

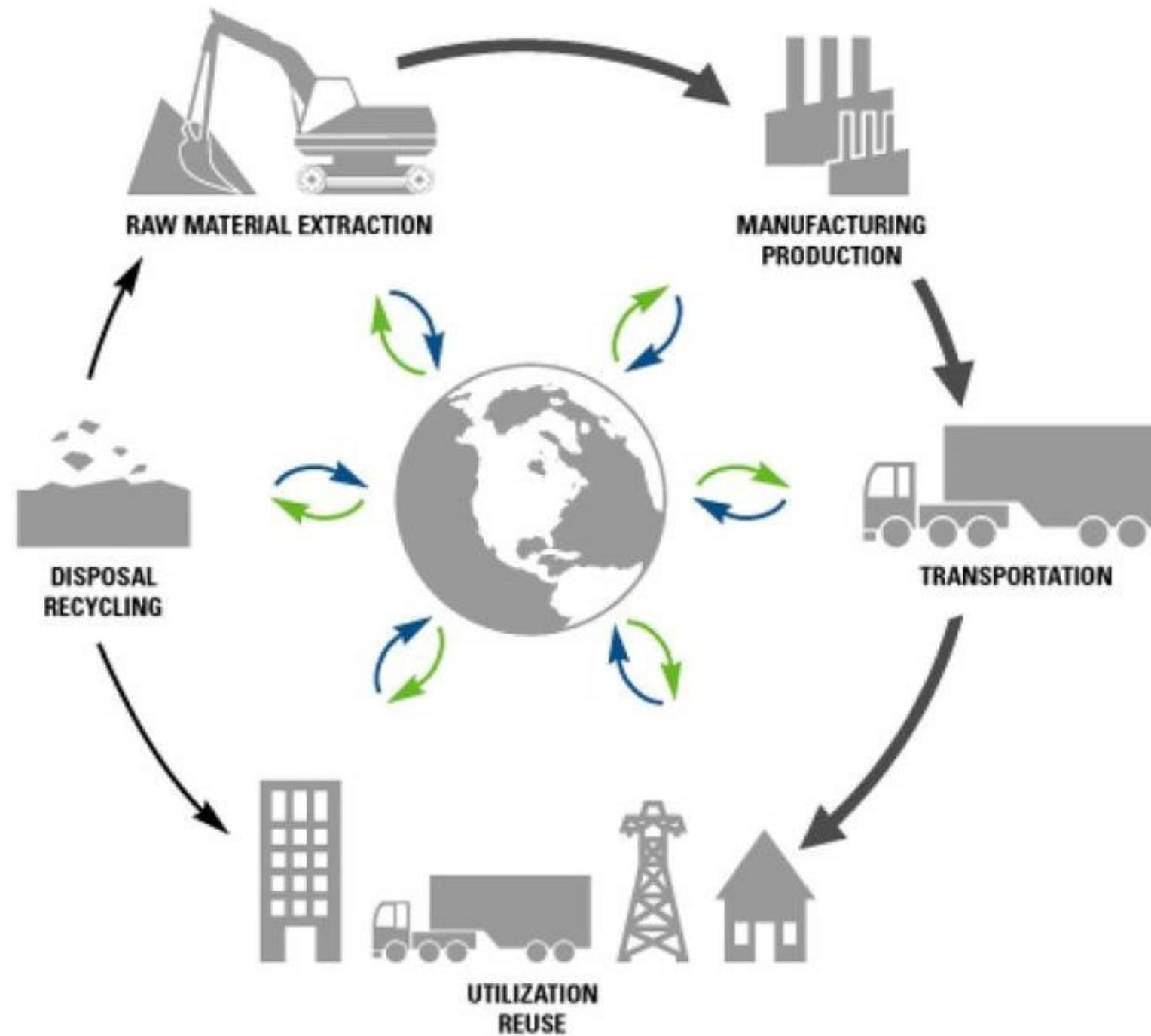
# Projet de Construction Mécanique

