérée est essentiel au bon fonctionnement du produit. Une façon d'identifier ces pièces est d'imaginer si elles étaient absentes, est-ce que la fonction primaire du produit pourrait être réalisée?*
 - *On exclut les pièces de fixations ou d'alignement, telles que des vis ou des goupilles, à moins qu'elles soient très particulières et remarquables.*
2. Définir la fonction particulière de cette pièce, comme composant du produit étudié.
3. De la même façon que pour le produit dans son ensemble, on définit un cahier des charges plausible à laquelle devait répondre. (Problème inverse.) Le but étant à nouveau de comprendre les choix de matériaux et d'usinage effectués.

Analyse du choix de matériaux / Méthode d'usinage

En se basant sur le cahier des charges défini précédemment, on essaie de comprendre le choix du matériau.

1. En se basant sur la définition de la fonction à remplir, on peut poser les équations pertinentes pour le problème.
 - *Exemple: La pointe d'un stylo bille. Pour la bille, on pourrait estimer la pression maximale à laquelle la bille sera contrainte, en faisant l'hypothèse de la force appliquée sur le stylo par un utilisateur normal.*
2. On peut ensuite réfléchir à identifier les matériaux candidats qui rempliraient le cahier des charges, en ajoutant toutes les contraintes de conception connues, telles que, par exemple, le prix, l'aspect, etc. Pour cette partie, les diagrammes d'Ashby (voir document Moodle) offrent des guides.
3. Les points 1 et 2, couplés à l'analyse visuelle de la pièce (recherche d'indice) et de la forme, doivent amener à énoncer des choix possibles de méthode d'usinage.

Slide 3

BY1

Bellouard Yves, 26/03/2020

Assemblage

- L'objectif est d'analyser comment la pièce a été assemblée (châssée, soudée, assemblage mobile, etc.)
- Le principe est d'observer son emplacement dans l'ensemble du produit et ses relations avec les pièces en relation directe avec celle-ci.
- Cette analyse va permettre de comprendre les phases d'assemblage, *i.e. dans quel ordre et comment les éléments sont assemblés.*
- Dans cette phase d'étude (et en se basant sur le cahier des charges supposé), on pourra estimer la précision requise pour l'assemblage et son importance.



**‘Physics of Manufacturing’
Projet ‘Reverse Engineering’**

Guide 4

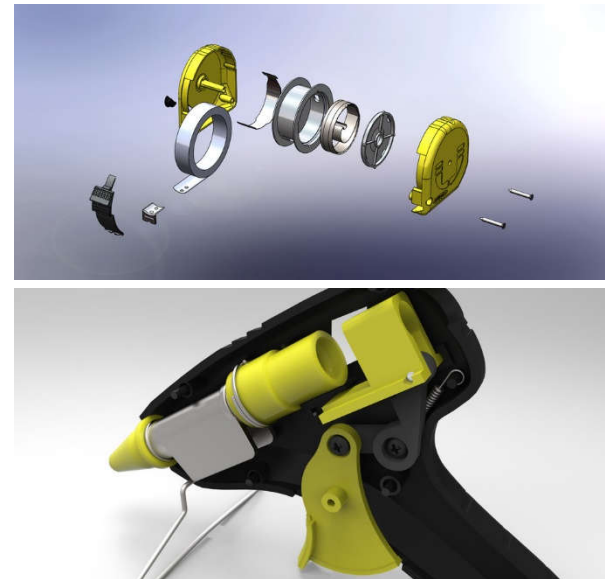
Ressources en ligne pour votre projet:
Base de données CAO d’objets divers

Yves Bellouard

Pour chercher des modèles 3D de vos objets

Sinon: (*gratuit mais une inscription parfois nécessaire*)

- <https://grabcad.com/>
 - Tout type d'objet
- <https://www.3dcontentcentral.com/>
 - Mixte Industrie et objets divers
- <https://www.traceparts.com/en>
 - Composants industriel



Programme pour ouvrir les modèles

Si nécessaire, vous pouvez installer:

- eDrawings // <https://www.edrawingsviewer.com/>
- Fusion 360 (cloud) <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators>

ou une alternative open-source:

- FreeCAD <https://www.freecadweb.org/>