

[remy.eynard@ensam.eu](mailto:remy.eynard@ensam.eu) - Professeur en méthodologies de conception et technologies des réalités étendues

# ANALYSE FONCTIONNELLE

Conception de produits industriels

Rémy Eynard

Professeur en **méthodologies de conception**  
et technologies des **réalités étendues**

R141 - [remy.eynard@ensam.eu](mailto:remy.eynard@ensam.eu)

Objectif de la séquence

Prendre en main la **méthodologie** qu'est  
**l'analyse fonctionnelle** grâce à des **exemples**.

Nous travaillerons sur **une méthodologie** d'analyse fonctionnelle particulièrement adaptée à la **conception de produits industriels**.

⚠ Ce n'est pas la seule existante !

 **Biais inhérent à la méthode pédagogique :**

Nous partirons parfois d'un **produit** et non pas d'un **besoin** !

 Votre évaluation :

Examen sur table avec **tout document autorisé**, correction  
**des erreurs méthodologiques** d'une analyse fonctionnelle.

Mais c'est quoi **l'analyse fonctionnelle** ?

**Démarche structurée** qui « consiste à **rechercher**  
**et à caractériser** les **fonctions** offertes par un **produit**  
pour **satisfaire les besoins** de son utilisateur. »

Robert Tassinari, Pratique de l'analyse fonctionnelle, Dunod, 1997



Objectif de l'analyse fonctionnelle

**Définir les attentes** relatives à un projet  
(conception de produit) en fonction de **ce que**  
**désire le client** (commanditaire).

- 01 **Aider le concepteur** dans les premières étapes de la conception en apportant **rigueur** et **exhaustivité**.
- 02 **Faciliter les échanges avec le client, l'utilisateur final** et les autres intervenants du projet.
- 03 Par la suite, **faciliter le processus innovant**, créatif.



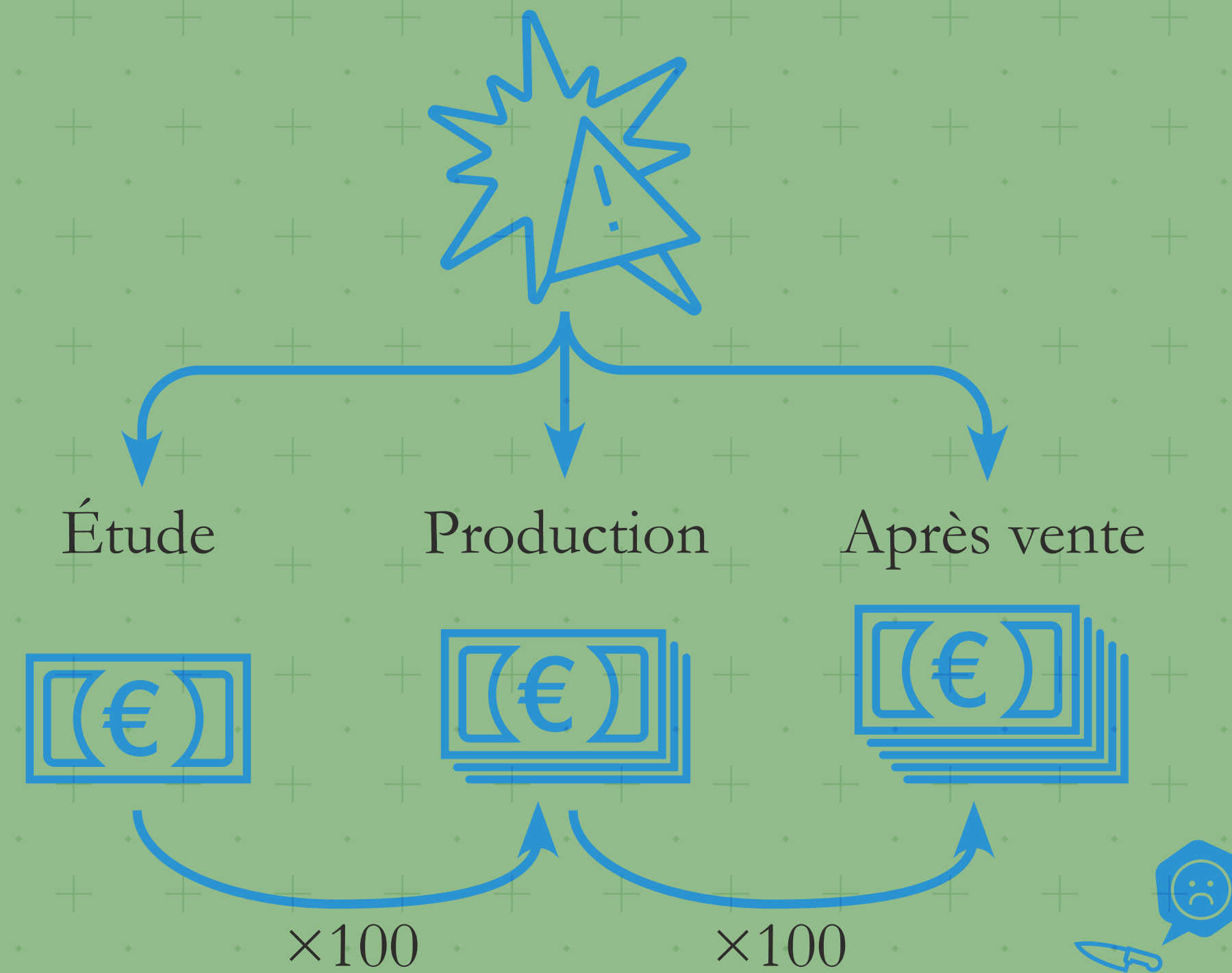
Pourquoi est-ce important ?

À cause du **COQ** !

Le Coût d'Obtention de la Qualité

## Le Coût d'Obtention de la Qualité

Coût de **détection** et de **correction** d'un problème de conception



C'est quoi un besoin ?

On ne conçoit pas un produit pas pour la beauté de la chose, mais pour **répondre à un besoin, un désir** exprimé ou non.

✔ **Savoir ce que l'on désire** n'est pas toujours facile surtout s'il faut **l'exprimer**.

Exprimer le besoin correctement est fondamental

**Ne jamais vous engager plus avant** dans un travail de conception

⊘ si le besoin vous semble **faible, bancal** ou **mal exprimé** !



C'est quoi un **produit** ?

Un produit, dans son sens le plus général, désigne le **résultat**  
**d'une activité humaine** sous la forme d'un **bien** ou d'un **service**.

Définition Wikipédia



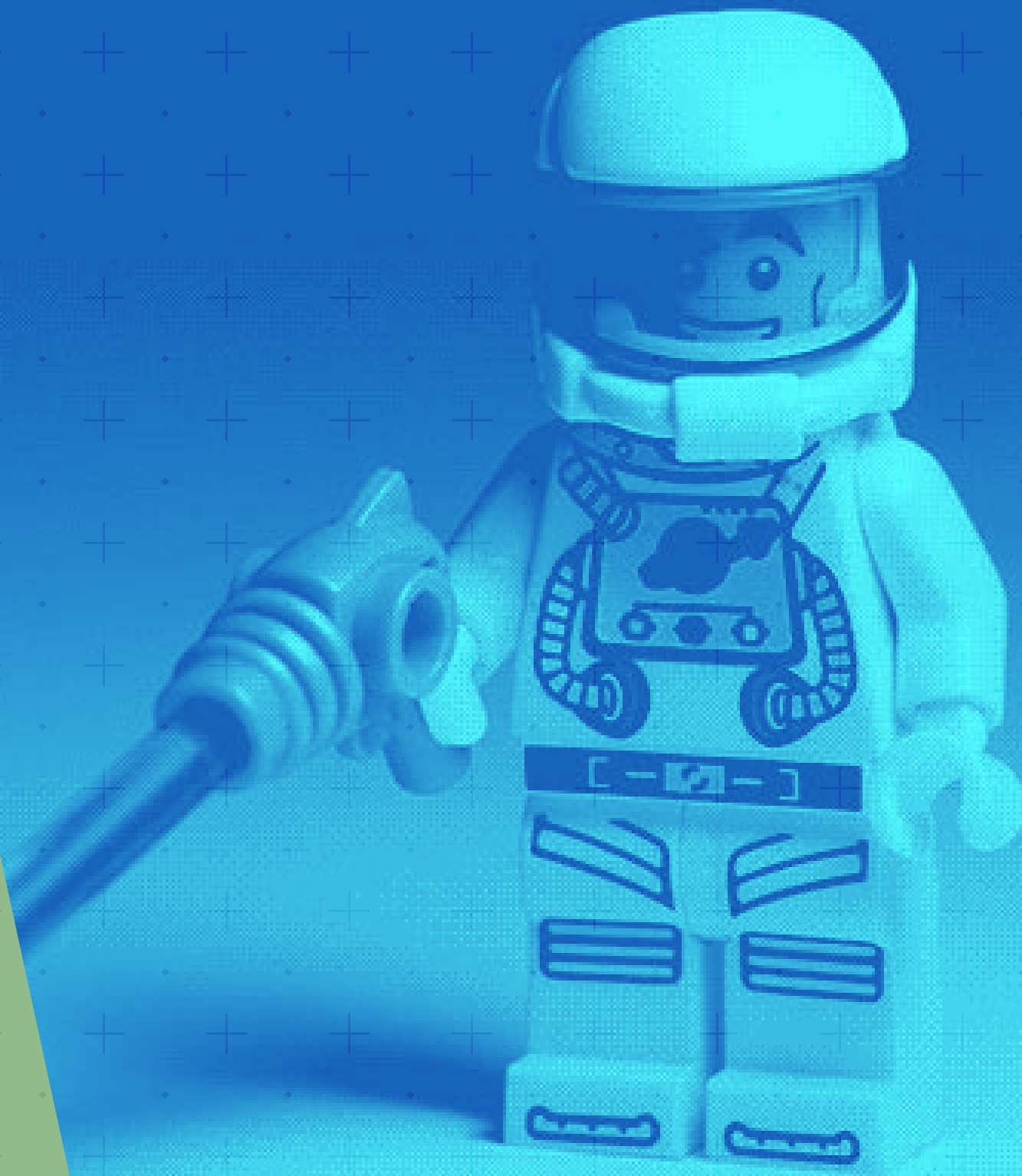
Les biens (matériels)