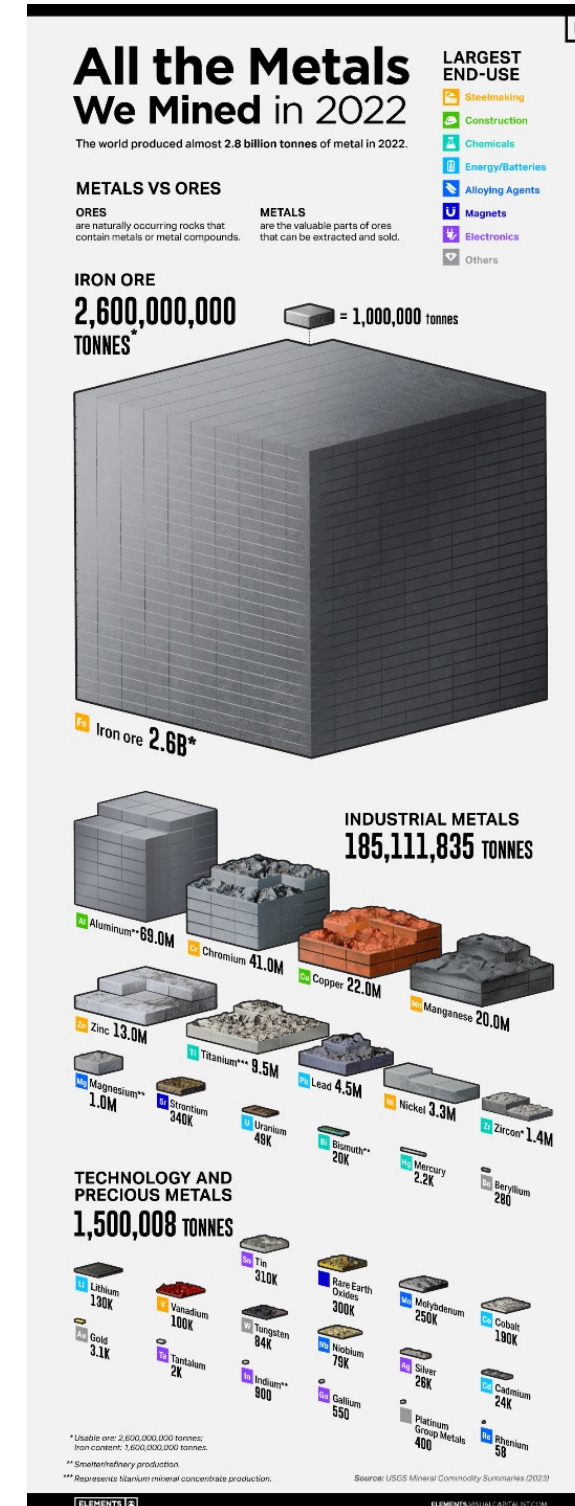
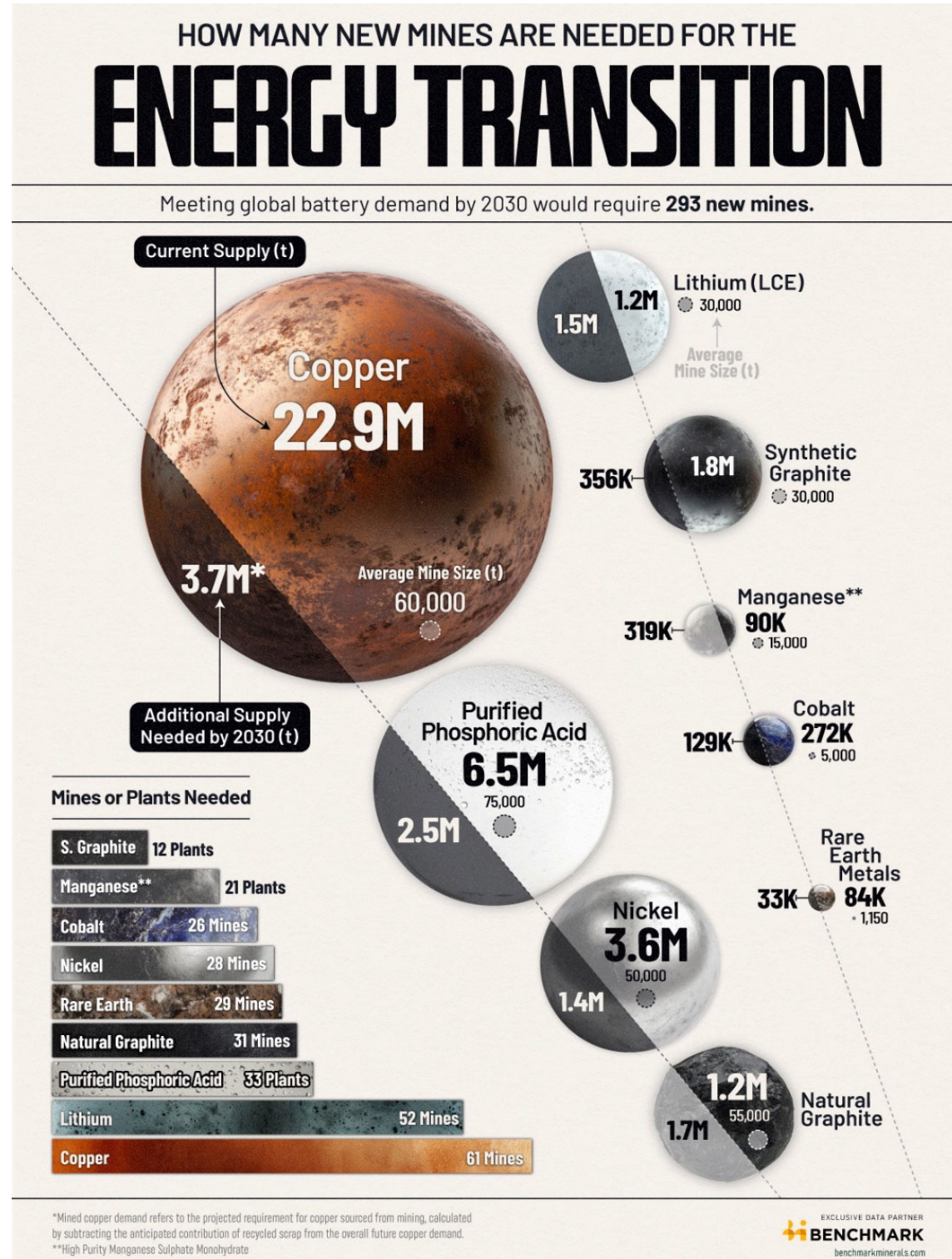
## Éléments de Machine

