



# L'apport de la créativité dans les processus d'éco-innovation

*Proposition de l'outil EcoASIT pour favoriser l'éco-idéation de systèmes durables*

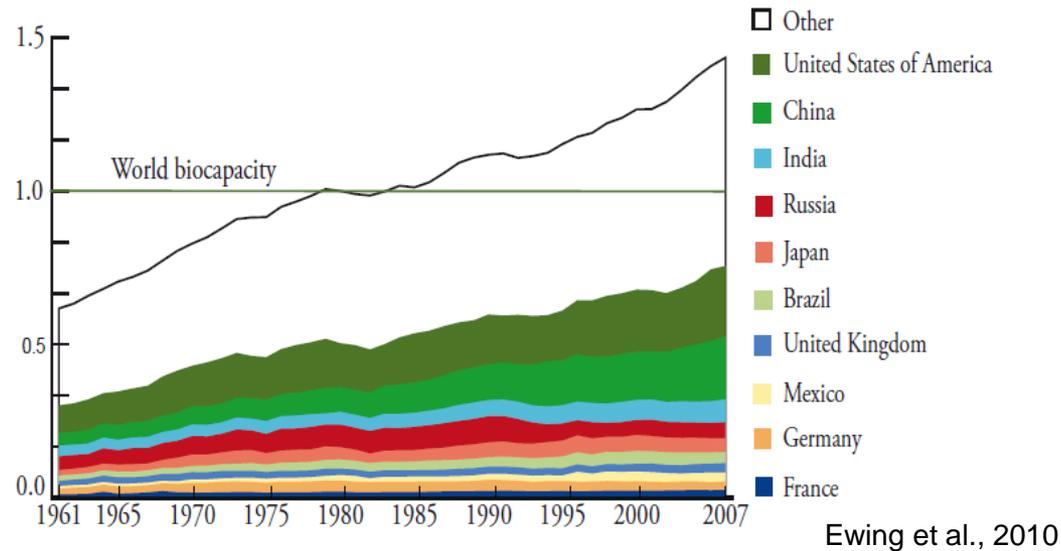
**Benjamin TYL**

**Doctorant en mécanique et ingénierie**

**Mardi 13 Décembre 2011**

Directeur de thèse : Jérémy Legardeur (ESTIA – IMS Bordeaux 1)

Co-directeur de thèse : Dominique Millet (Supmeca Toulon)



50% des aires cultivables dégradées  
(Atl. de l'env. 2007)

30% de la surface terrestre convertie  
en aire urbaine (WWF, 2006)

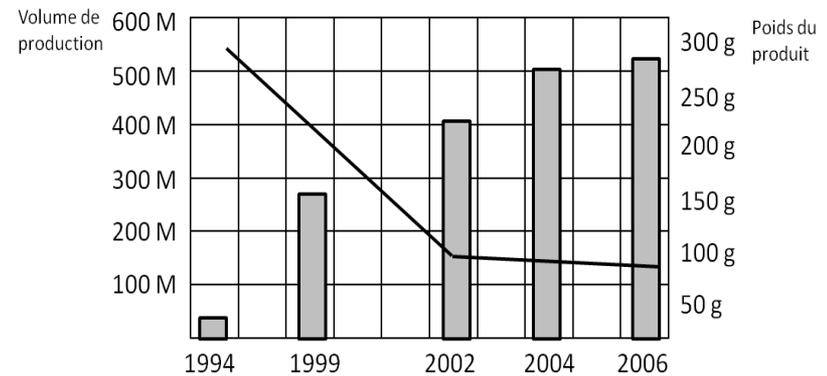
Doublement du parc automobile entre  
1973 et 2004 pour une augmentation  
de 14% de la population (Atl. de l'env. 2007)

2 millions de décès prématurés attribués  
aux effets de la pollution de l'air  
extérieur dans les villes (OMS, 2006)

Les améliorations actuelles qui sont apportées dans les modes de production et d'utilisation des ressources ne suffisent pas à enrayer ces dégradations.

### Téléphone portable:

#### Réduction matière / Volume de production



- Nécessite une remise en cause de notre mode de production et notre mode de consommation

Levier d'action : Agir sur la conception et proposer une réelle rupture dans l'offre (produit, service, organisation ...).

- La crise environnementale actuelle est considérée par certains auteurs comme une crise de la conception (van der Ryn and Cowan, 1996)
  - La conception, en tant qu'interface entre la production et la consommation est au cœur d'un développement plus responsable (Papanek, 1987; Manzini, 2006; Cucuzella et al., 2008)
  
- Une réponse apportée : l'Eco-conception
  - Portée par la réglementation: Politique Intégrée Produit, directive EuP
  - Portée par des normes environnementales: ISO 14 062, ISO 14006

# De l'éco-conception « routinière » à l'éco-conception innovante

- **Intégration tardive** du critère environnemental dans le processus de conception (Sherwin, 2000 ; McAlloone, 2000 ; Jones, 2001)
  - Modifications superficielles du produit.
- **Manque d'approche globale**, notamment liée à une décontextualisation du produit (Lagerstedt, 2003; Lilley, 2007; Cucuzella, 2008; Knight, 2009)
  - Cette limite se perçoit aussi par le manque d'une vision sociétale et culturelle, et une sous-évaluation de l'approche utilisateur dans la pratique actuelle de l'éco-conception.
- **Vision techno-centrée**, les résultats sont le plus souvent des réponses orientées sur des critères techniques focalisés sur les produits (Tukker et al., 2001; Sherwin et al., 2001; Nuij, 2001)

Nécessité d'outils et démarches qui permettent  
d'accompagner les phases de génération d'idées dans les  
processus d'éco-conception innovante

1. L'éco-innovation : Concept et méthode
2. Approche méthodologique
3. Développement de l'outil d'éco-innovation
4. Validation expérimentale
5. Conclusions et perspectives

# L'ECO-INNOVATION CONCEPT ET METHODES

## Eco-innovation

Dimension environnementale  
Dimension sociétale

- ➔ Produit
- ➔ Service
- ➔ Stratégie - Organisation

COVOITURAGE



PDE  
ST Microelectronic



Velo'v



Xerox



Innovation monétaire  
(IBlanc et al., 2010)



Dyson Airblade



Valorisation du béton



Projet Relaja  
(Marin et al., 2008)



Hippo Water Roller



Réseau alternatif  
d'alimentation locale

- Polysémie du terme (Carrillo-Hermosilla, 2010 ; Matthieu, 2008)

**Offre** (Hellstrom, 2007; Carrillo-Hermillosa, 2010)  
**Vs Processus** (Renning, 2000)

**Nouveauté** (Fussler et James, 1996)  
**Champ d 'application** (Oltra et Saint Jean, 2009)  
**Sanction par le marché** (Andersen, 2008)

**Intensité de l'innovation**  
 (Baroulaki, 2007)

**Comportement**  
 (Jones, 2001, Klemmer et al., 2009)

**Intégration des parties prenantes**  
 (Klemmer et al., 2009)

**Eco-conception/Sustainable design**

- Dimension sociétale (Jones, 2001, Cucuzella, 2008; Charter, 2008)
- Amélioration du contexte relatif au produit (Manzini, 2006)

Eco-innovation

Nous définissons donc l'éco-innovation comme un *processus d'innovation* qui

- est capable de développer des problèmes sur des *niveaux systémiques élevés*;
- considère le *cycle de vie* du système;
- recherche une *forte ambition de soutenabilité*;
  - Performance environnementale, sociétale, d'usage
- priorise les *phases amont* du processus de conception.

(Adapté de O'Hare, 2010)

- Nombreuses démarches d'éco-innovation
  - Cas d'études industriels (Sherwin, 2000; Rocchi, 2005; O'Hare, 2010)
  - Développement d'outils (conceptuels ou testés / adaptation d'un outil pré-existant ou non )
  
- Grille d'analyse des outils:
  - Apport principal de l'outil : Evaluation/ Génération d'idées
  - Niveau systémique
  - Intégration des dimensions : Environnementales/Sociétales

Outil d'éco-innovation	Apport principal de l'outil		Dimension		Référence
	Evaluation	Idéation	Environnementale	Sociétale	
Diagramme PIT		X (faible)	Approche produit		(Jones et al, 2003)
Eco-Compass	X		Approche produit		(Fussler et al., 1996)
LiDS Wheel	X		Approche produit		(Brezet, 1997)
Ten golden rules		X (faible)	Approche produit		(Luttrop et al., 2006)
Matrice eco-fonctionnelle	X		Approche produit/utilisateur		(Lagersted, 2003)
ecoQFD	X		Approche produit/utilisateur		(Rahimi et al., 2002)
Information-Inspiration		X (faible)	Approche produit		(Lofthouse, 2004)
TRIZ- Résultat idéal Final	X		Approche globale	X (selon utilisateur)	(Jones, 2003)
TRIZ – 9 écrans	X		Approche globale	X (selon utilisateur)	(O'Hare, 2010)
TRIZ – Matrice de contradiction		X (fort)	Approche produit		(Chen et al., 2001)
TRIZ - CBR		X (fort)	Approche produit		(Yan et al., 2011)
TRIZ - LCP Planner		X (fort)	Approche produit		(Kobayashi, 2006)
TRIZ - Eco-MAL'IN		X (fort)	Approche produit		(Samet, 2010)

- **P1** : Il y a aujourd'hui un manque d'outils d'éco-innovation focalisés sur la phase de génération d'idées et qui présentent des mécanismes orientant la recherche de solutions vers une approche systémique.