Voiture, téléphone, stylo, barbecue, machine-outil,  
escabeau, ampoule, casque audio, lunettes de soleil,  
console de jeu...

## Les immatériels

### Processus & méthodes<sup>01</sup>, services<sup>02</sup>, logiciels<sup>03</sup>...

- <sup>01</sup> Enchaînement d'opérations, processus de conception (APTE)...
- <sup>02</sup> Aide à la personne, Uber, Deliveroo, accès internet, forfaits mobiles...
- <sup>03</sup> Jeux vidéo, systèmes d'exploitation, logiciel de CAO (3D Expérience)...



La conception de produit est une démarche  
extrêmement **soumise à son contexte**

Fourchette pour astronaute ?

Le produit est **en interaction**  
avec **son environnement.**

Environnement du produit /

Environnement :

Ce qui contraint la conception  
(pas ou peu d'action possible)

Produit :

Zone d'action du concepteur



Environnement du produit /

04 Mobilier

05 Éléments de la structure

01 L'utilisateur

02 Éléments à retirer

03 Surface de travail

Le produit est une **frontière matérielle**, une **interface d'échange** entre les milieux **externes** et **internes**.



## Les éléments d'environnement du produit

- Éléments **proches** du produit ;
- Éléments en **contact direct** avec le produit ;
- Éléments impliqués en termes de **responsabilité** ;
- Éléments concernés en **termes économiques**.

Pas de **concepts** ou **d'abstractions** !



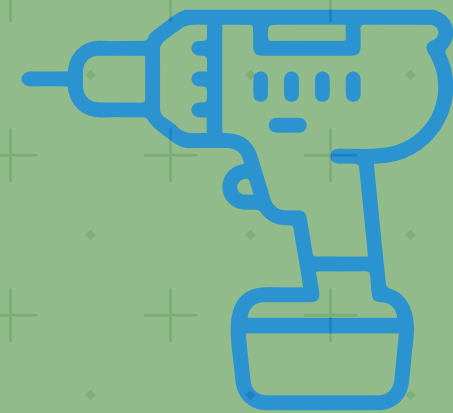
Catégories d'éléments d'environnement :



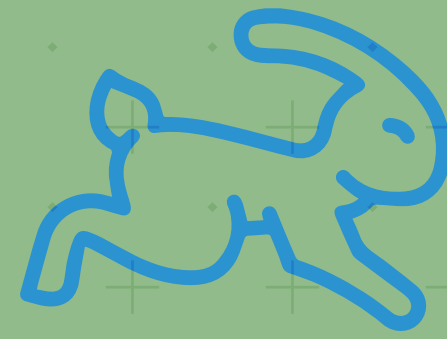
Humains



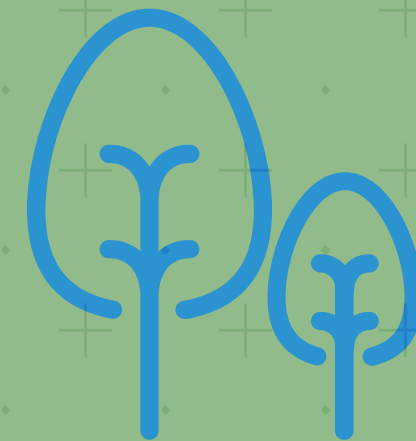
Matériels  
naturels



Matériels  
techniques



Animaux



Végétaux



Ambiance



Source  
d'énergie

## Catégories d'éléments d'environnement :

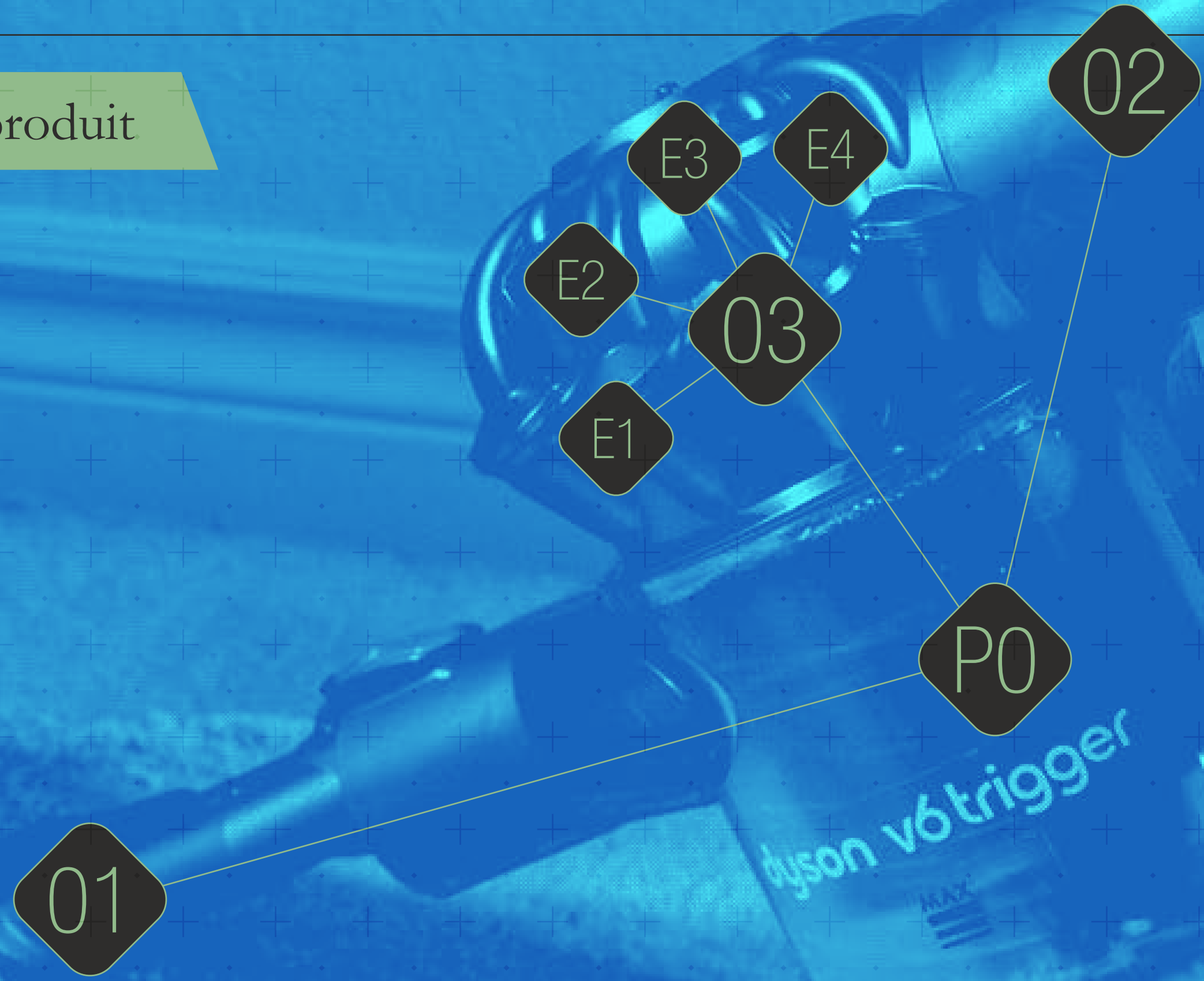
- **Humains** : utilisateur, enfants, personnes âgées (para & contre-utilisateur) ;
- **Matériels techniques** : revêtement du sol (...), meubles (...), petits objets (...)
- **Matériels naturels** : graviers, sable...
- **Animaux** : chiens, chats, acariens, insectes...
- **Végétaux** : feuilles, épines, plantes d'intérieur...
- **Ambiance** : poussière, température, hygrométrie...
- **Source d'énergie** : électricité, mécanique humaine...