### Composants de la Mécanique

Cours de Construction Mécanique ME-105  
Deuxième Semestre - Première Année  
Sections Électricité et MatériauX

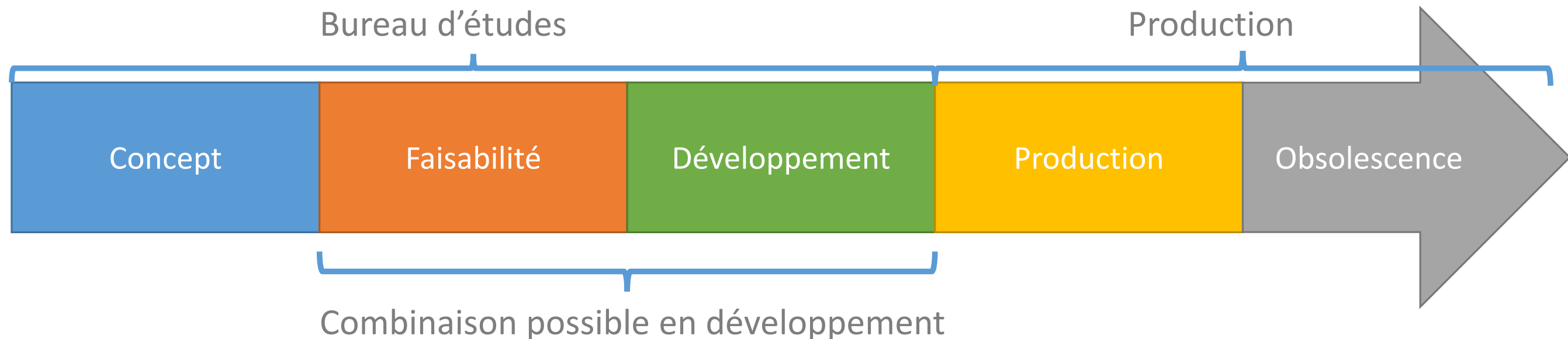
## 2. Cycle de Vie d'un Produit





## Phases de vie d'un produit du concept à l'obsolescence:

- Product Lifecycle Management Process (PLM, PLMP, PPLM)
- Méthode de management du développement industriel
- Processus itératif
- Passage des phases soumis à examens (audits):
  - Technique
  - Marketing
  - Financier
  - Qualité, ...