**Comment accompagner les phases d'idéation à l'aide de mécanismes forts de stimulation en éco-innovation ?**

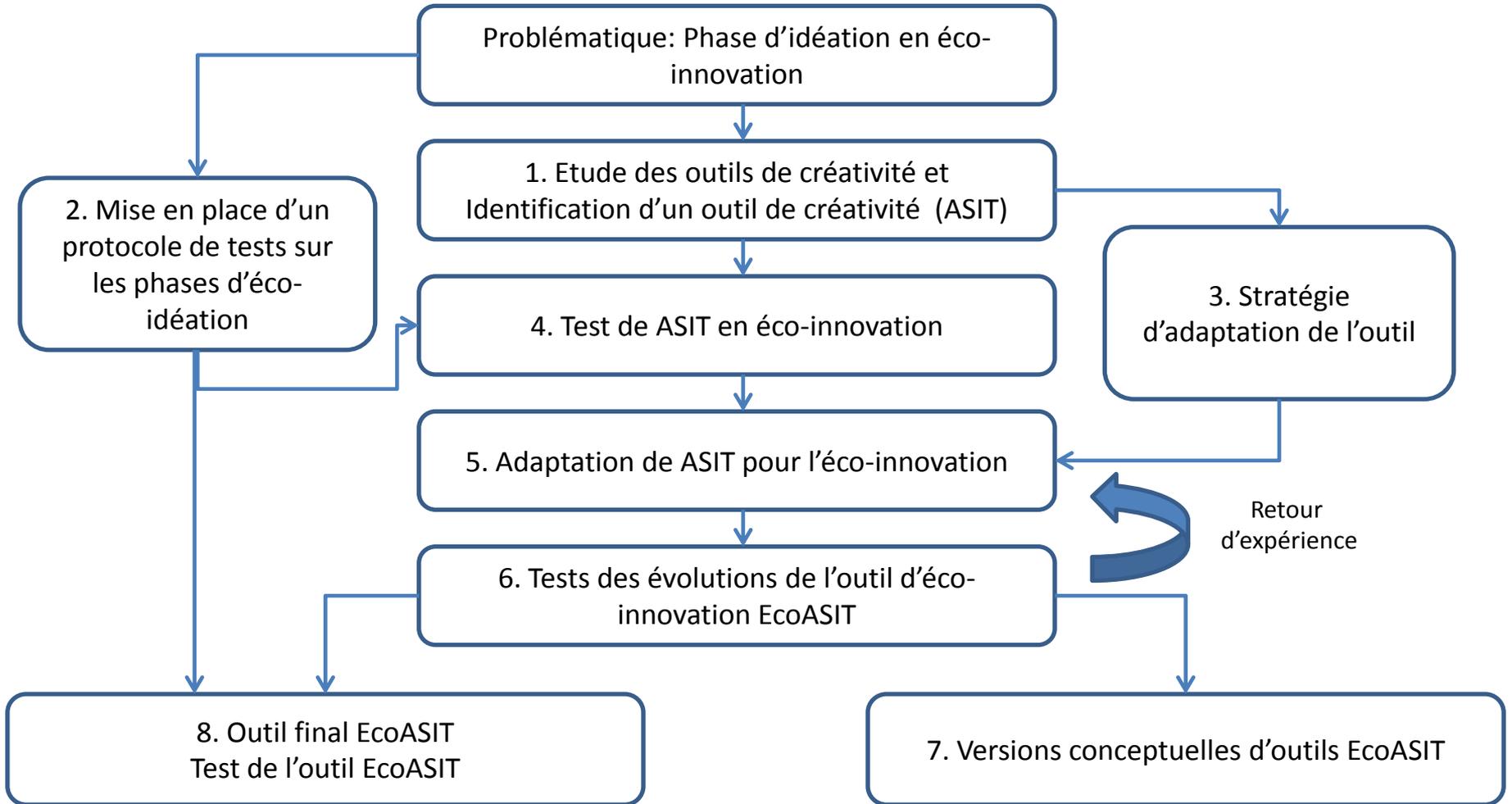
- **P2** : Les dimensions sociétales et comportementales sont autant de points d'entrée en éco-innovation.

**Comment intégrer les dimensions sociétales et comportementales dans les phases d'idéations ?**

« éco-ideation » : phase qui permet de stimuler les dimensions sociétales et environnementales pour la conception innovante de produits/services

# APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

# Méthodologie: Développement d'un outil d'éco-innovation



# DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL ECOASIT

- ASIT(Advanced Systematic Inventive Thinking) : outil de créativité instauré par Roni Horowitz (Maimon et Horowitz, 1999; Horowitz, 1999; Horowitz, 2001)
- Outil adapté de la méthodologie TRIZ (Altschuller, 1956)
- Etudié dans la littérature (Turner, 2008; Reich et al.,2008; Takahara,2009)

- Principe:

Les solutions créatives sont très proches du problème

- Brainstorming structuré:

Consiste en la génération de phrases de stimulation

TRIZ	ASIT
<b>Principe d'idéalité</b>	<b>Condition du monde clos</b>
<i>Par rapport au monde du problème, le monde de la solution n'introduit pas de nouveau type d'objet.</i>	
<b>Surmonter les contradictions</b>	<b>Changement qualitatif</b>
<i>Au moins un facteur aggravant du monde du problème sera changé en facteur neutre ou bénéfique</i>	
<b>40 principes</b>	<b>5 opérateurs</b>

## Apports de ASIT pour l'éco-innovation

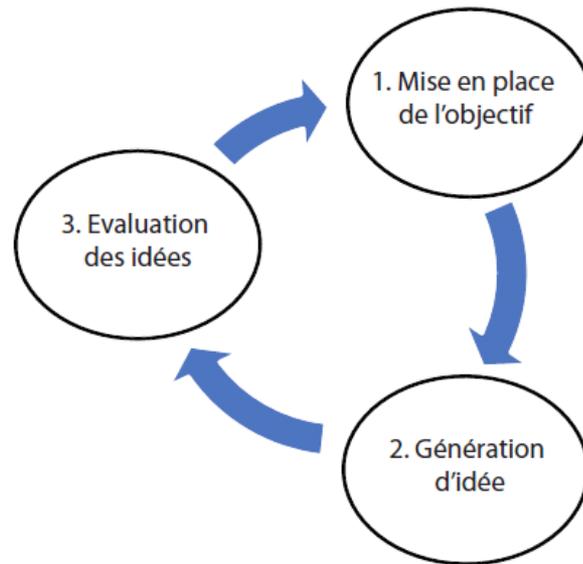
- Résolution de problème
  - confrontation entre les offres actuelles (produit et services) qui ne sont pas adéquates avec les problématiques de soutenabilité = conflits et problématiques à surpasser
- Philosophie ASIT
  - « monde clos » pertinent dans une logique de monde de ressources finies
  - Opérateurs ASIT pertinents dans une logique de réduction de la consommation
- Pertinence de ASIT déjà évoquée dans la littérature (Turner, 2008)

## Micro-outils (Weite et al., 2006):

- Faciles à apprendre
- Simples d'utilisation
- Autonomes
- Réactifs

## Limites de ASIT

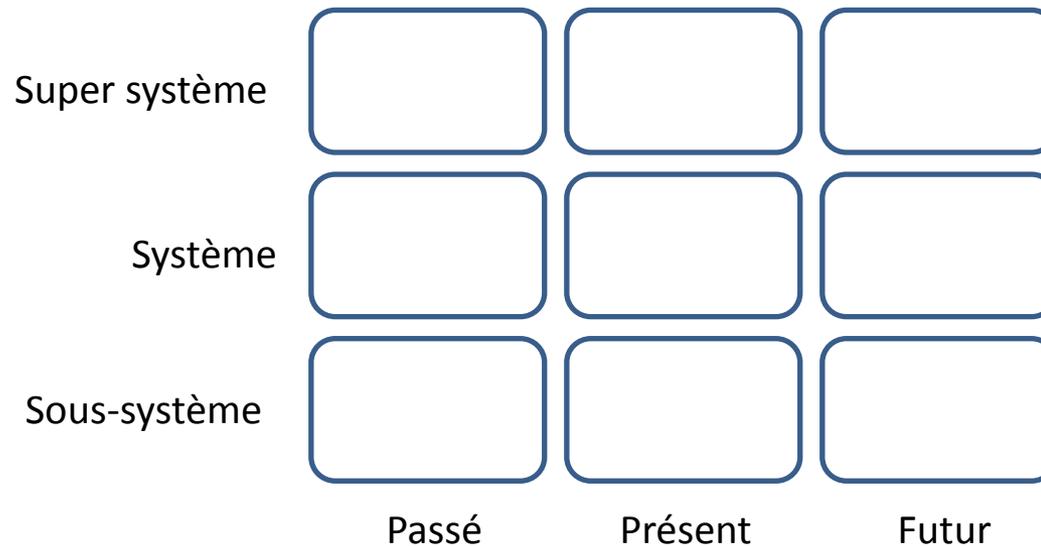
- Approche « figée » de la réflexion
  - Prise en compte de l'évolution du système
  - Taille des objets
- Les notions cycle de vie et multicritère ne sont pas abordées