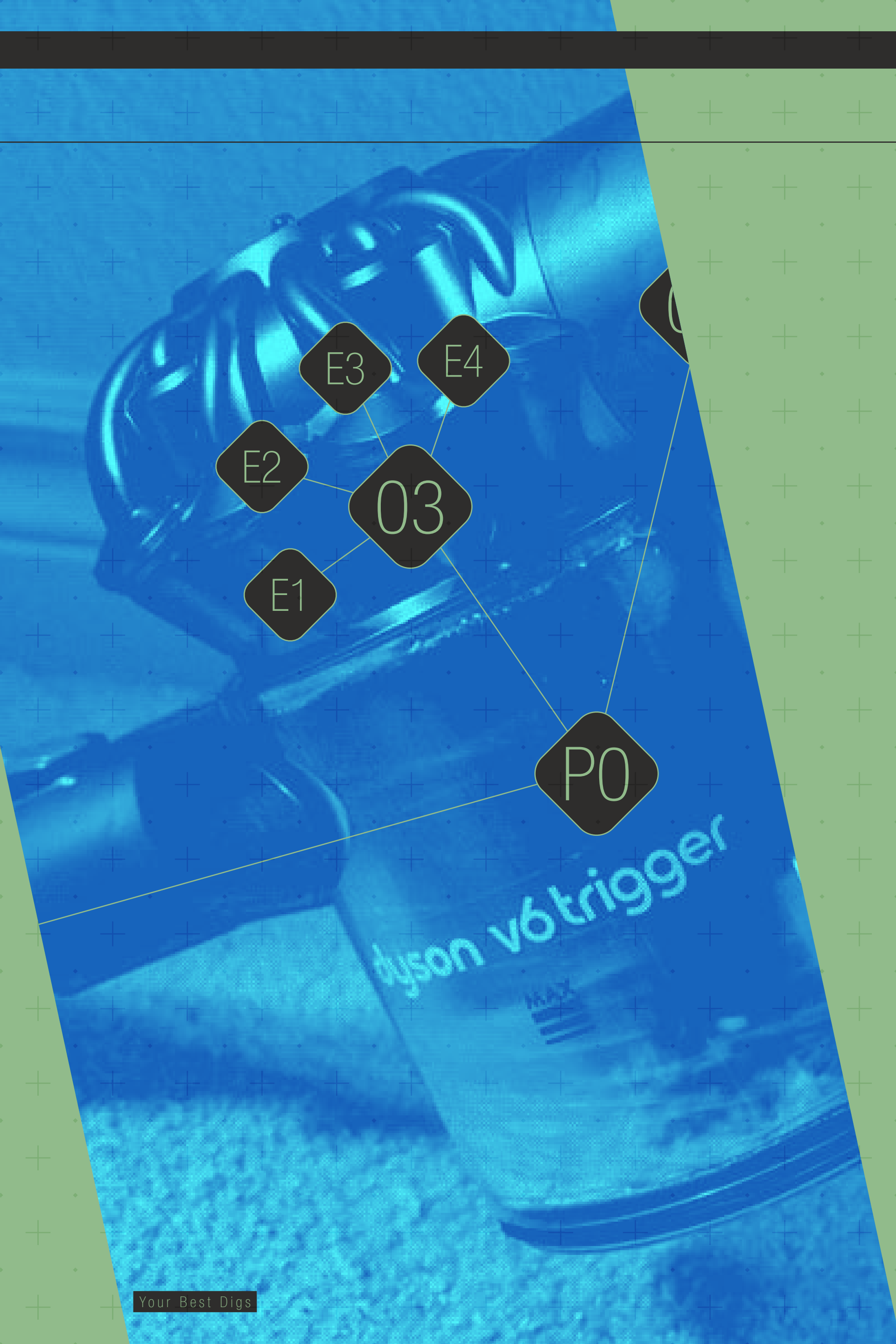




Un produit (le plus souvent) est **constitué de sous-ensembles** pouvant chacun donner lieu à une **analyse fonctionnelle**.

# Milieu interne et sous-ensembles du produit





## Les éléments d'environnement du produit

- **P0** : produit (ensemble)
- **01 à 03** : éléments techniques d'interface.
- **E1 à E4** : éléments techniques d'interface de 03, le sous-ensemble devient l'objet de l'analyse fonctionnelle.



Le **milieu interne** n'est pas traité dans le cadre de cette séquence pédagogique.

La méthode est **exactement la même** que pour un produit dans son ensemble.



C'est quoi une fonction (externe) ?

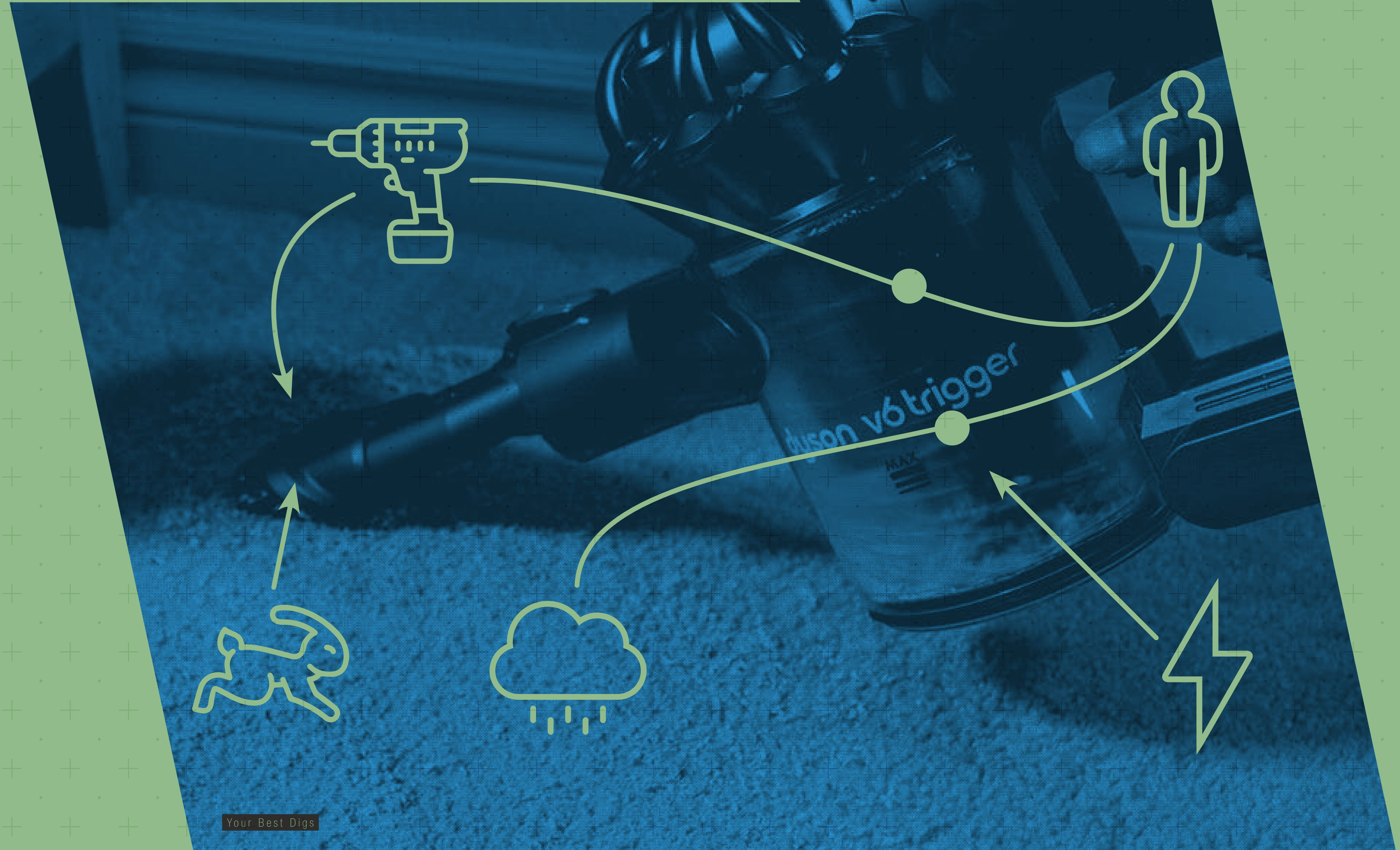
« **Action** d'un produit ou de l'un de ses constituants  
**exprimée** exclusivement **en termes de finalité.** »