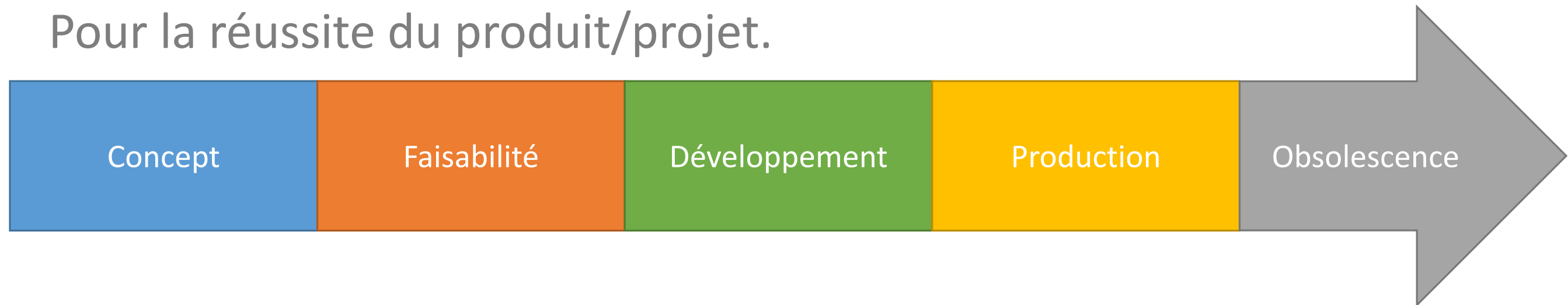


Collaboration étroite entre les départements de l'entreprise:

- Bureau d'étude
- Achats
- Production
- Marketing
- Opérations
- Business

Revue de projet et audits réguliers indispensables.

Pour la réussite du produit/projet.



## Imagination, spécification, planification, innovation

\$

Concept

Cahier des charges client ou marketing – Besoin à satisfaire



Spécifications techniques et commerciales

Définition des paramètres techniques, aspects fonctionnels

Brainstorming - Innovation – Amélioration de l'existant

Etude et design de concepts

Modélisation CAO et théorique

Evaluation et choix du concept technologique et économique le plus prometteur vs. spécifications

Fabrication et test fonctionnel d'un démonstrateur ou pas



Evaluation de la maturité du concept

Plan de Faisabilité (technique, financier, ...)

Le concept, la technologie répondent-ils au besoin?

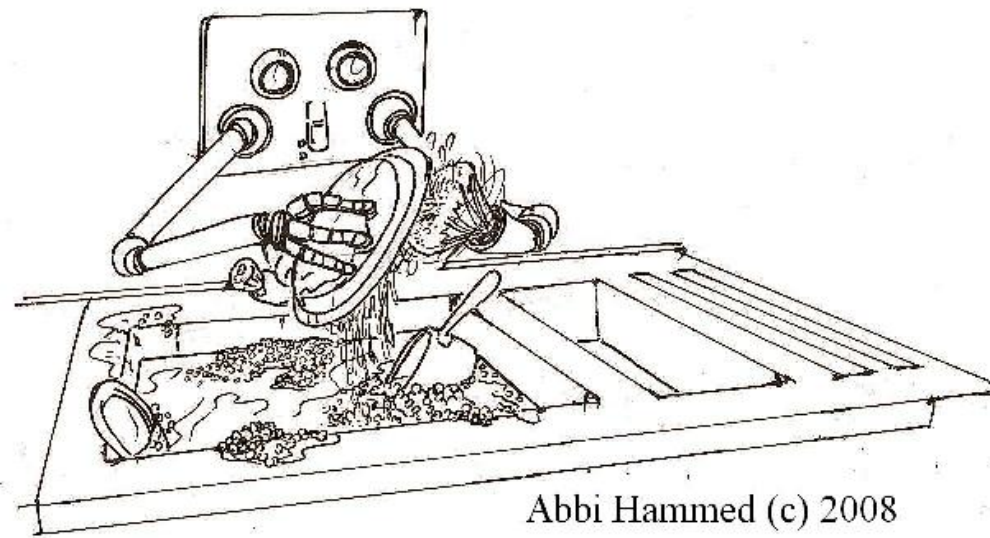
## Exemple de définition d'un produit a partir d'un Cahier des Charges

Le client désire:

« Un automate capable de laver la vaisselle comme un être humain »



« Un automate capable de laver la vaisselle comme un être humain »



University of Tokyo

Cahier des charges (performances attendues par le client):

« un automate capable de laver la vaisselle comme un être humain »

Spécifications (performances attendues du produit):

- Encombrement
- Nombre de couverts
- Connection réseau d'eau domestique
- Connection réseau d'électricité domestique
- Couleur
- Chargement
- Température d'eau
- Programmation
- Consommation d'eau
- Consommation d'électricité
- Prix

Etc., etc.