1. Réflexion sur les frontières du système
2. Identification d'un objectif

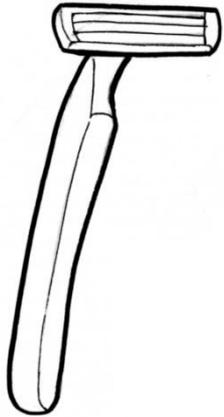
3 mécanismes de stimulation:  
- Suppression, Intégration, modification

La méthode des neuf écrans consiste à élargir le champ de vision du concepteur en lui faisant observer, toujours mentalement, le système étudié dans trois espaces temporels (passé, présent, futur) et à travers trois niveaux systémiques (sous-système, système, super système). (Althsuller, 1956)



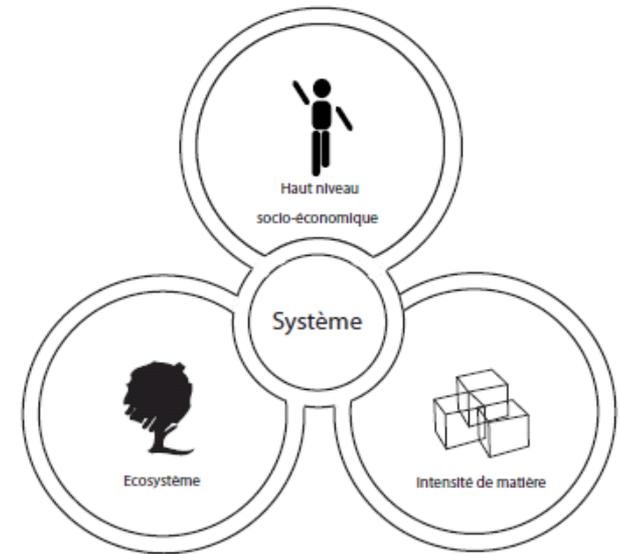
Détermination des frontières du système

Le rasoir jetable

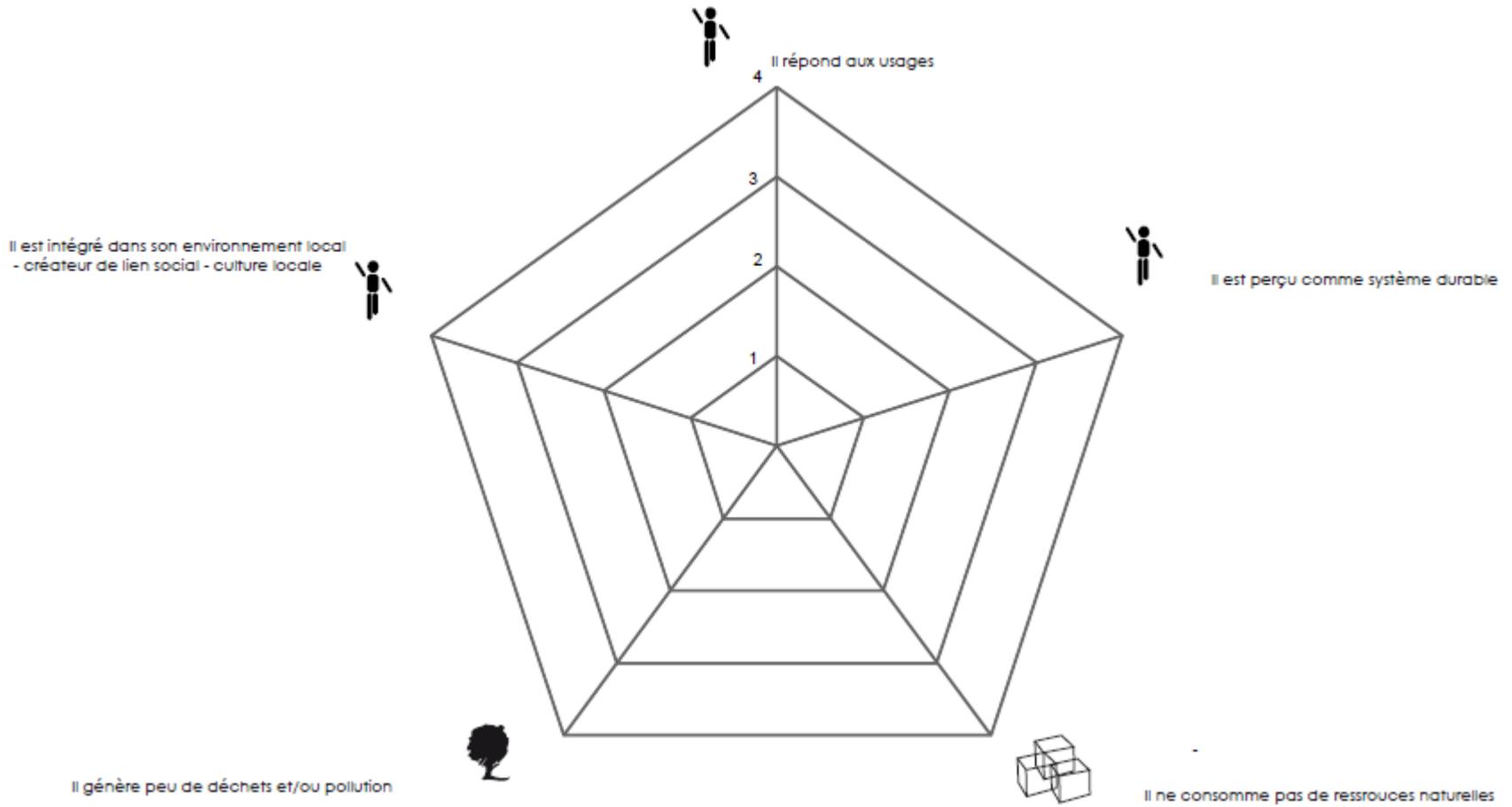


Super système	Barbier Moins de matériels électriques...	Cycle de vie du rasoir Utilisateurs Lieu d'utilisation (Maison, voyage)...	Plus de mobilité Réduction impacts environnementaux...
Système	Rasoir réutilisable Lame non remplaçable 1 seule lame...	Rasoir jetable	
Sous système	Lames acier à affûter...	Composants du rasoir (lames, plastique, ...)	
	Passé	Présent	Futur

En quoi mon système (produit/service) n'est pas un système durable ?

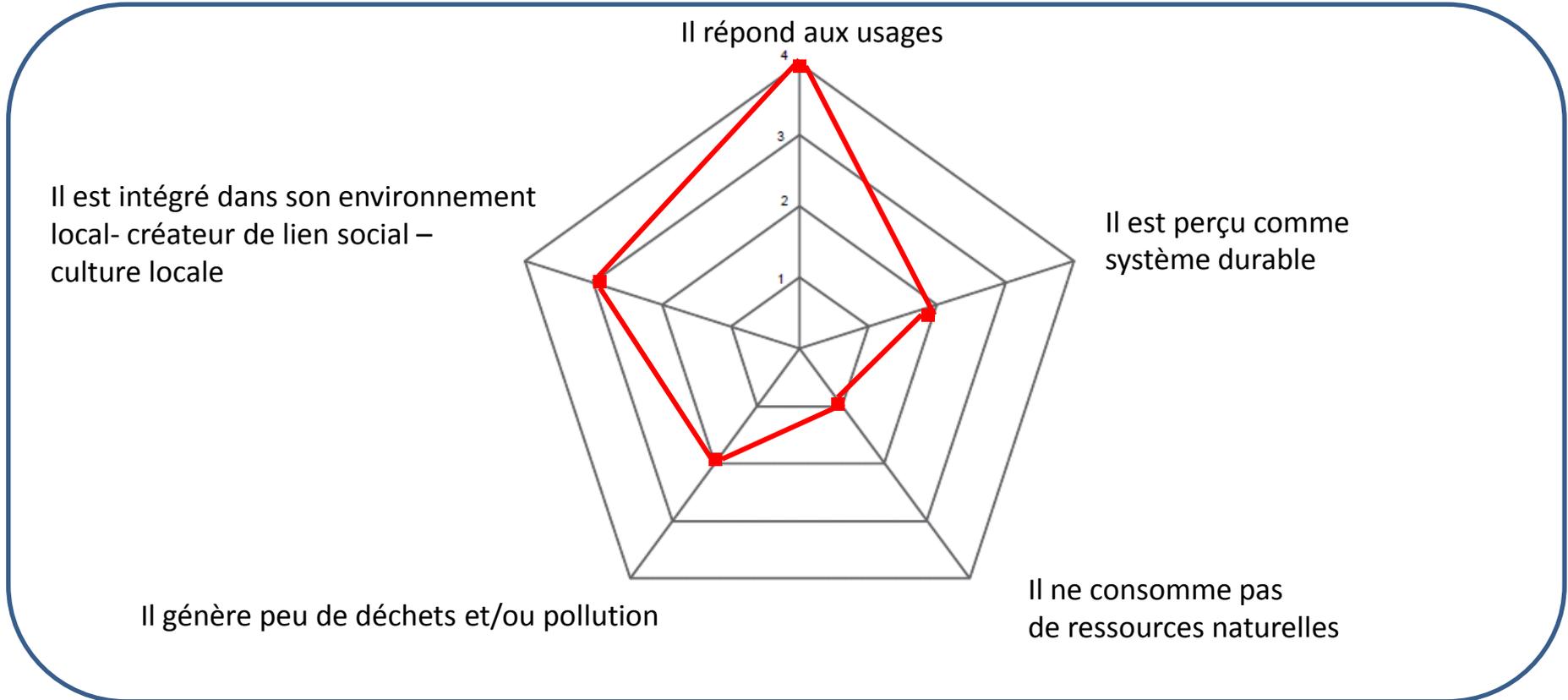


- Il consomme des ressources naturelles
- Il génère des déchets
- Il ne répond pas aux usages
- Il n'est pas perçu comme système durable
- Il ne participe pas à l'activité locale