Norme NF EN 16271

~~Solution technique~~

Une fonction donnant ou **insinuant**  
**une solution technique** viendra largement  
**réduire les possibilités d'innovation.**

**Fonctions externes :** Ce que mon produit **doit** ou **ne doit pas** faire !

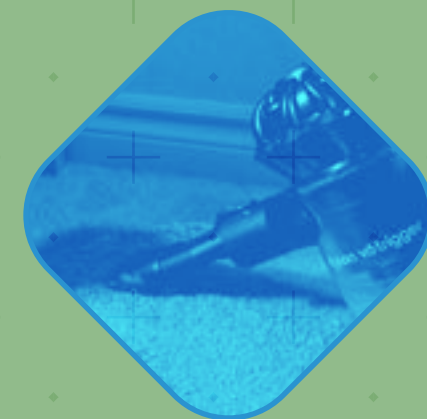


**Fonctions de service** (ou fonctions d'interaction) :



Fonctions de service :

**Relation** entre **deux éléments d'environnement** du produit **sur laquelle intervient le produit.**



*« Permettre à l'utilisateur de collecter les petits éléments sur une surface. »*

## Fonctions de service :

→ **Fonctions d'usage** : elles décrivent la partie **rationnelle**, objective, du besoin ; leur caractérisation est aisée.



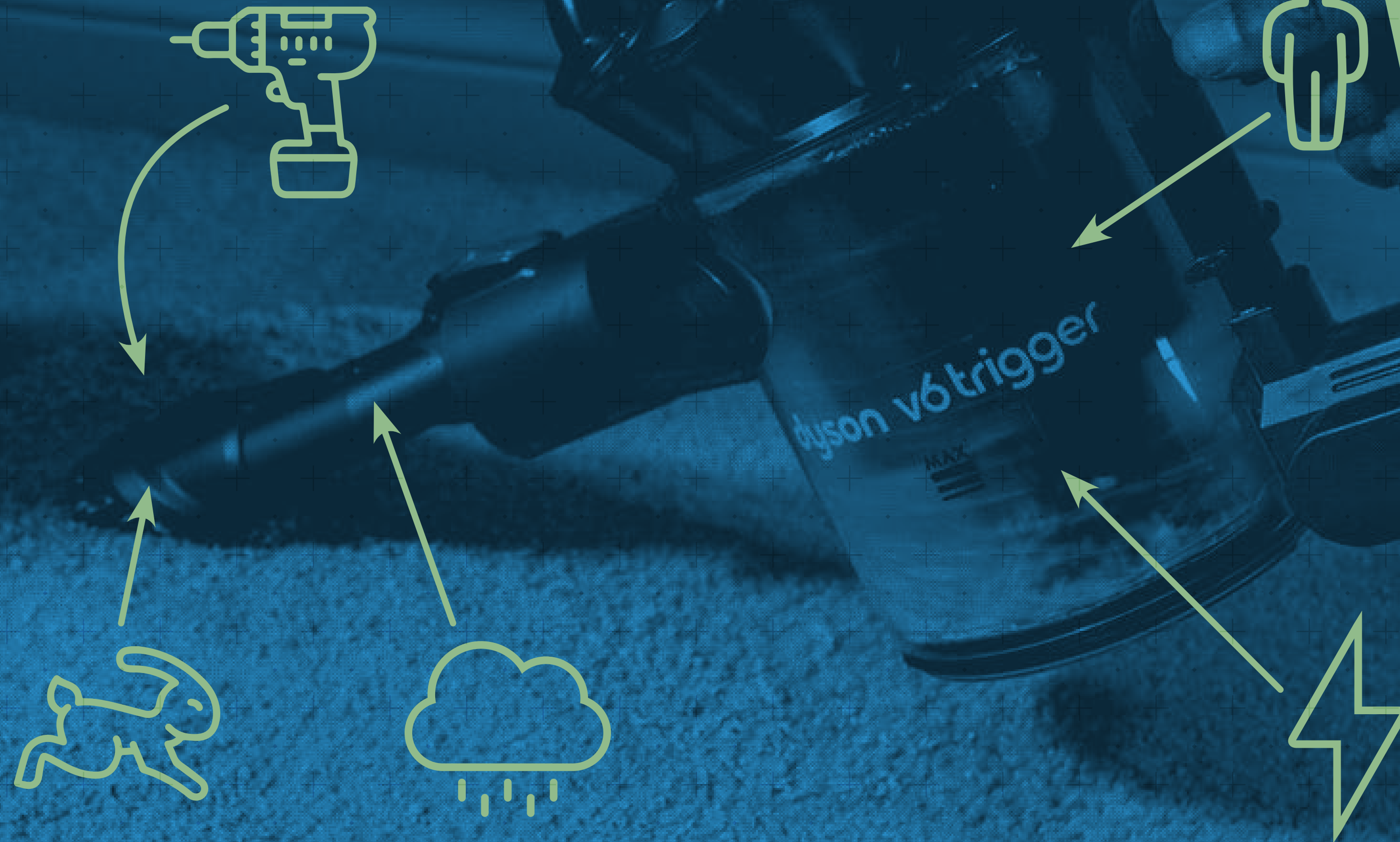
→ **Fonctions d'estime** : elles décrivent la partie **irrationnelle**, subjective, du besoin ; leur caractérisation est délicate.



Importance des fonctions  
de service :

Les **utilisateurs** ne sont concernés  
que par les **fonctions de service**.

## Fonctions de contraintes :





Fonctions de contrainte :

**Limitations** à la **liberté du concepteur**, elles sont les **propriétés attendues** du produit et les **propriétés imposées** par son environnement.



Fonctions de contrainte,  
cas particulier :

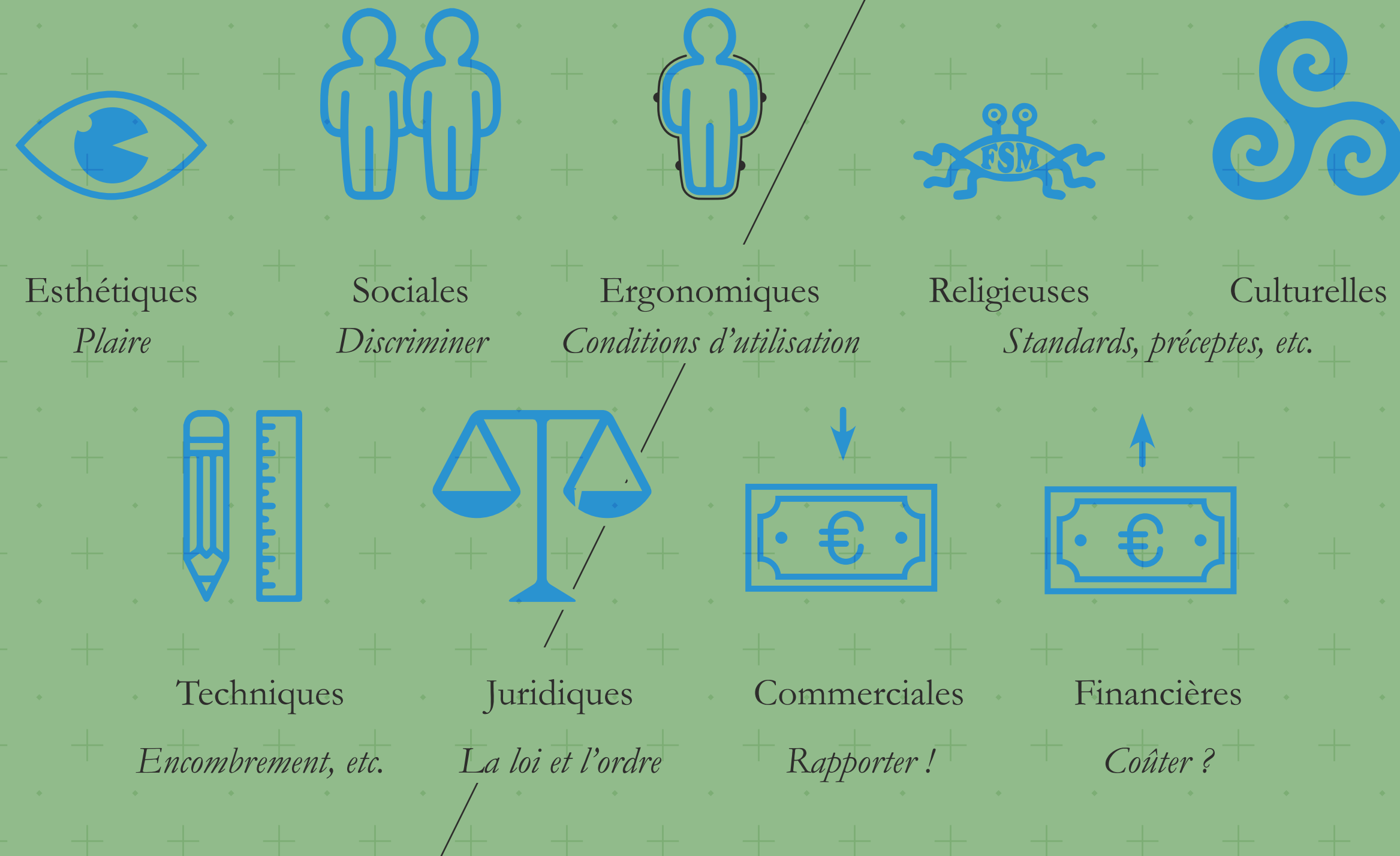
**Relation imposée** par le produit à un  
élément de son environnement.