La solution: le lave-vaisselle

Spécifications:

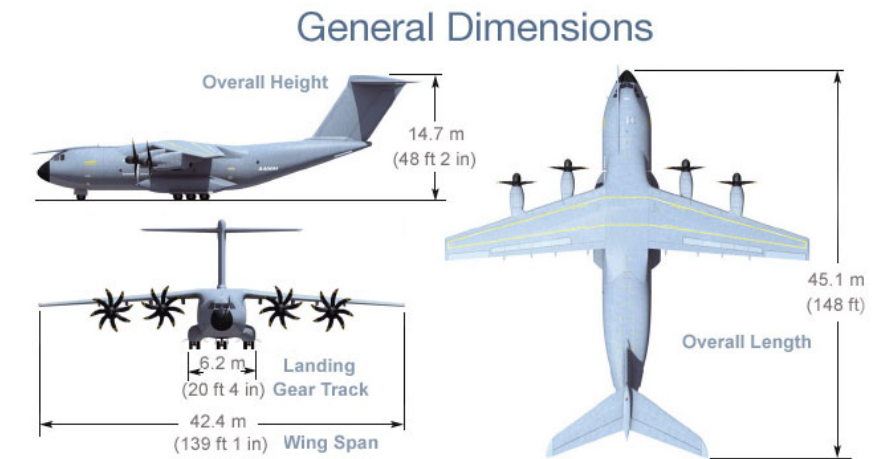
• Nombre de couverts	12
• Format	Standard
• Classe énergétique	A+
• Consommation d'eau	3300 l/an
• Consommation d'énergie	290 kWh/an
• <u>Coût estimé d'utilisation (eau + électricité)</u>	46 Euros / an
• Niveau sonore (Norme EN 60704-3)	48 dB
• Températures de lavage	65°C/50°C/45°C
• Nombre de programmes	4
• Capacité variable	Oui
• Programme de référence	Eco 50°C
• Fin différée	Non
• Mode de séchage	Chaleur simple
• Tiroir à couverts	Non
• Qualité de séchage	A
• Programmes spécifiques	Rapide 45°C
• Autres particularités	Moteur EcoSilence Drive
• Sécurité	Multiple sécurité antifuite
• Hauteur	84,5 cm
• Hauteur sans le top	81,5 cm
• Largeur (cm)	60 cm
• Profondeur (cm)	60 cm
• Finition	Blanc



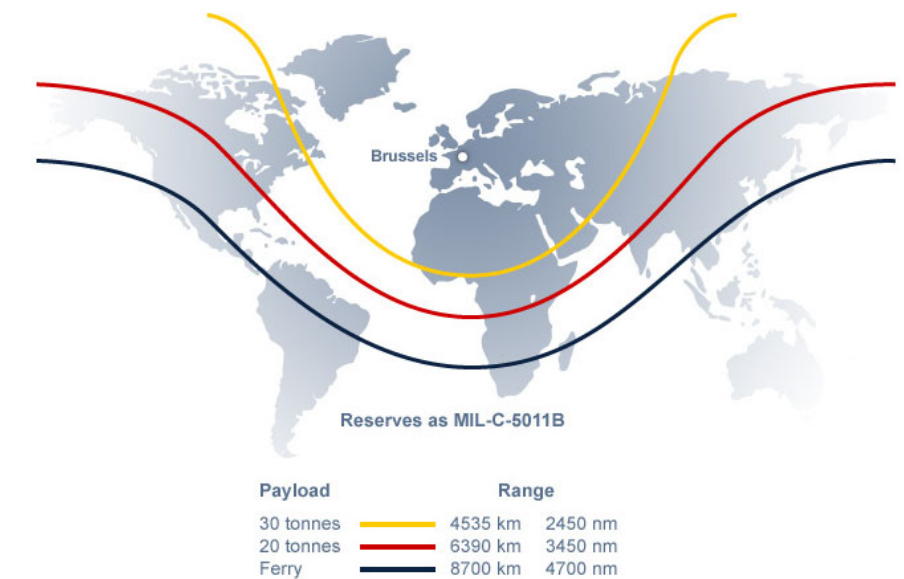
[http://www.darty.com/nav/achat/gros\\_electromenager/lave-vaisselle/lave-vaisselle/bosch\\_sms40d82eu.html](http://www.darty.com/nav/achat/gros_electromenager/lave-vaisselle/lave-vaisselle/bosch_sms40d82eu.html)