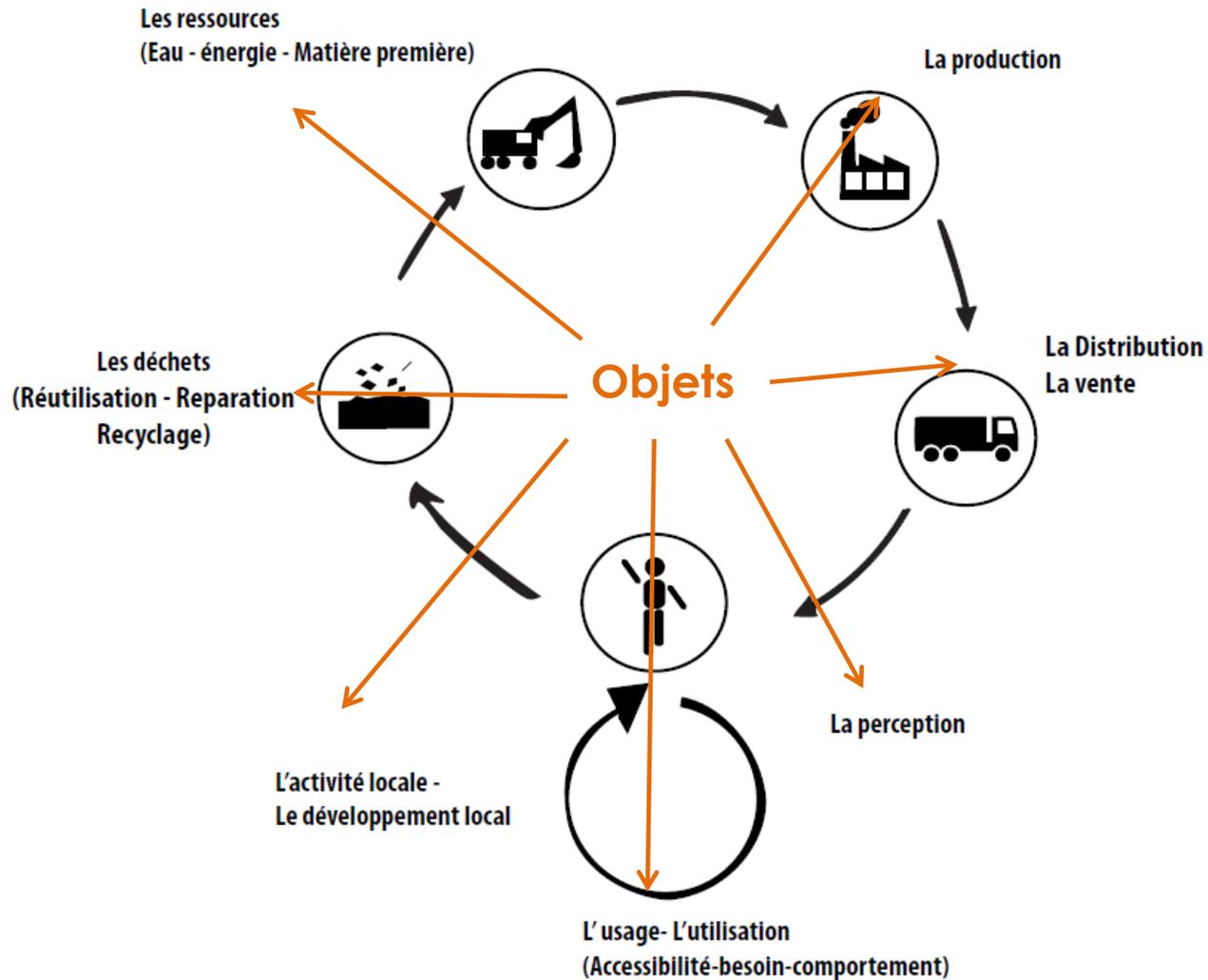
Objectif de la session :.....

## Le rasoir jetable



Objectif de la session : Réduire la consommation de ressources

EcoASIT propose de définir un monde clos dans lequel se trouve notre système



## Suppression

*L'outil Suppression propose d'enlever un objet du cadre défini précédemment afin d'atteindre notre objectif.*

Supprimer **un objet** va me permettre d'atteindre **mon objectif**

## Modification

*L'outil Modification propose de modifier un objet du cadre défini précédemment afin d'atteindre notre objectif.*

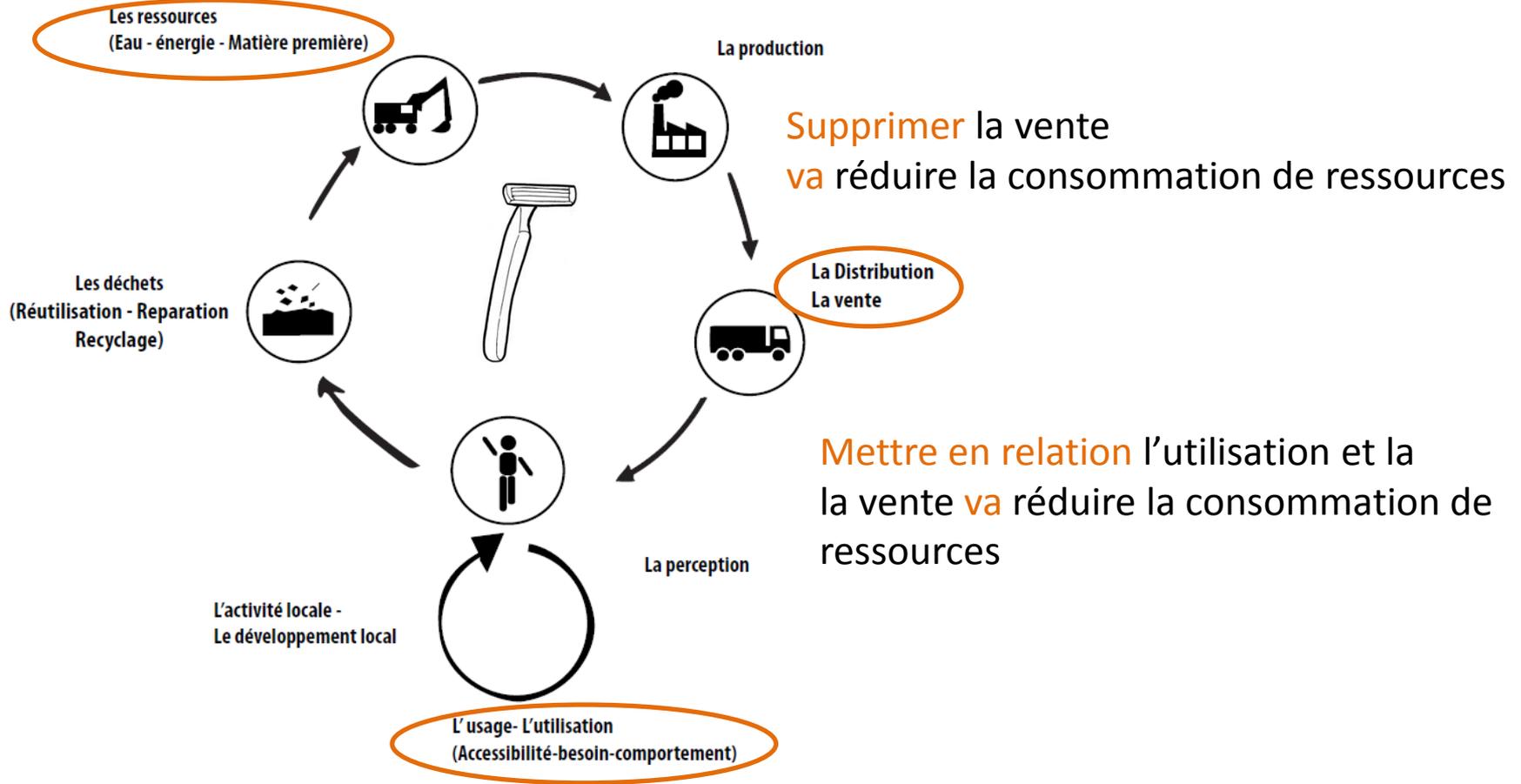
Modifier **un objet** va me permettre d'atteindre **mon objectif**

## Intégration

*L'outil Intégration propose de mettre en relation différents objets entre eux afin de créer de nouvelles combinaisons et de nouveaux chemins pour atteindre l'objectif désiré.*

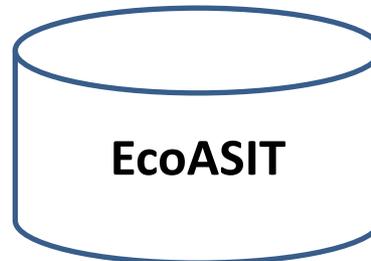
Mettre en relation **un objet1** et **un objet2** va permettre d'atteindre **mon objectif**

Supprimer les matières premières  
 va réduire la consommation de ressources



o En résumé:

Diagramme d'aide à la définition de l'objectif



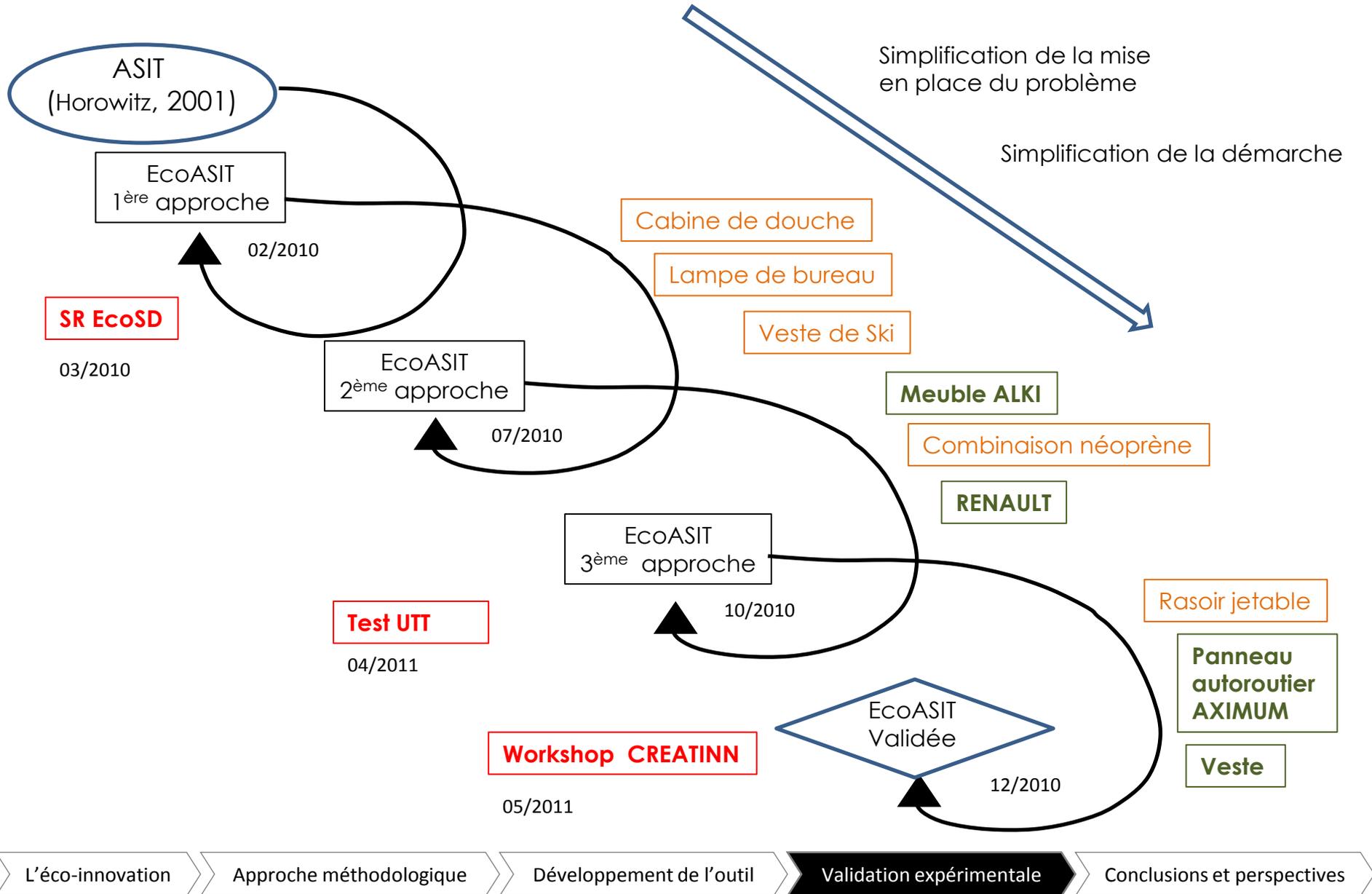
3 outils de stimulations principaux

7 objets génériques

ASIT	EcoASIT final
Formalisation du problème	Principe du résultat idéal final
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Formalisation du problème à l'aide des conditions suffisantes (monde clos et changement qualitatif)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 9 écrans</li> <li>➤ Diagramme EcoASIT : En quoi mon système n'est pas un système durable ?</li> </ul>
Monde clos	Monde de ressources finies : temporel
Objets directs et indirects	<p>Les objets sont présélectionnés dans un premier temps</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cycle de vie</li> <li>➤ Multicritère</li> </ul>
Mécanisme de stimulation : 5 outils	Mécanismes de stimulation : 3 outils
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2 stratégies - 5 outils ASIT               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suppression</li> <li>○ Unification</li> <li>○ Division</li> <li>○ Casser la symétrie</li> <li>○ Multiplication</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2 stratégies- 3 outils principaux :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suppression (ASIT)</li> <li>○ Intégration</li> <li>○ Modification</li> </ul> </li> </ul>

# TESTS EXPERIMENTAUX

# Adaptation de l'outil ASIT en EcoASIT



	Objectif	Contexte	Participants
<b>TEST A</b> <i>Experts éco-conception</i>	Pertinence des outils de créativité et particulièrement de l'outil ASIT sur des problématiques d'éco-innovation	Séminaire de recherche en éco-conception	Expertise en éco-conception ; Industriel et académique  <b>4groupes:</b> <b>ASIT- EcoASITv1 – Eco Compass – LiDS Wheel</b>
<b>TEST B</b> <i>Etudiants éco-conception en autonomie</i>	Validation du processus EcoASIT en autonomie	Master en éco-conception	Etudiant éco-conception  <b>4 groupes similaires EcoASIT</b>
<b>TEST C</b> <i>Novices</i>	Validation de l'outil final EcoASIT en session animée par un développeur de l'outil	Projet européen (franco-espagnol) en innovation	Consultants Chercheurs  <b>1 groupe unique EcoASIT</b>

## Potential de la méthode – Critères orientés process

Fréquence	Dynamisme de l'outil
Variabilité	<p>Capacité de l'outil à explorer le champ de conception:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Produit</b> (ex: Encastrement de la lampe dans objet existant )</li> <li>- <b>PSS</b> (ex: Facilité l'accès à la lampe et maintenance régulière )</li> <li>- <b>Service</b> (ex: Faire un éclairage saisonnier)</li> <li>- <b>Usage</b> (ex: Financer l'éclairage à la demande, par le touriste )</li> <li>- <b>Méthode</b> (ex: Optimiser le transport fluvial )</li> <li>- <b>Stratégie</b> (ex: faire des collectifs de quartier de gestion de la lumière )</li> </ul>

Perception des utilisateurs – Questionnaire	Référence
Collaboration	Sherwin, 2001; Cook, 2005; Resnick, 2005; Molineux, 2007
Facilité d'usage	Sherwin, 2001; Lindahl, 2005; Briggs, 2007; Knight, 2008
Clarification de l'outil	Sherwin, 2001; van Hemel, 2002; Lindahl, 2005; Beckhaus, 2006, Knight, 2008; Carroll, 2009; Vidal, 2009
Exploration	Sherwin, 2001; Shah, 2002; Resnick, 2005, Chakrabarti, 2009
Confiance dans l'outil	Dallman, 2005; Beckhaus, 2006

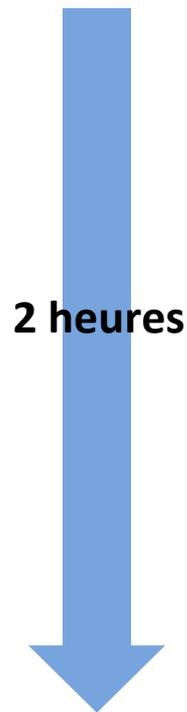
# Retour sur le test A « Expert éco-conception »

- Test durant un séminaire EcoSD
- Objectif : Tester un outil de créativité (ASIT), une version EcoASIT, des outils d'éco-innovation et d'éco-conception (Eco Compass et LiDS Wheel) dans une session de créativité avec une problématique environnementale.
- Lampe extérieure et encastrée issue d'un projet industriel en éco-conception



