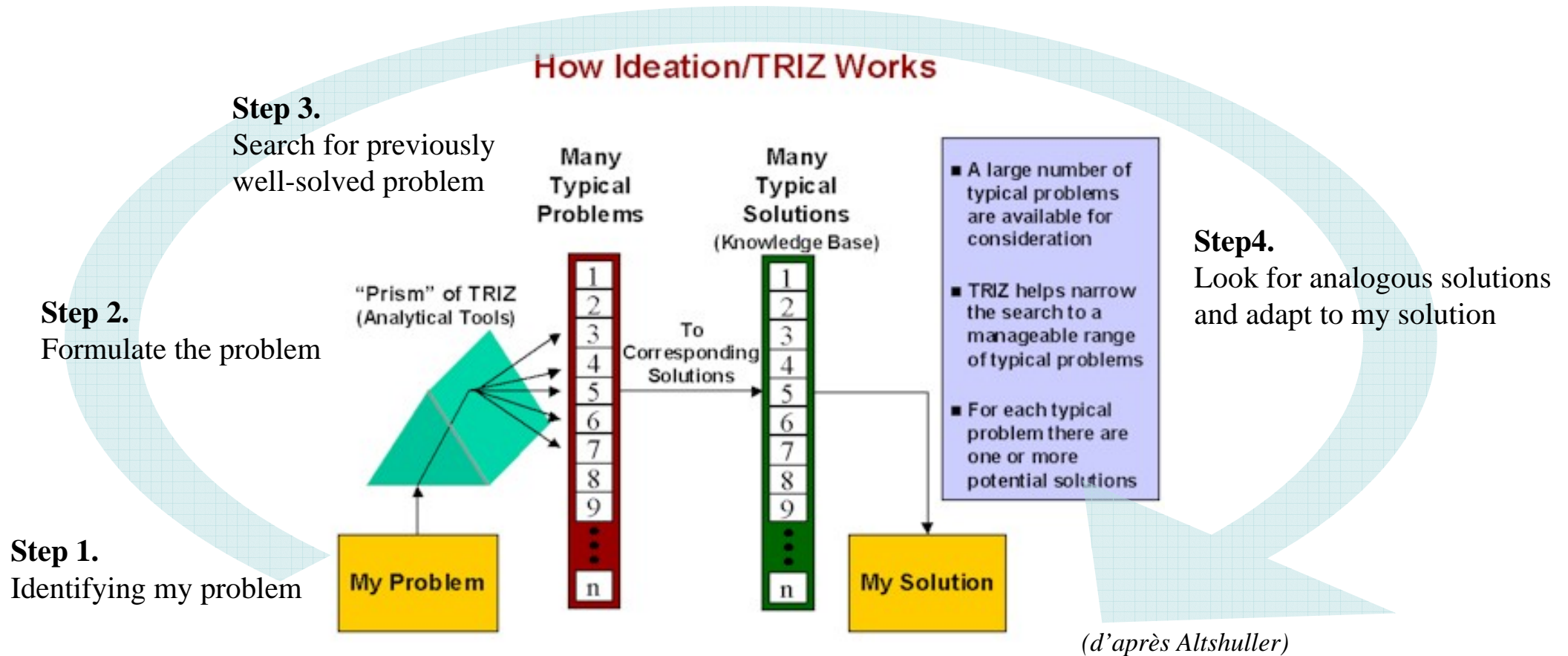


# Méthode TRIZ de résolution de problème

**TRIZ** = « *Teorija Reshenija Izobretatiliskih Zadatch* »  
**Théorie de la résolution des problèmes inventifs**

# Résolution de problèmes : méthode TRIZ



## Exemples d'applications

- Résolution de problèmes complexes
- Conception de nouveaux produits : recherche de solutions techniques en réponse au CdCF et passage au CdCC (Cahier des charges conceptuel)
- Gestion de risques : analyse des défaillances

# TRIZ : une méthode en 4 étapes

1. **TRANSFORMER** le problème industriel en problème scientifique, sous forme de paramètres physiques et de contradictions

Les 9 questions à se poser (par J. Laforcade, CCRIM) :

- où se passe le problème ?
- à quel moment ?
- quels sont les éléments en présence ?
- quels sont les actions physiques ?
- quelle est l'action la plus néfaste ou la moins bien réalisée ?
- quel est le composant responsable de cette action ?
- quelle caractéristique physique de ce composant permet de modifier cette action ?
- quel composant est alors impacté par l'amélioration de cette caractéristique ?
- quelle caractéristique de ce composant est alors détériorée ?