- Au début d'un projet, réaliser un tableau de spécifications.
- Au cours du projet, vérifier que les spécifications sont respectées.
- A la fin du projet, montrer quelles spécifications sont respectées et avec quel niveau de performance.
- En entreprise, les spécifications d'un produit sont documentées dans un rapport.

## Airbus A400M



## Strategic Payload-Range Capability





Exemple de Tableau de Spécifications pour un lave-vaisselle:

Cahier des Charges	Spécifications		Résultat
Automate	Dimensions	H84.5 x L60 xP60	✓
	Energie	Prise Suisse 220V – 2A	✓
	...	...	...
Lave la vaisselle	Nombre de couverts	12	✓
	Consommation d'eau	3300L/an	3000L/an
	Température	65, 50, 45°C	✓
	...	...	...
Comme un humain	Séchage	Par vapeur	5 minutes
	Niveau sonore	48dB <	50dB
	...	...	...

## Exemples de Tableau de Spécifications pour l'épluche-carotte semi-automatique:

## « Epluche-Carottes »

Le projet de construction mécanique consiste en la réalisation de l'étude et de la conception mécanique d'un éplucheur de carottes à usage domestique.

L'objectif principal de la machine est d'enlever la peau de carottes et de les rendre prêtes à la consommation.

La conception de l'éplucheur de carottes manuel doit répondre au cahier des charges suivant :

- Mécanisme capable d'éplucher des carottes sur toute leur longueur.
- Les carottes ont été préalablement triées, lavées et égouttées, et leurs extrémités dont les fanes ont été coupées.
- Les carottes sont calibrées de la manière suivante avant épluchage :
  - Longueur de la carotte (hors fanes et extrémités) : comprise entre 100 et 200mm.
  - Diamètre minimum de la carotte = 20mm.
  - Diamètre maximum de la carotte = 45mm.
- L'épluche-carottes doit être capable de s'adapter raisonnablement aux irrégularités topologiques de la carotte, i.e. déviations continues de 2mm au plus sur le diamètre.
- La mise en œuvre du mécanisme se fait par une seule personne.
- La seule source d'énergie pour l'actionnement de la machine est une main de l'utilisateur., la deuxième pouvant être utilisée pour stabiliser le mécanisme.
- L'interface mécanique d'actionnement (type, forme, etc.) et sa nature sont laissées libres.
- La direction du mouvement d'actionnement devra cependant être perpendiculaire à l'axe longitudinal de la carotte.

- La lame d'épluchage à utiliser est fournie en annexe (modèle 3D CATIA). Aucune modification ne doit être apportée sur la géométrie de cette pièce.
- La machine doit être stable, robuste, résister à son environnement et ne pas se bloquer.
- La masse totale de la machine prête à l'emploi est de 8kg maximum (hors carotte).
- L'encombrement de la machine devra être raisonnable afin de pouvoir l'utiliser sur un plan de travail de cuisine, de pouvoir la déplacer et la stocker facilement.
- La sécurité de l'opérateur et de son entourage doit être assurée en tout temps.
- Les éléments en contact avec les carottes doivent pouvoir être facilement démontés et nettoyés.
- Les déchets doivent être évacués dans un récipient ne faisant pas partie de la machine, dont la forme et la taille sont laissées libres mais doivent être justifiées.
- Toutes les pièces sur plan doivent pouvoir être fabriquées par usinage 3-axes.
- Les matériaux autorisés pour les pièces sur plan sont ceux utilisés en usinage : acier, acier inoxydable, alliages d'aluminium, laiton, matières plastiques (polyamide, polyéthylène, polycarbonate, PTFE, POM, etc.).
- Le diamètre minimal des éléments d'assemblage (vis, axes, etc) est de 4mm et à justifier.
- Le diamètre nominal des goupilles et vis sans tête peut descendre jusqu'à 2mm.