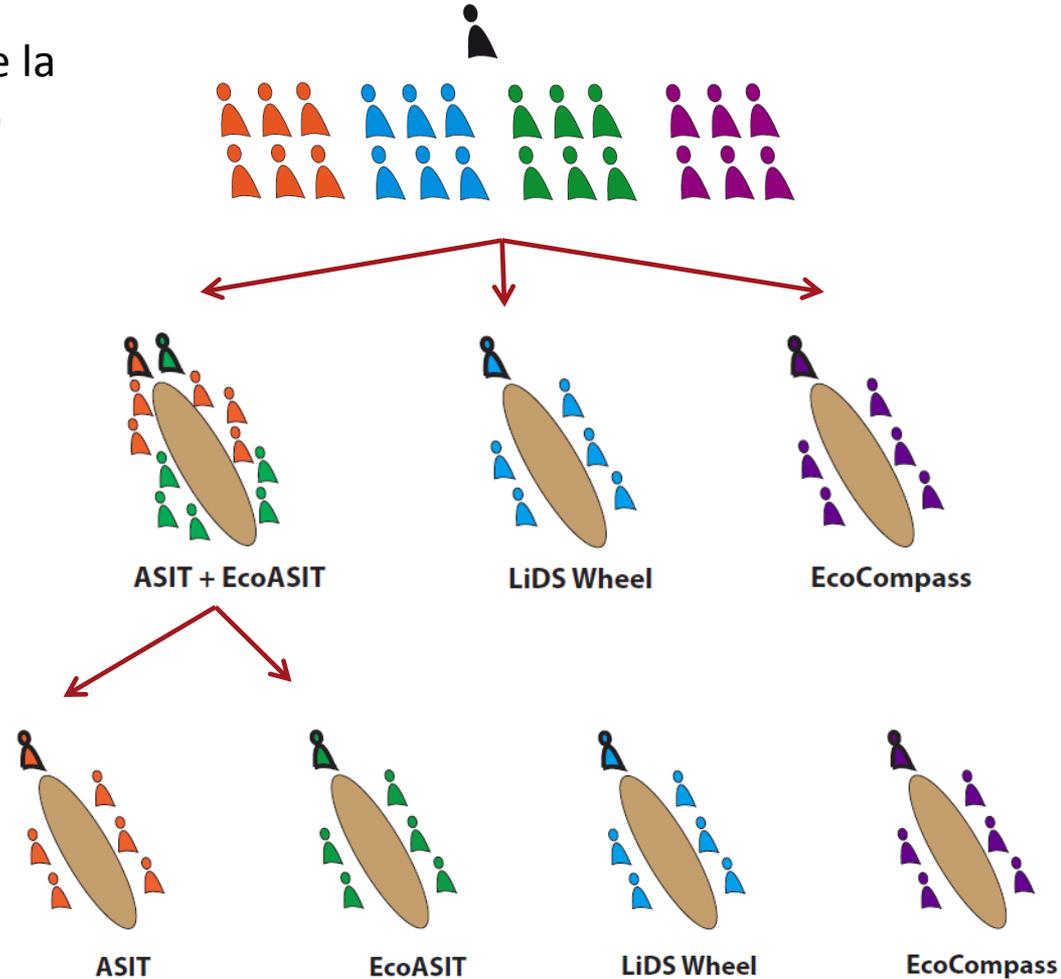
# Retour sur le test A « Expert éco-conception »

Description du produit et modalité de la session (20 min durant la matinée)