2. **TROUVER** des solutions scientifiques novatrices (algorithme ARIZ) en attribuant des fourchettes de valeurs aux paramètres clés
3. **EVALUER** les évolutions à apporter au produit pour s'approcher de solutions idéales (brainstorming) : lister les paramètres physiques de chacun des éléments du système à faire évoluer et analyser les modifications à leur apporter
4. **CONVERGER** vers des solutions acceptables par l'entreprise et le marché, en se basant sur les valeurs des paramètres physiques

# TRIZ : 5 notions essentielles (1/2)

- **Gérer les contradictions :**

- tout problème à résoudre doit être formulé de telle sorte qu'il énonce une contradiction ;
- plutôt que d'accepter des compromis résultant de la prise en compte de certaines contraintes, il faut gérer les contradictions (physiques, techniques, opérationnelles) en tant que telles en proposant des catégories de solutions issues de :
  - 40 principes génériques de résolution
  - 39 paramètres de conception
 } → Matrice de résolution des conflits

- **Raisonner en « résultat idéal final » :**

- décrire ce que l'on souhaiterait obtenir dans le cas final (ce résultat ne possède ni masse, ni volume ni coût mais assure toutes les fonctions requises)

- **Identifier les ressources :**

- ressources = substances, énergies, informations, espace, temps, fonctions... nécessaires à la réalisation d'un système technique
  - notion de « Vépoles » (eng. : « *S-fields* ») ou associations entre des « substances » et des « champs » (pesanteur, électromagnétique, chaleur...)

## TRIZ : 5 notions essentielles (2/2)

- **Tenir compte des 8 lois d'évolution des systèmes techniques :**

- les réponses à un besoin évoluent suivant des lois formelles stables qui font passer le problème par des étapes, ce qui permet d'envisager les possibilités d'évolution d'une solution trouvée à un moment donné ;

- lois d'évolution :

1. Organisation fonctionnelle d'un système (sous-ensembles moteurs, de transmission, opératif et de contrôle)
2. Flux d'énergie dans un système
3. Rythmes associés à un fonctionnement (fréquences, vibrations, périodicités)
4. Lois cinématiques
5. Perfectionnement des systèmes
6. Développement des systèmes et transition vers des « super-systèmes »
7. Transition d'un macro niveau vers un micro niveau
8. Augmentation de la contrôlabilité