Tout élément du cahier des charges non imposé est libre d'être choisi mais le bon sens est indispensable.

Le rapport en format pdf incluant les mises en plan et le modèle 3D de l'assemblage (format step) doivent être impérativement remis par email ou lien (type googledrive) avant le :

**Vendredi 03 juin 2022 à 10h**



Exemples de Tableau de Spécifications pour l'épluche-carotte semi-automatique:

Cahier des charges	Spécifications	Résultats
Mode de fonctionnement	Manuel uniquement	Puissance entrée maximale = 10W Force entrée maximale = 8.5N
Propriétés de la carotte	Le produit accepte toutes les carottes allant de 100mm à 200mm de long tout en ayant un diamètre compris entre 20mm et 45mm	Les lames sont montées sur un ressort permettant de s'adapter aux irrégularités
Sécurité	L'utilisateur est protégé en tout temps	Des plaques viennent recouvrir les lames
Coupe	Les lames utilisées ne peuvent être modifiées	
Gestion des déchets	L'utilisateur doit déposer une assiette à l'endroit indiqué pour évacuer les déchets	$24\text{cm} < \phi < 35\text{cm}$ , épaisseur $< 3\text{cm}$
Usage	Prévu pour un usage domestique ; sa masse doit donc être inférieure à 8kg et l'encombrement doit être raisonnable	masse = 7.4kg, hauteur = 285mm, longueur = 400mm, largeur = 260mm
Utilité	Idéal pour tous repas de famille ou événements nécessitant l'épluchage de plusieurs carottes	Nombre de carottes épluchables par minutes au maximum : 35
Entretien	Les lames doivent être démontables dans le but d'être nettoyées	Les lames sont montées sur un socle démontable
Géométrie	Toutes les pièces doivent être usinables 3-axes	Pas de géométries trop compliquées

Exemples de Tableau de Spécifications pour l'épluche-carotte semi-automatique:

Spécifications			
Cahier des charges	Caractéristiques techniques	Description et Valeur	Solution
Mécanisme d'actionnement	Source d'énergie	1N	Manivelle : rayon de 100mm, 2 tours/sec
Masse (max 8kg)	Masse maximale	max 8kg	Poids final : 7.69 kg
Longueur de la carotte	100-200mm		Ressorts tiennent la carotte
Mouvement perpendiculaire à la carotte	Direction et sens de rotation		Le mécanisme dévie la force de 90°
Irrégularité typologique de la carotte	Déviations continue	max 2mm sur le diamètre	Appuis constant grâce aux ressorts
Encombrement	Volume de la machine	Volume raisonnable	Dimensions finales : 400x145x276 mm <sup>3</sup>
Résiste à l'environnement			Matériaux en inox ou plastique
Sécurité		Assurer la sécurité de l'utilisateur	Pièces dangereuses hors de portée
Mise en oeuvre	Utilisateur	1 personne	Mode d'emploi pour un utilisateur
Évacuation des déchets		Espace de récupération des pelures	Espace pour un récipient
Démontage et Lavage		Pièces en contact avec la carotte	Pièces amovibles ou accessibles
Matériaux	Matériaux utilisés en usinage		Acier, acier inoxydable, X20Cr13 (inox) et POM-H
Fabrication	Usinage	3 axes	Pièces simples

## Exemples de Tableau de Spécifications pour l'épluche-carotte semi-automatique:

Tableau de spécifications

Carottes (triées, lavées, égouttées, extrémités et fanes coupées)

Longueur	100 - 200 [mm]
Diamètre	20 - 45 [mm]

Épluche-Carottes

Déviation continue / Adaptabilité (sur diamètre)	max 2 [mm]
Mise en oeuvre	1 [personne]
Source d'énergie	Main de l'utilisateur
Force moyenne (mécanisme)	40 - 50 [N]
Force maximale (utilisateur)	100 [N]
Mouvement	Non longitudinal à l'axe de la carotte
Stabilisation	2ème main de l'utilisateur Support assez grand pour ne pas basculer
Caractéristiques	Matériaux adaptés aux contraintes Pas de blocage Synchronisation des mécanismes
Dimensions maximales	500 x 200 x 300 [mm]
Masse maximale (sans carotte / sans assiette)	8 [kg]
Sécurité opérateur	Pas de lames ou objets coupant à découvert
Nettoyage	Démontage facile des éléments en contact avec la carotte (ex: vis à main)
Déchets	Evacuation récipient externe (place pour assiette)
Temps nécessaire	Court ( < 15 s)