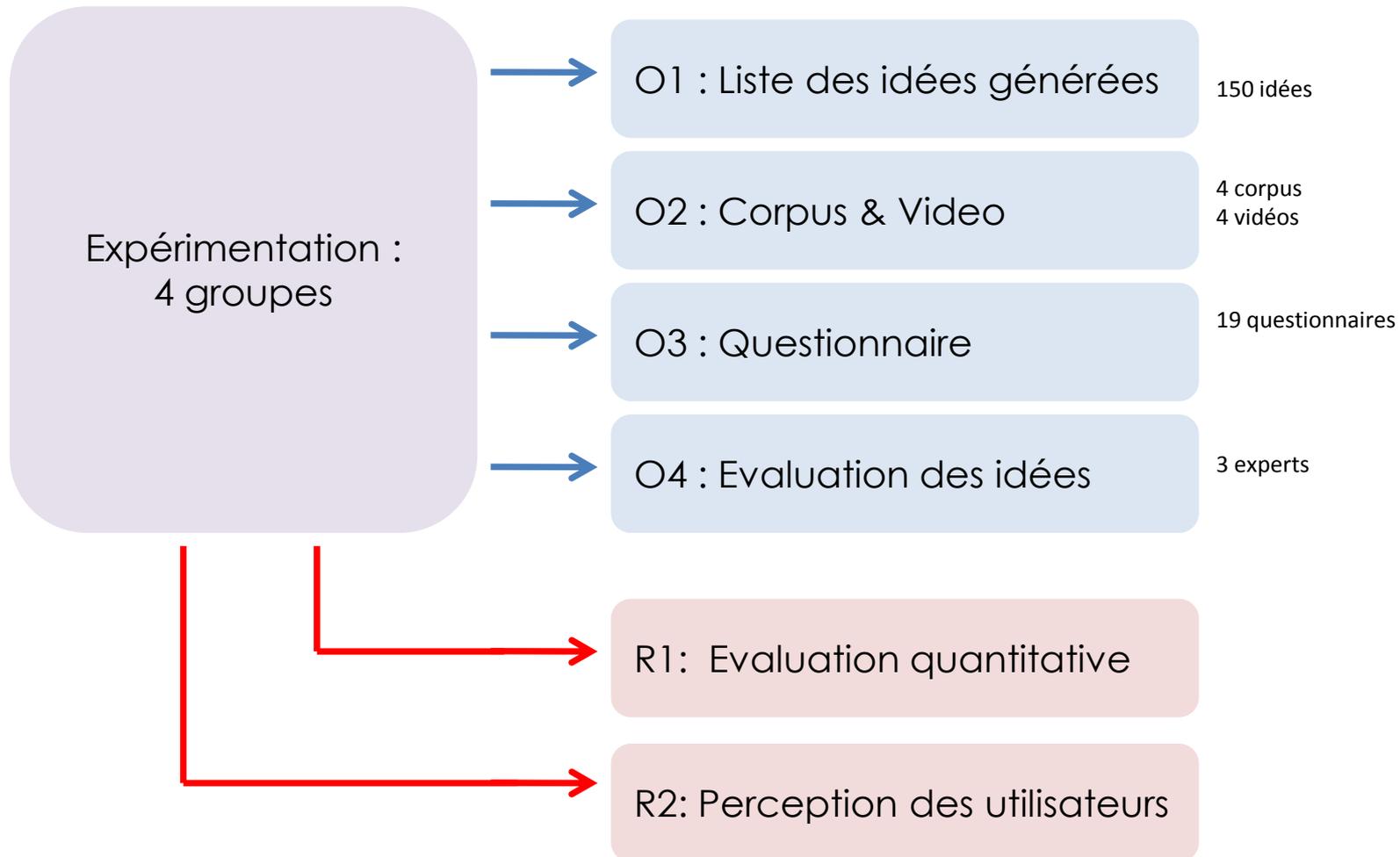


Mise en place du problème

Génération d'idées

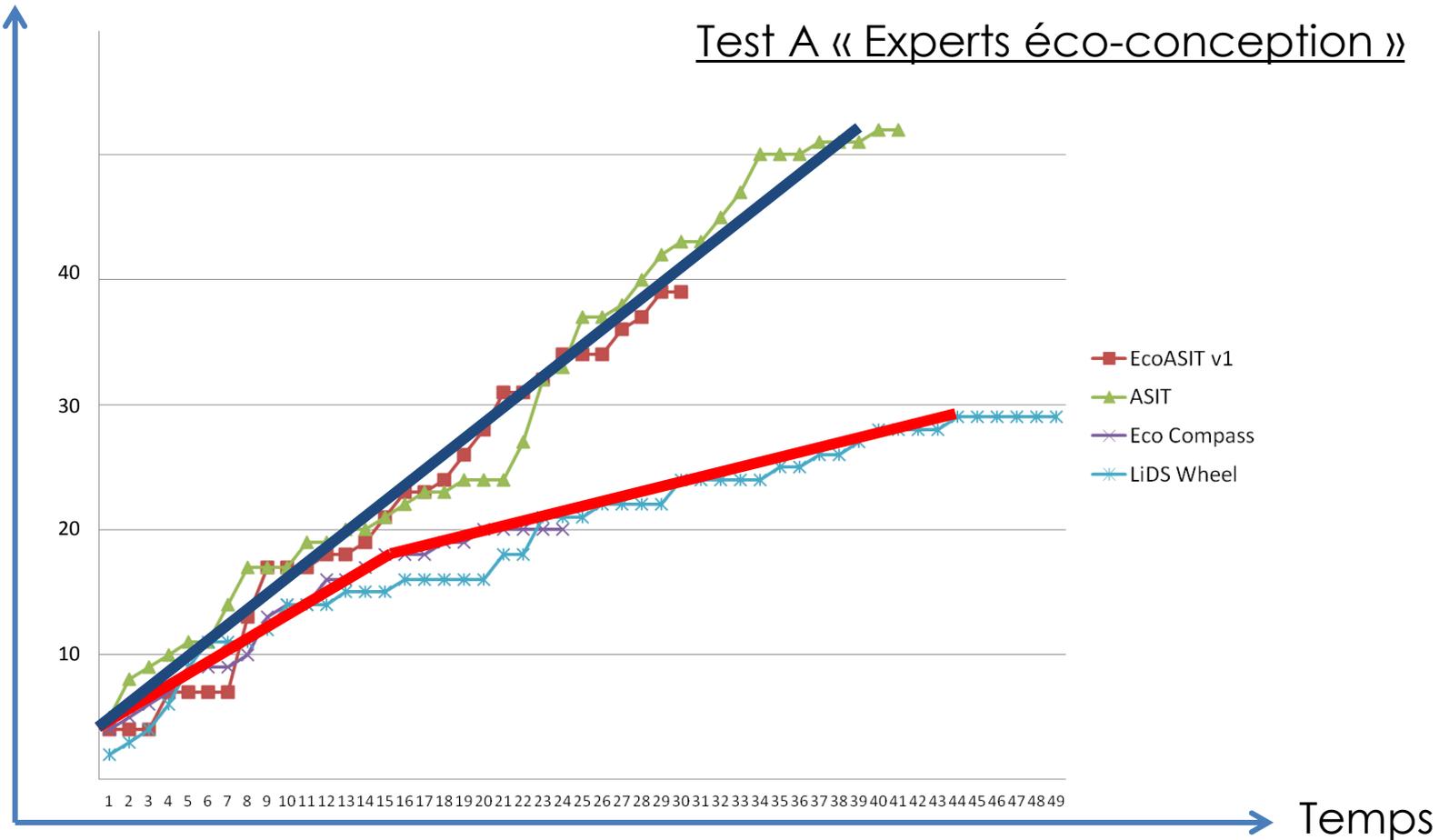


# Retour sur le test A « Expert éco-conception »

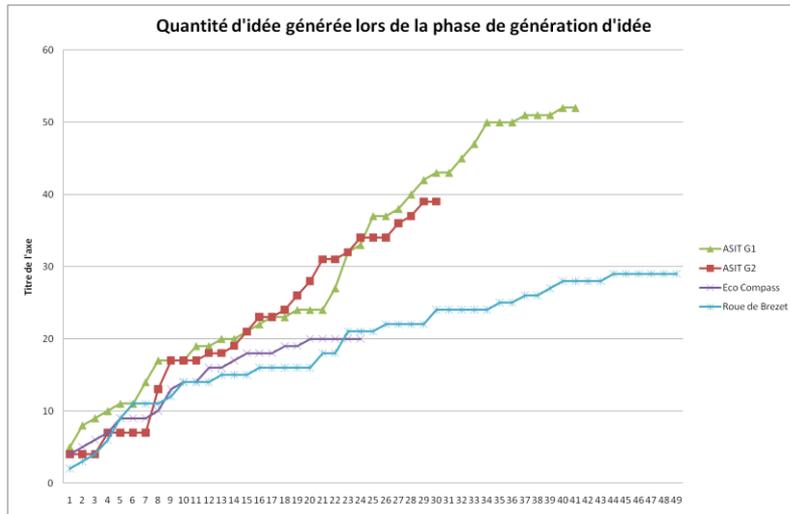


## Fréquence

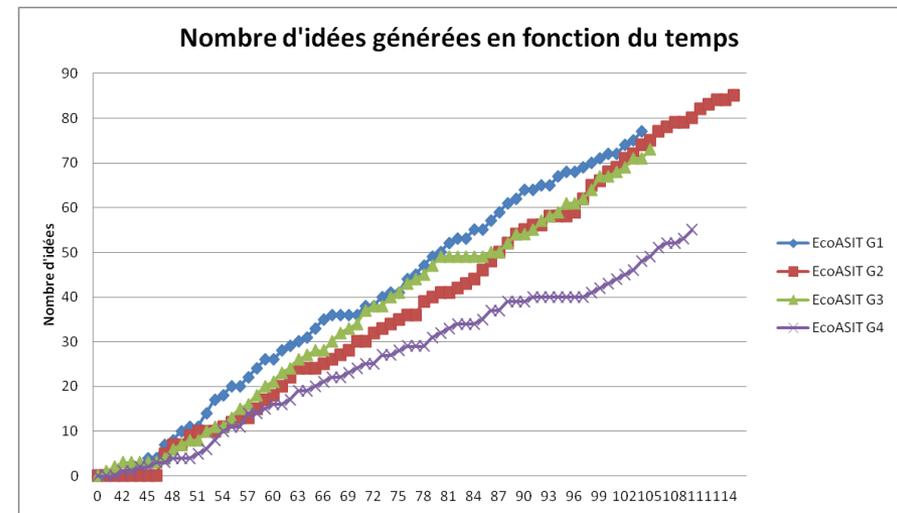
Nombres d'idées



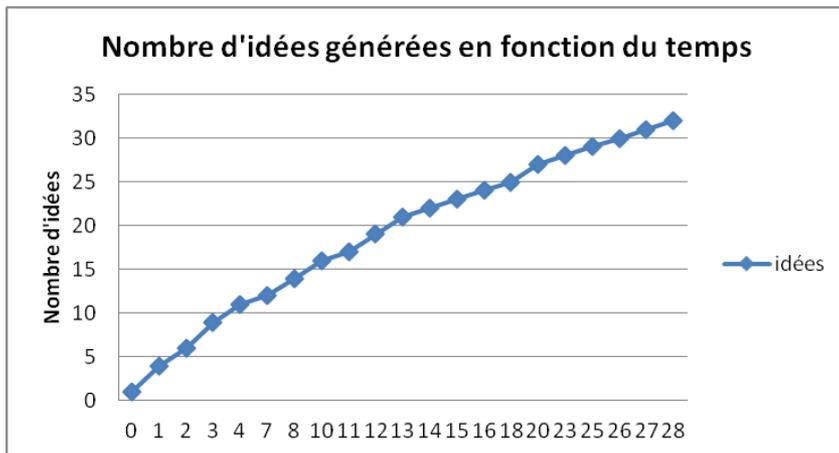
## Test A « Experts éco-conception »



## Test B « Etudiants éco-conception en autonomie »



## Test C « Novices en éco-conception »



Test	Groupe	Coefficient directeur	R <sup>2</sup>
Test A	ASIT	1,23	0,98
	EcoASIT v1	1,29	0,98
Test B	EcoASIT G1	1,23	0,99
	EcoASIT G2	1,19	0,99
	EcoASIT G3	1,14	0,99
	EcoASIT G4	0,77	0,99
Test C	EcoASIT	1,48	0,97

## Test A « Experts éco-conception »

	ASIT	EcoASIT v1	LiDS wheel	Eco Compass
Produit	62	55	94	81
PSS	5	9	6	4
Service	19	9	0	8
Usage	5	12	0	0
Méthode	3	6	0	8
Stratégie	5	9	0	0

## Test B « Etudiants éco-conception en autonomie »

	G1	G2	G3	G4
Produit	50	45	54	33
PSS	6	5	1	0
Service	5	2	4	6
Usage	12	8	6	10
Méthode	19	23	22	30
Stratégie	8	17	13	21

## Test C « Novices en éco-conception »

	G1
Produit	41
PSS	0
Service	7
Usage	17
Méthode	4
Stratégie	31

Variabilité



- EcoASIT garde les performances de ASIT tout en concentrant la réflexion sur des principes d'éco-innovation
  - Permet d'explorer efficacement le champ de conception
  - Permet de maintenir un flux constant d'idées
- Malgré un outil câblé et la généricité des « objets » manipulés sur EcoASIT, le groupe parvient à se focaliser sur une problématique spécifique
- Les performances de EcoASIT sont intéressantes malgré un groupe peu formé
- Outil intuitif



- Cohérence entre les résultats et la perception de l'outil
- Possibilité de redondance dans l'information et la manipulations des objets
- Clarification de l'outil
- Complexité de certains mécanismes

# CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

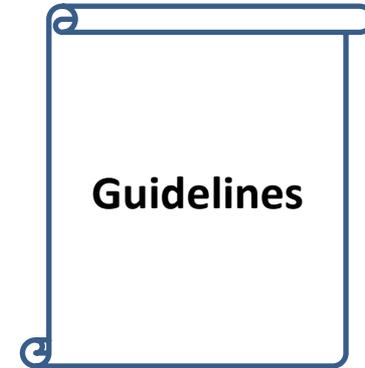
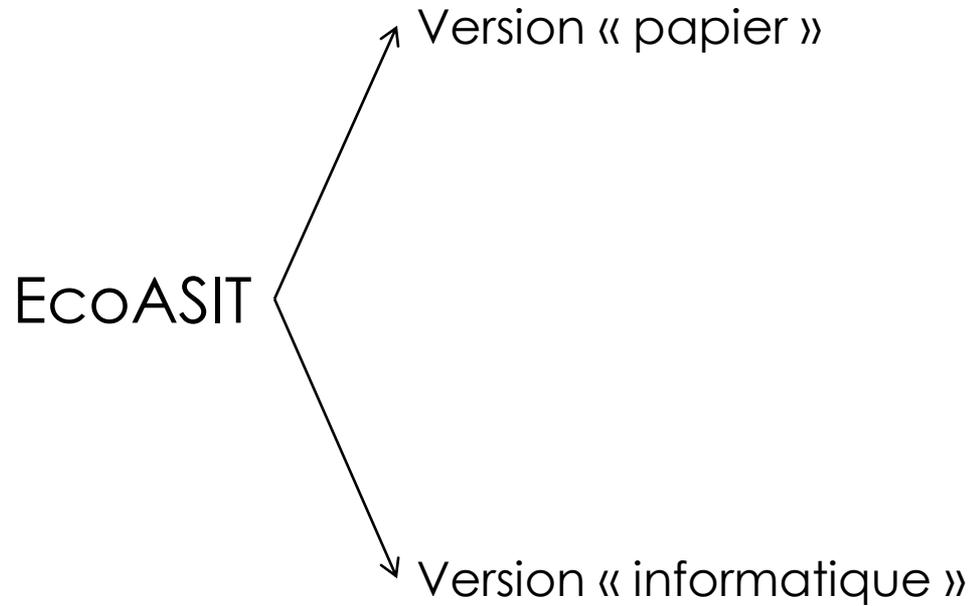
## ○ Apport

**L'utilisation de mécanismes forts de stimulation et orientés sur les différents axes du développement durable permet de rendre les phases d'idéations plus performantes dans un processus d'éco-innovation**

**Phases d'éco-idéation** : définissent le champ d'exploration proposé aux concepteurs tout en canalisant la réflexion vers des principes de durabilité.