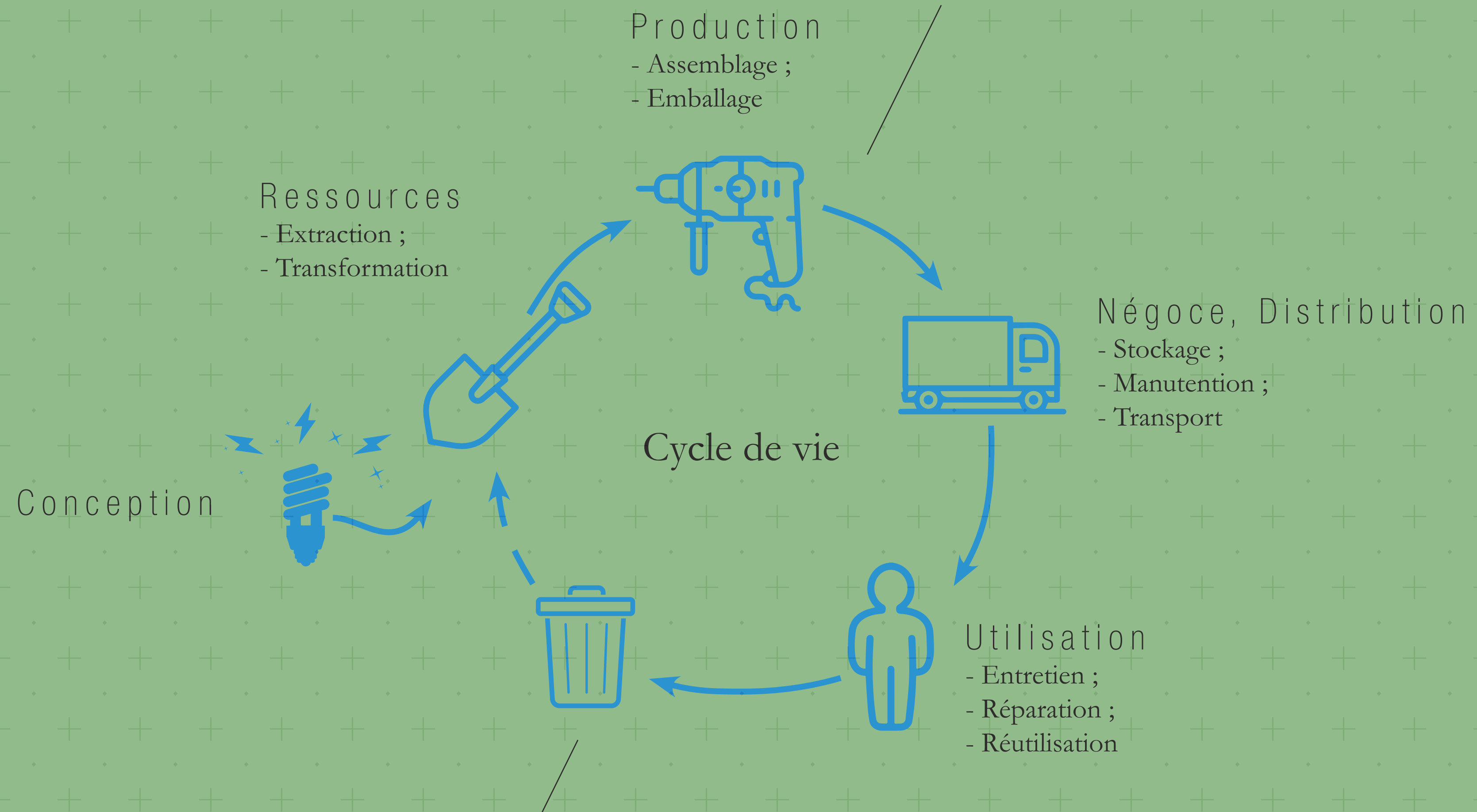
**À éviter**, car cause d'**échec** potentiel du produit.



« L'utilisateur doit avoir au moins  
six doigts pour activer le produit »

## Nature des fonctions de contrainte :







Une analyse fonctionnelle par  
situation de vie

En moyenne, un produit présente de  
**10 à 15 situations de vie.**

Situations de vie du produit /



More Cars



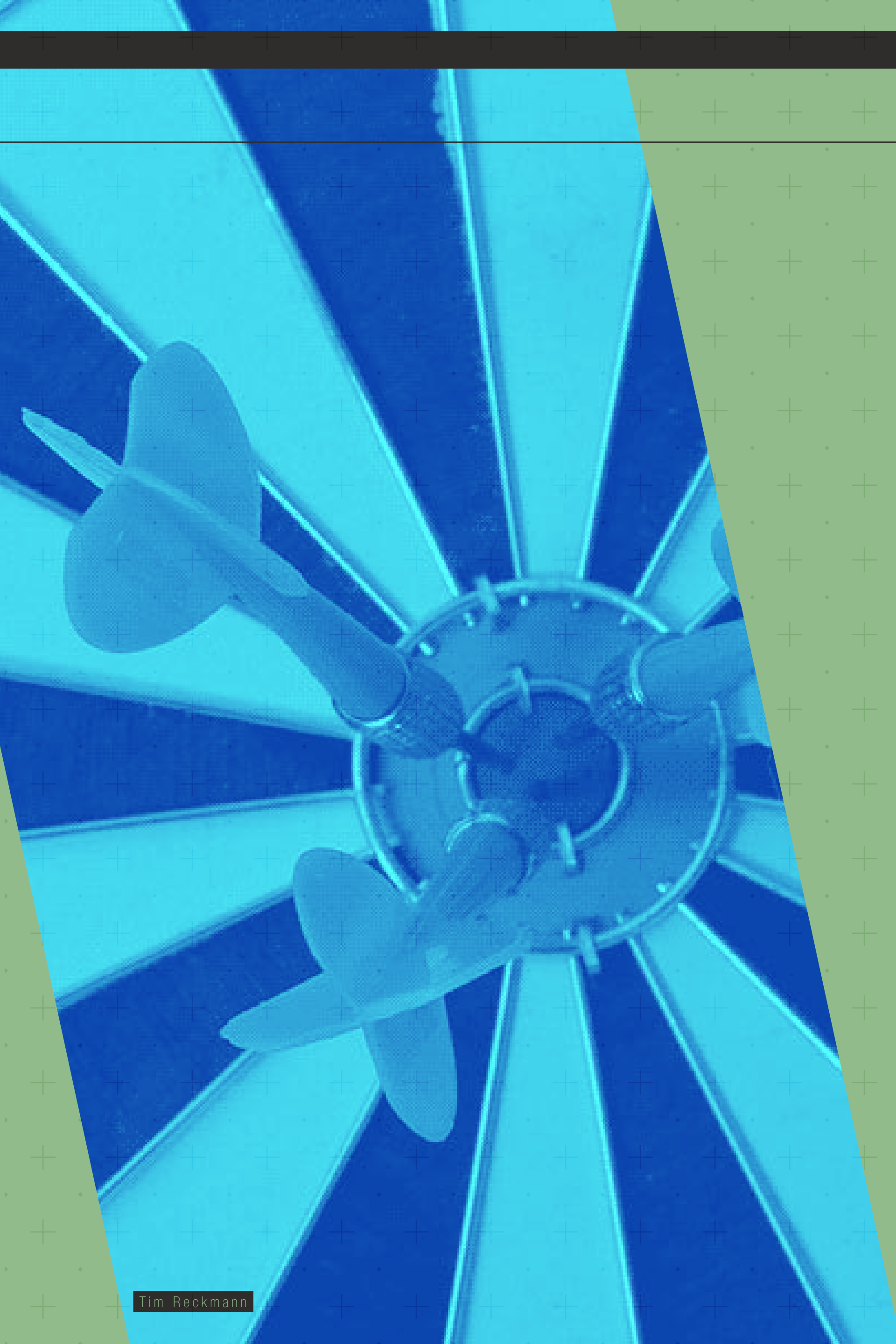
Bob Dass



Emyr Jones

Les concepteurs doivent :

- Considérer toutes les étapes de la vie du produit**, y compris la fin de vie , et donc considérer toutes les situations de vie possibles du produit ;
- Prendre en compte **tous les éléments d'environnement** possibles du produit dans chaque situation de vie ;
- Prendre en compte **toutes les fonctions de service et de contrainte** dans chaque situation de vie.