Éléments d'assemblage

Vis, Axes, etc (diamètre)	min 4 [mm]
Goupilles, Vis sans tête (diamètre nominal)	min 2 [mm]

		Cahier des charges	Objectif	A la main
Dimensions	Largeur	Raisnable	25	10cm
	Longueur		30	15cm
	Hauteur		60	1cm
Poids		< 8 kg	< 7 kg	25 grammes
Temps d'épluchage			< 20 secondes	40 secondes
Nb de carottes par minute			> 3 carottes	1.5 carottes
Adaptabilité	Diamètre	25 - 45 mm		Oui
	Longueur	10 - 20 cm		Oui
Perte volumique carottes			10%	6% expérimentalement
Direction d'actionnement		Perpendiculaire à l'axe de la carotte		Longitudinal

Technique, économie, propriété intellectuelle, opération et planification

\$\$

Faisabilité

Spécifications finales approuvées

Design détaillé par CAO (dessin et 3D) pour les pièces et assemblages

Simulations détaillées (FEA résistance des pièces, CFD, dynamique, vibratoire, ...)

Dossier technique complet

Système de documentation peuplé (mécanique, électronique, software, ...)

Design for Manufacturing (DfM): développement des fournisseurs, des moyens et procédures de production, tests et contrôles en production, contrôle des coûts

Design for Maintenance: prise en compte d'une maintenance facile et la moins couteuse possible

Design for Reliability (DfR): mitigation des risques par des mesures concrètes

Fabrication de prototypes

Test et qualification des prototypes en environnements simulés, réels

Le design répond-il aux spécifications?

Plan de Développement (technique, financier, ...)

Démonstration de la faisabilité technique, économique, légale, opérationnelle et planning





## Design For X



## Validations opérationnelle, commerciale

\$\$\$

Développement

Commande et production d'une série pilote

Mise en place et qualification des procédés de fabrication,  
outillages, procédures, personnel

Qualification opérationnelle de la série pilote en interne ou chez le  
client

Dernières révisions de design et de process

Evaluation des performances produits en environnement réel

Viabilité commerciale - Coût de revient du produit vs. prix de vente



Décision de commercialiser



Commercialisation, sourcing , approvisionnement, fabrication, assemblage, vente et livraison \$\$\$\$



Production

Prise de commande

Achats

Production: usinage, assemblage, ...

Contrôle qualité

Amélioration continue des procédés de fabrication

Sustaining et ingénierie de support de production

Test et contrôle de conformité – Inspection, métrologie, tests opérationnels

Documentation de la production - Traçabilité

Livraison interne et/ou client

Support technique, après-vente et commercial

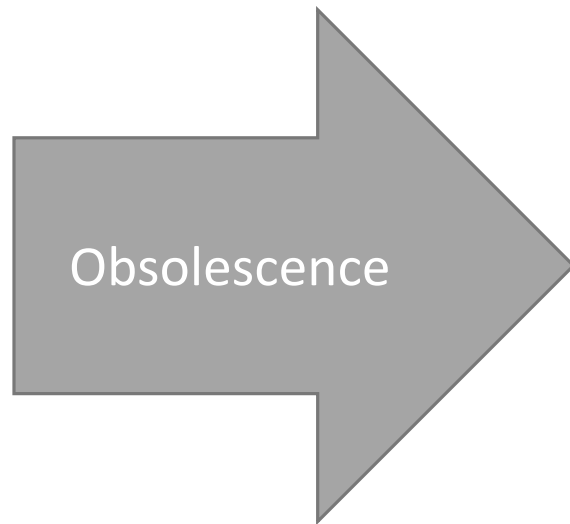
Maintenance, recyclage, échange, réparations



Fin de vie du produit: plus de besoin, renouvellement de gamme

## Assurer une fin de vie « digne » au produit

\$



- Obsolescence accidentelle: produit dépassé, problème de fiabilité, ...
- Vieillesse programmée:  
Remplacement par un nouveau produit (plus économique, plus performant, en phase avec marché,...)  
Phase-out  
Retirer le produit du marché  
Recycler  
Disposer, détruire  
Assurer le service après-vente, pièces de rechange (cf. produits militaires)