## ○ Contributions

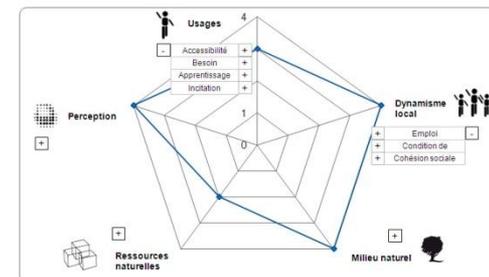
- Développement d'un protocole expérimental permettant de mesurer les performances des phases d'éco-idéation
- Développement d'un outil d'éco-innovation focalisé sur les phases de génération d'idées
  - Validation théorique en montrant l'affiliation avec l'outil de référence
  - Validation expérimentale sur des tests académiques et industriels



Fonction principale

	NOTE
Quel est mon système idéal ?	3 +
Il répond aux <b>usages</b>	4 +
Il est intégré dans son environnement local - créateur de lien social - <b>culture locale</b>	4 +
Il ne rejette pas dans le <b>milieu naturel</b>	4 +
Il ne consomme pas de <b>ressources</b>	2 +
Il est perçu comme système durable ( <b>esthétique - perception - cohérence</b> )	4 +

4 : durable  
1 : non durable



Action voulue

Réduire la consommation de ressources

## ○ Limites:

### - Gestion de la phase d'évaluation des idées

- Phase critique de sélection des idées qui conditionne le processus de conception
- Test A : Evaluation des idées – Dispersion des résultats
- Les analyses menées par les évaluateurs sont irrégulières, subjectives et manquent souvent de rigueur (Amabile, 1983, Ferioli, 2010)
- Mise en place d'un premier test pour juger l'interprétation des idées par les concepteurs

### - Intégration de l'outil dans le processus de conception

- Capitalisation des retours sur l'utilisation de l'outil dans un processus de conception
- Retour sur l'utilisation de l'outil à moyen terme (modification de la perception de l'utilisateur)

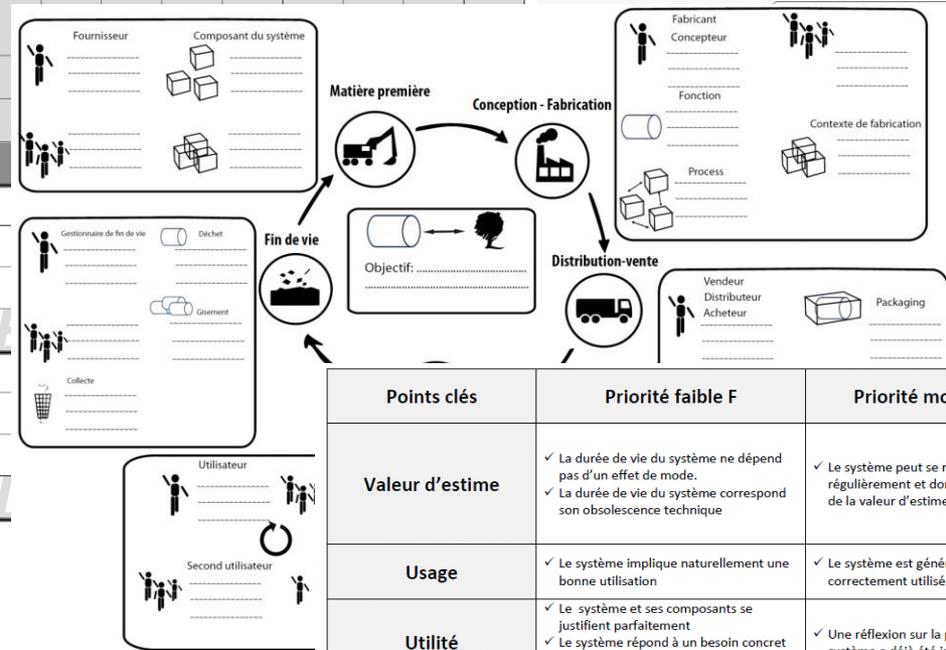
	Note	Matière première (Provenance, Mode en forme, Traçabilité, Fin de vie)	Fabrication (Processus, Déchets de fabrication)	Logistique (Poids et volume, Emballage, Transport)	Utilisation (Perception, Connaissances, Ressources, Traçabilité, Maintenance)	Fin de vie (Dématérialisation, Recyclage, Durée de vie, Réparabilité, Réutilisation)	Apprentissage (Innovation, Sensibilisation)	Insulation	Valeur d'estime	Bon usage	Informatif	Besoin	Esthétique (Emploi des matériaux)	Condition de travail	Cohésion sociale
Note															
Matière première (Provenance, Mode en forme, Traçabilité, Fin de vie)															
Fabrication (Processus, Déchets de fabrication)															
Logistique (Poids et volume, Emballage, Transport)															
Utilisation (Perception, Connaissances, Ressources, Traçabilité, Maintenance)															
Fin de vie (Dématérialisation, Recyclage, Durée de vie, Réparabilité, Réutilisation)															
Apprentissage (Innovation, Sensibilisation)															
Insulation															
Valeur d'estime															
Bon usage															
Informatif															
Besoin															
Esthétique (Emploi des matériaux)															
Condition de travail															
Cohésion sociale															

**place un système eco-efficent** → Rendre le système global éco-efficent

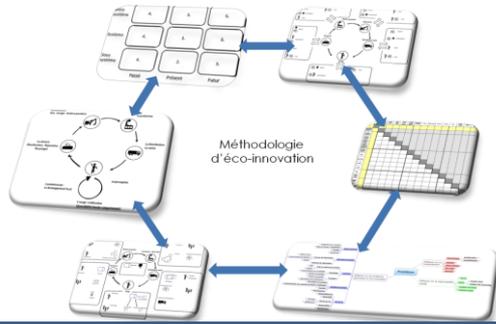
**place un nouveau modèle économique** → dématérialisation → Orienter la produit vers du service  
 Ecologie industrielle → Mutualisation de service

**riété de la matière première** → Réduire la présence de matériaux non recyclés  
 Réduire la présence de matériaux non renouvelables  
 Réduire la quantité de matière

Matériaux  
 allage  
 rié  
 port impactant  
 ur une longue durée (techniquement)  
 blar les besoins de l'utilisateur sur du long terme

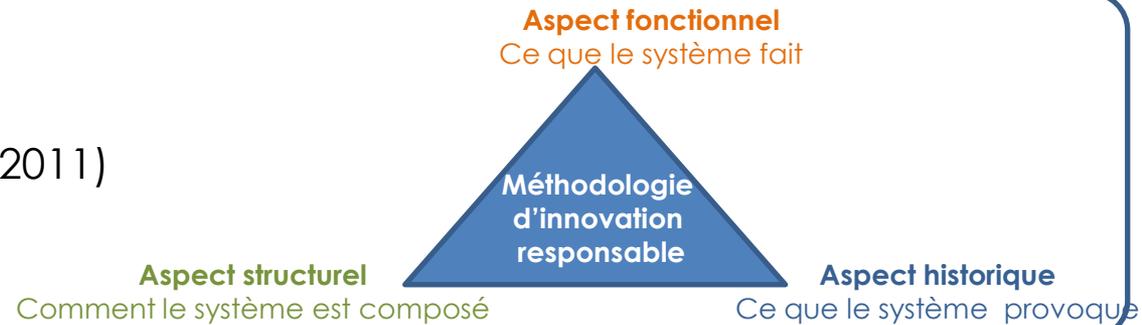


Points clés	Priorité faible F	Priorité moyenne M	Priorité élevée E
<b>Valeur d'estime</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La durée de vie du système ne dépend pas d'un effet de mode.</li> <li>La durée de vie du système correspond son obsolescence technique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système peut se renouveler régulièrement et donc dépend en partie de la valeur d'estime qu'on lui attribue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système est associé à un effet de mode</li> <li>Le système peut se changer régulièrement Utilisateur, contact direct avec le système</li> <li>Système directement en interaction avec l'utilisateur</li> </ul>
<b>Usage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système implique naturellement une bonne utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système est généralement correctement utilisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mon système peut être facilement utilisé de manière irresponsable</li> </ul>
<b>Utilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système et ses composants se justifient parfaitement</li> <li>Le système répond à un besoin concret de la société et ce besoin ne peut être satisfait de manière plus efficace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une réflexion sur la pertinence du système a déjà été initiée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système ne se justifie pas et le besoin qu'il remplit peut être satisfait de manière plus efficace</li> </ul>
<b>Condition de travail</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un travail a déjà été effectué pour garantir de bonnes conditions de travail sur l'ensemble du cycle de vie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu de levier d'action et peu de lisibilité sur le cycle de vie du système</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucune préoccupation sur les conditions de travail, sur le cycle de vie du système.</li> </ul>
<b>Cohésion sociale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système s'intègre bien dans son environnement local et est en cohérence avec le tissu social.</li> <li>Le système est accessible au plus grand nombre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un travail a été effectué pour mieux insérer le système dans son environnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système est mal intégré dans son environnement.</li> <li>Le système ne transmet aucune valeur sociale et est réservé à un publique limité.</li> </ul>
<b>Esthétique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système n'a aucun contact immédiat avec l'utilisateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'esthétique peut être un levier d'action intéressant pour le système</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La fonctionnalité et la forme du système sont indissociables.</li> <li>Les qualités esthétiques du système sont importantes</li> </ul>



- ➔ Outils développés durant la thèse
- Hybridation
- ➔ Bibliothèque d'outils
- Flexibilité du processus

Interface entre outils (Rio et al., 2011)



Accompagner les phases de maturation  
Ne pas diluer valeurs et caractéristiques  
du développement durable au cours du  
processus de conception

**Merci pour votre attention**

Benjamin TYL