Le vif du sujet !



01 Identification du **besoin fondamental** et étude de validité ;

02 Inventaire de **toutes les situations de vie** ;

Puis, pour chaque situation de vie :

03 Inventaire de **tous les éléments de l'environnement externe** ;

04 Inventaire et expression de **toutes les fonctions externes** ;

05 Étude de **validité** des fonctions externes ;

06 **Caractérisation** des fonctions externes ;

07 **Hiérarchisation** des fonctions externes.

Les treize questions,  
/ Enfin, les **sept premières** surtout.

Q1 - À qui le produit «rend-il service» ? → Qui est le « bénéficiaire » de l'action du produit ?

Q2 - Sur quoi agit-il ? → Quelle est la cible de l'action du produit ?

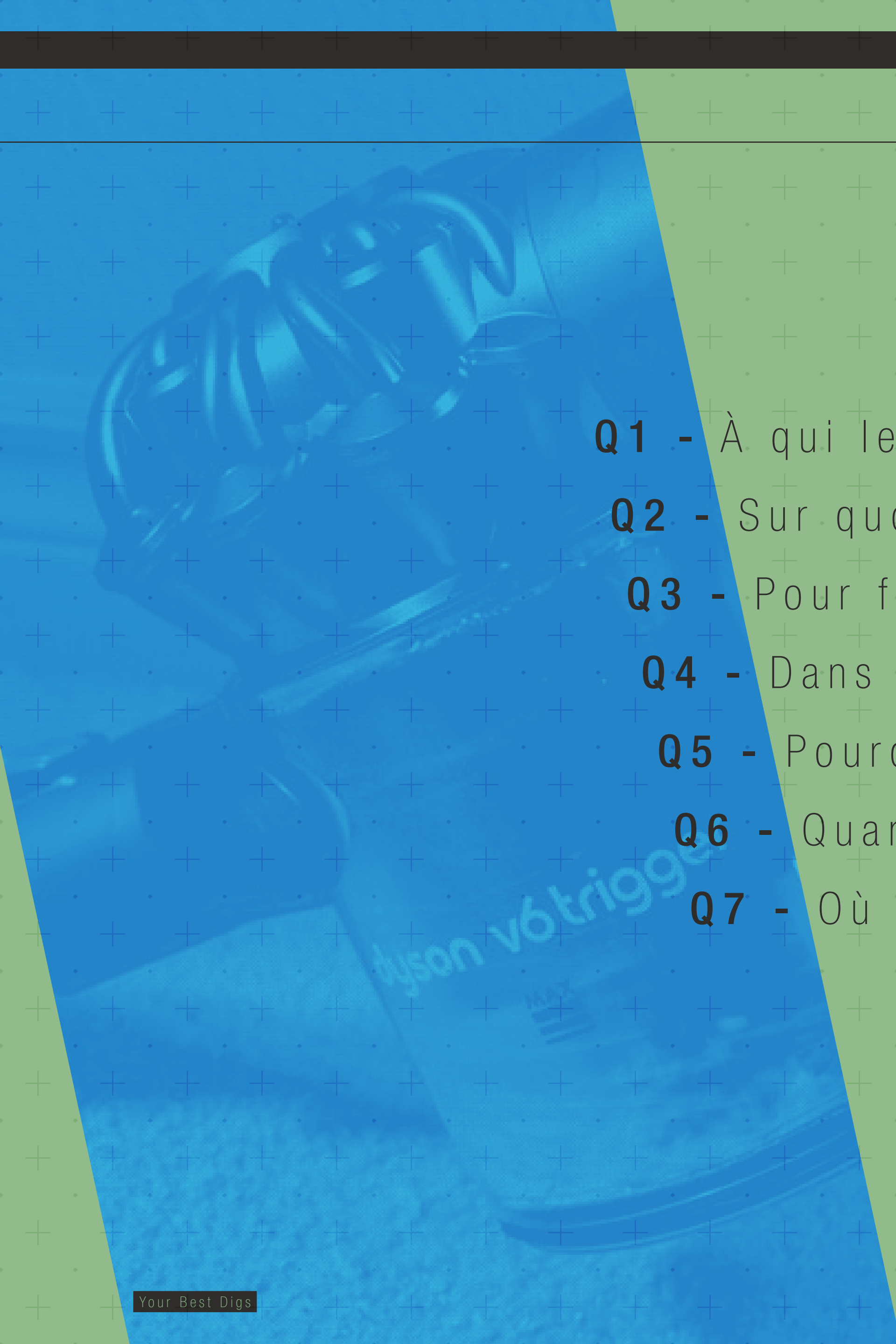
Q3 - Pour faire quoi ? → Description de l'action du produit ?

Q4 - Dans quel but ? → Quelle est la finalité du produit ?

Q5 - Pourquoi ? → Quelles sont les causes conduisant au besoin ?

Q6 - Quand ? → Quelles sont les circonstances de l'utilisation du produit ?

Q7 - Où ? → Dans quel cadre est utilisé le produit ?

- 
- Q1** - À qui le produit «rend-il service» ? À l'utilisateur ;
- Q2** - Sur quoi agit-il ? Les petits éléments présents sur une surface ;
- Q3** - Pour faire quoi ? Recueillir et stocker les petits éléments susnommés ;
- Q4** - Dans quel but ? Nettoyer à sec la surface ciblée ;
- Q5** - Pourquoi ? Les utilisateurs désirent avoir un environnement propre ;
- Q6** - Quand ? Dès que l'utilisateur en a le besoin ;
- Q7** - Où ? À l'intérieur d'infrastructure de type logements personnel.

- Q1** - À qui le produit «rend-il service» ? À l'utilisateur ;
- Q2** - Sur quoi agit-il ? Sur la luminosité de l'environnement immédiat ;
- Q3** - Pour faire quoi ? Éclairer l'environnement obscur ;
- Q4** - Dans quel but ? Permettre à l'utilisateur d'avoir vision nocturne ;
- Q5** - Pourquoi ? Besoin de se déplacer, de se repérer dans l'obscurité ;
- Q6** - Quand ? Dès que l'utilisateur en a le besoin ;
- Q7** - Où ? Dans un environnement obscur.

## Typologie des utilisateurs :

- **Utilisateur opérateur :** Toute personne qui **utilise** le produit ;
- **Utilisateur bénéficiaire :** Toute personne qui **bénéficie du service** rendu par le produit ;
- **Contre-utilisateur :** Toute personne qui **subit les inconvénients**, les nuisances du produit ;
- **Para-utilisateur :** Toute personne qui **manipule** le produit dans le but de le **fabriquer, l'emballer, l'installer, le réparer,** etc.

Plusieurs visions possibles ?

Q1 - À qui le produit «rend-il service» ?

- **Vision technique:** identification de l'utilisateur opérateur ;
- **Vision socio-économique:** identification de l'utilisateur bénéficiaire (**acheteur**).

Identification du besoin /





Identification du besoin /



Vision  
socio-économique



Vision  
technique



Oublier la dimension socio-économique, revient à négliger, entre autres choses :

Que l'acheteur de votre produit **n'est pas forcément celui qui en aura l'usage**, il peut en revanche **en être le bénéficiaire**.

Pour être certains de **ne pas faire d'oubli**, ou d'erreur, il est possible de proposer **des variantes du besoin identifié**.



- Q1** - À qui le produit «rend-il service» ? Aux ouvriers du chantier ;
- Q2** - Sur quoi agit-il ? Une surface à casser ;
- Q3** - Pour faire quoi ? Casser une surface ;
- Q4** - Dans quel but ? Pose de réseaux, modification de l'état des lieux...
- Q5** - Pourquoi ? Demande du chef de chantier ou du chef de travaux ;
- Q6** - Quand ? Durant les horaires de travail des ouvriers du chantier ;
- Q7** - Où ? Sur un chantier de BTP.



**Q1** - À qui le produit «rend-il service» ? Au chef d'entreprise ;

**Q2** - Sur quoi agit-il ? La productivité des équipes sur le chantier ;

**Q3** - Pour faire quoi ? Casser une surface ;

**Q4** - Dans quel but ? Augmenter la rentabilité de l'entreprise...

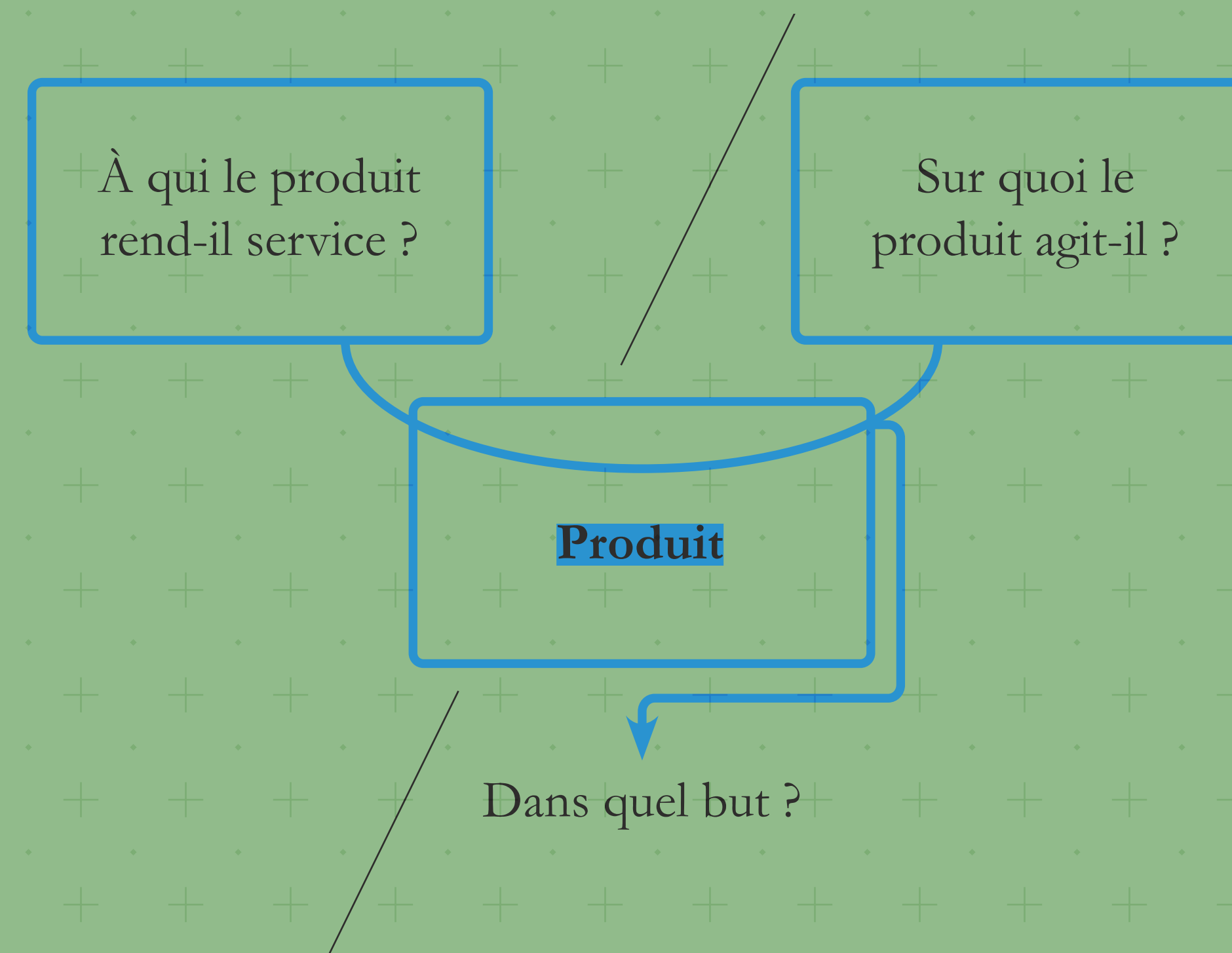
**Q5** - Pourquoi ? L'accès au sous-sol est un travail difficile, long et pénible et qui ne présentant aucune valeur ajoutée ;

**Q6** - Quand ? Durant les horaires de travail des ouvriers du chantier ;

**Q7** - Où ? Sur un chantier de BTP.



## Graphe d'identification du besoin<sup>1</sup> ;



Graphe d'identification  
du besoin ;

À l'utilisateur

Les petits éléments  
présents sur une  
surface

**Aspirateur**

Nettoyer à sec la surface ciblée



## Validation du besoin

01

- Q8 - Quelles causes pourraient faire disparaître le besoin ?
- Q9 - À quelles échéances prévisibles ? (Court, moyen, long terme ?)
- Q10 - Avec quelles probabilités ? (Certain, possible, peu probable, impossible ?)

02

- Q11 - Quelles causes pourraient faire évoluer le besoin ?
- Q12 - À quelles échéances ?
- Q13 - Avec quelles probabilités ?



## Validation du besoin

Ces six questions complémentaires permettent **d'estimer la stabilité du besoin** à court, moyen ou long terme ainsi que la probabilité de **maintien de cette stabilité**.





Identifier le besoin c'est :

- Répondre aux **treize questions** (en particulier les sept premières).
- Produire un **graphique d'identification du besoin** pour faciliter la lecture.
- Confronter votre définition du besoin au **client et à l'utilisateur final**.
- Retravailler l'expression du besoin autant de fois que nécessaire.

Situations de vie du produit :

L'analyse détaillée de **chacune des grandes étapes du cycle de vie du produit** permet la rédaction d'un inventaire **exhaustif** des situations de la vie de ce dernier.

Situations de vie du produit :

Dans ce contexte, le **besoin d'exhaustivité est grand**, car **toute omission** d'une situation de vie **peut mener à l'échec du produit** une fois sur le marché.



Conception	Fabrication	Négoce	Prépa. au service
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recherche d'idées</li> <li>- Modélisations</li> <li>- Simulations</li> <li>- Essais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Approvisionnements de demi-produits et de composants</li> <li>- Élaboration de bruts</li> <li>- Élaboration de pièces finies</li> <li>- Assemblage</li> <li>- Emballage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présentation aux clients</li> <li>- Ventes successives</li> <li>- Stockages successifs</li> <li>- Transports successifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantation</li> <li>- Déballage</li> <li>- Installation</li> <li>- Mise en service</li> </ul>
Service	Entretien	Endommagement	Fin de vie
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglage</li> <li>- Fonctionnement nominal</li> <li>- Fonctionnement dégradé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyage</li> <li>- Maintenance préventive</li> <li>- Démontage</li> <li>- Reconditionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pannes</li> <li>- Agressions</li> <li>- Accidents</li> <li>- Réparation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réemploi</li> <li>- Démantèlement</li> <li>- Tri de matériaux</li> <li>- Collectes</li> <li>- Recyclage</li> <li>- Valorisation énergétique</li> </ul>

## Éléments d'environnements du produit :

L'analyse détaillée de **la situation prévisionnelle** du produit **dans chacune des situations de vie** prévues va permettre de faire **l'inventaire exhaustif** des éléments d'environnement du produit.



Tout comme pour les situations de vie, **l'omission peut-être source d'échec**, il faut la encore être exhaustif.

Humains	Matériels techniques	Matériels naturels	Sources d'énergie
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisateur opérateur</li> <li>- Utilisateur bénéficiaire</li> <li>- Contre utilisateurs</li> <li>- Para utilisateur</li> <li>- Propriétaire</li> <li>- Gérant</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objets techniques :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* toutes tailles</li> <li>* toutes finalités</li> </ul> </li> <li>- Produits matière :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* tous états physiques</li> </ul> </li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sols, sous-sols</li> <li>- Roches, minerais</li> <li>- Nappes phréatiques</li> <li>- Cours d'eau</li> <li>- Océans</li> <li>- Gaz naturels</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravité</li> <li>- Hydraulique</li> <li>- Éolienne</li> <li>- Solaire</li> <li>- Mécanique humaine</li> <li>- Électrique</li> <li>- ...</li> </ul>
Animaux	Végétaux	Ambiance	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grands, petits</li> <li>- Terrestres</li> <li>- Aquatiques</li> <li>- Volants</li> <li>- Sauvages</li> <li>- Domestiques</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrestres,</li> <li>- Aquatiques</li> <li>- Grands, petits</li> <li>- Microscopiques</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atmosphère :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Air, vapeurs</li> <li>* Poussières</li> </ul> </li> <li>- Paramètres :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Température</li> <li>* Pression</li> <li>* ...</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Champs :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Lumineux,</li> <li>* Vibratoires,</li> <li>* Magnétiques,</li> <li>* Électriques,</li> <li>* Radioactifs</li> <li>* ...</li> </ul> </li> </ul>



L'inventaire des situations de vie et des éléments d'environnement est à la base de **l'expression des fonctions externes** !

D'où l'importance d'être consciencieux à chaque étape !

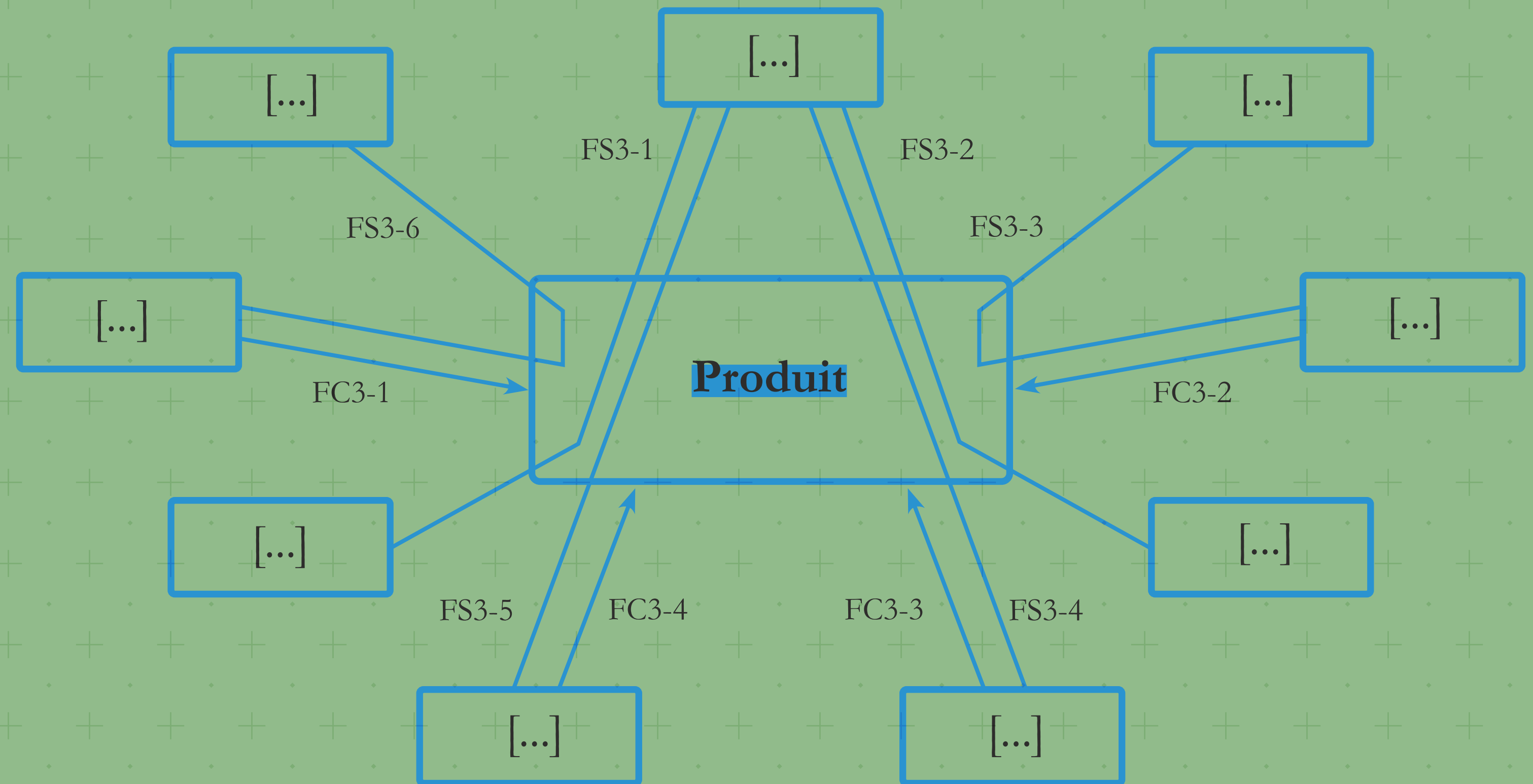
Rappel des types de fonctions de service :

- **Fonctions d'usage**, partie rationnelle du besoin
- **Fonctions d'estime**, partie subjective du besoin



Les fonctions de contraintes,  
Imposées par **l'environnement** du produit.

## Graphe des interacteurs<sup>1</sup>



Situation de vie n°X ou nom de la situation de vie.

## Dénomination des fonctions externes

Numérotation :

- **I** : numéro de la situation de vie dans laquelle apparaît cette relation ;
- **J** : numéro d'ordre de la relation parmi celles de cette situation de vie ;

Codage :

- **FSI-J** : fonction de service ;
- **FSPI-J** : fonction de service principale (distinction facultative) ;
- **FCI-J (ou CI-J)** : fonction de contrainte.

Énoncé des interactions (énoncé fonctionnel) :



- **Règles :** énoncer en **termes de finalité** et non en termes de solution ;
- **Moyens :** Reprendre les éléments du milieu en relation ou mis en relation par le système. Rédiger la fonction avec **propositions infinitives** enrichies des compléments nécessaires et d'adverbes éventuels pertinents ;
- **Erreurs à éviter :** les qualificatifs tels que **bon, convenable, satisfaisant, suffisant** sont **vides de sens** et à proscrire systématiquement.

☑= / ☒= Caractérisation des fonctions externes :

Pour chaque fonction externe, il faut définir :

- 01 le ou les critères d'appréciation de la fonction
- 02 Le ou les niveaux correspondant à ces critères
- 03 La ou les flexibilités acceptées.

Critères d'appréciation :

Caractère retenu pour **apprécier la manière**  
dont une fonction est remplie ou une  
contrainte **respectée**.

Pour un stylo :

**Fonctions de service** : permettre à l'utilisateur de  
tracer une marque sur un support ;

**Critère** : longueur de marquage possible.

Critères d'appréciation,  
Les critères peuvent être :  
/

**Objectifs :**

- Une grandeur physique (longueur, masse, effort, etc.)
- Un nombre d'occurrences d'un événement
- Une grandeur économique (coût, délai, prix, taxe, etc.)

Critères d'appréciation :

Les critères peuvent être :

**Subjectifs** : basés sur des grandeurs **subjectives**, résultant d'une **perception** ou d'une appréciation humaine et mesurée grâce à des échelles dont la signification a été clairement établie (échelle de Likert).



Niveaux des critères d'appréciation :

**Grandeur** qui quantifie le critère et représente la **performance attendue** (valeur nominale) du service à rendre pour répondre au besoin.

Pour un stylo :

**Fonctions de service** : permettre à l'utilisateur de tracer une marque sur un support ;

**Critère** : longueur de marquage possible ;

**Niveau** : 1000 mètres.

Flexibilité relative à un niveau  
de critère d'appréciation :

La flexibilité d'un niveau exprime **les possibilités d'admettre un écart** entre le niveau atteint par une solution proposée et le niveau recherché en tant qu'objectif.

Elle permet aussi d'apporter une **information hiérarchique** sur l'importance des fonctions.



Flexibilité relative à un niveau  
de critère d'appréciation :

**Limite d'acceptation** : niveau de critère d'appréciation **au délai** duquel  
le besoin est jugé non satisfait.

**Taux d'échange** : rapport déclaré **acceptable** par le demandeur entre  
la **variation du prix** et la **variation correspondante du niveau**  
d'un critère d'appréciation.

Niveaux des critères d'appréciation :

Pour un stylo :

**Fonctions de service** : permettre à l'utilisateur de tracer une marque sur un support ;

**Critère** : longueur de marquage possible ;

**Niveau** : 1000 mètres ;

**Limite d'acceptation** : 950 m ou -50 m (absolu nég.) ou -5% (relatif nég.) ;

**Taux d'échange** : accepté si coût -3% ou accepté si coût +3% et niveau +10%.

Flexibilité relative à un niveau  
de critère d'appréciation :

**Classe de flexibilité** : de **F0 à F4**, indication permettant de **préciser le degré de négociation ou d'impérativité** relatif au niveau d'un critère d'appréciation.

Niveaux des critères d'appréciation :

Pour un stylo :

**Fonctions de service** : permettre à l'utilisateur de tracer une marque sur un support ;

**Critère** : longueur de marquage possible ;

**Niveau** : 1000 mètres ;

**Limite d'acceptation** : 950 m ou -50 m (absolu nég.) ou -5% (relatif nég.) ;

**Taux d'échange** : accepté si coût -3% ou accepté si coût +3% et niveau +10%.

**Classe de flexibilité**: F1 (50m = 5% de 1000 m)

### Caractérisation des fonctions externes :

Repère	Énoncé	Critères	Niveaux	Flexibilité		
				Classe d'Acc	Limite d'Acc	Taux d'échange
FS1	Permettre à l'utilisateur de tracer une marque sur un support ;	Longueur de marquage possible	1000 mètres	F1	950 mètres	Si coût -3%
FSns-nf						
...						

Situation de vie : **usage normal** /

[remy.eynard@ensam.eu](mailto:remy.eynard@ensam.eu) - Professeur en méthodologies de conception et technologies des réalités étendues

# ANALYSE FONCTIONNELLE

Conception de produits industriels