- **Penser autrement :**

- lever l'inertie psychologique, obstacle à la créativité individuelle

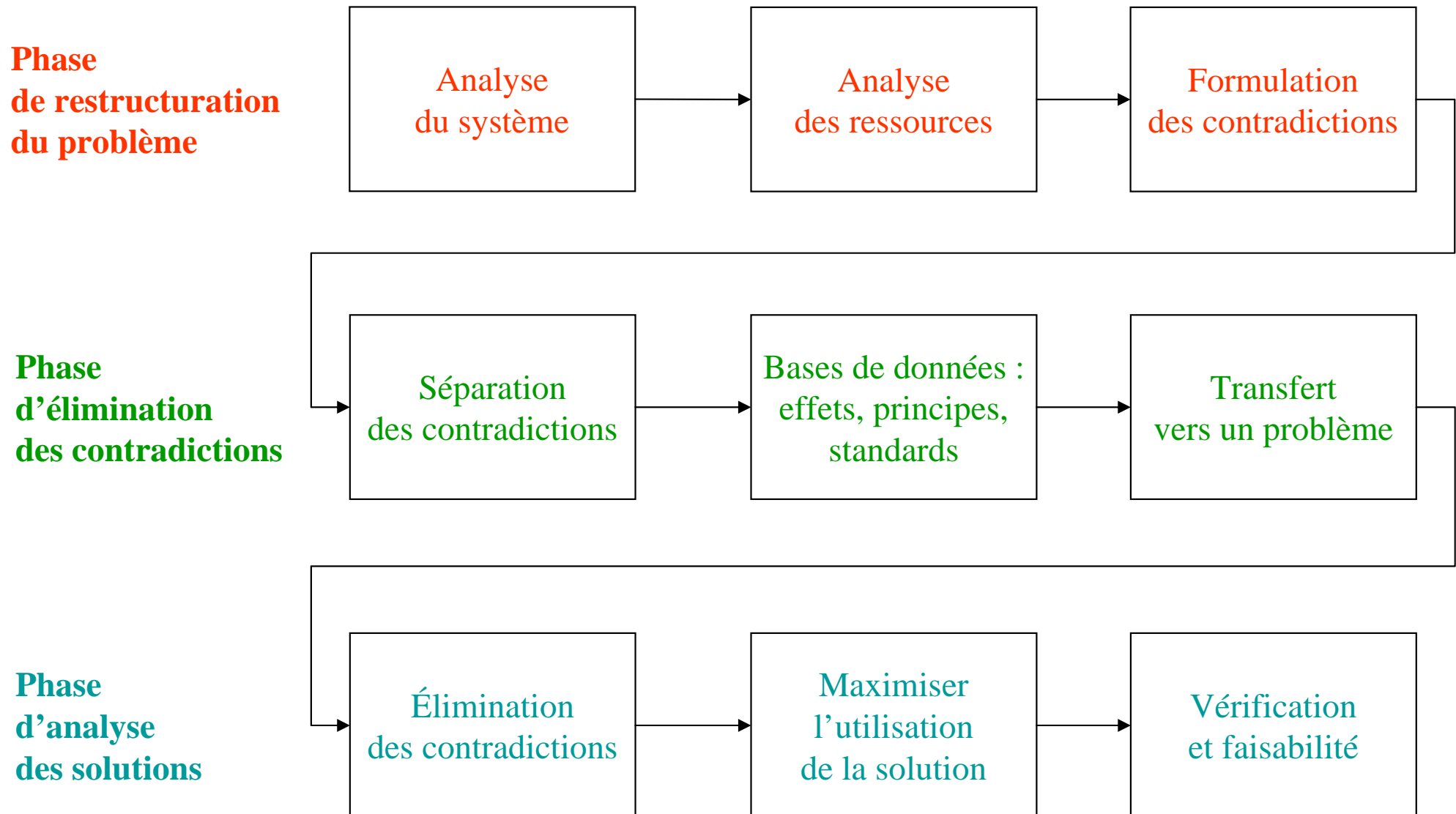
# TRIZ : les 40 principes de résolution

1 La segmentation	21 L'action rapide
2 L'extraction	22 La transformation d'un plus en moins
3 La qualité locale	23 L'asservissement
4 L'asymétrie	24 L'intermédiaire (l'insertion)
5 Le groupement (la combinaison)	25 Le self service
6 L'universalité	26 La copie
7 Le placement interne (la poupée russe)	27 L'éphème et l'économique
8 Le contrepoids	28 La substitution d'un système mécanique (la reconception)
9 L'action opposée préventive	29 Le système hydraulique ou pneumatique
10 L'action préliminaire	30 La membrane flexible et le fil de faible épaisseur
11 La prévention (la compensation)	31 La porosité d'un matériau
12 L'équipotentialité	32 Le changement de couleur
13 L'inversion	33 L'homogénéité
14 La sphéricité	34 Le rejet et la régénération des parties
15 Le dynamisme (le degré de dynamisme)	35 Le changement des paramètres physiques et chimiques
16 L'action partielle ou excessive (Le surplus)	36 La transition de phase
17 Le changement de dimension	37 L'expansion thermique
18 La vibration mécanique (l'oscillation)	38 L'oxydation
19 L'action périodique	39 L'environnement inerte
20 La continuité d'une action utile	40 Le matériau composite

# TRIZ : les 39 paramètres de conception

1. Masse d'un objet mobile
2. Masse d'un objet immobile
3. Longueur d'un objet mobile
4. Longueur d'un objet immobile
5. Surface d'un objet mobile
6. Surface d'un objet immobile
7. Volume d'un objet mobile
8. Volume d'un objet immobile
9. Vitesse
10. Force
11. Tension, pression
12. Forme
13. Stabilité de l'objet
14. Résistance
15. Longévité d'un objet mobile
16. Longévité d'un objet immobile
17. Température
18. Brillance
19. Energie dépensée par l'objet mobile
20. Energie dépensée par l'objet immobile
21. Puissance
22. Gaspillage d'énergie
23. Gaspillage de substance
24. Perte d'information
25. Perte de temps
26. Quantité de substance
27. Fidélité
28. Précision de la mesure
29. Précision de l'usinage
30. Facteurs nuisibles agissant sur l'objet
31. Facteurs nuisibles annexes
32. Usinabilité
33. Facilité d'utilisation
34. Aptitude à la réparation
35. Adaptabilité
36. Complexité de l'appareil
37. Complexité de contrôle
38. Degré d'automatisation
39. Productivité

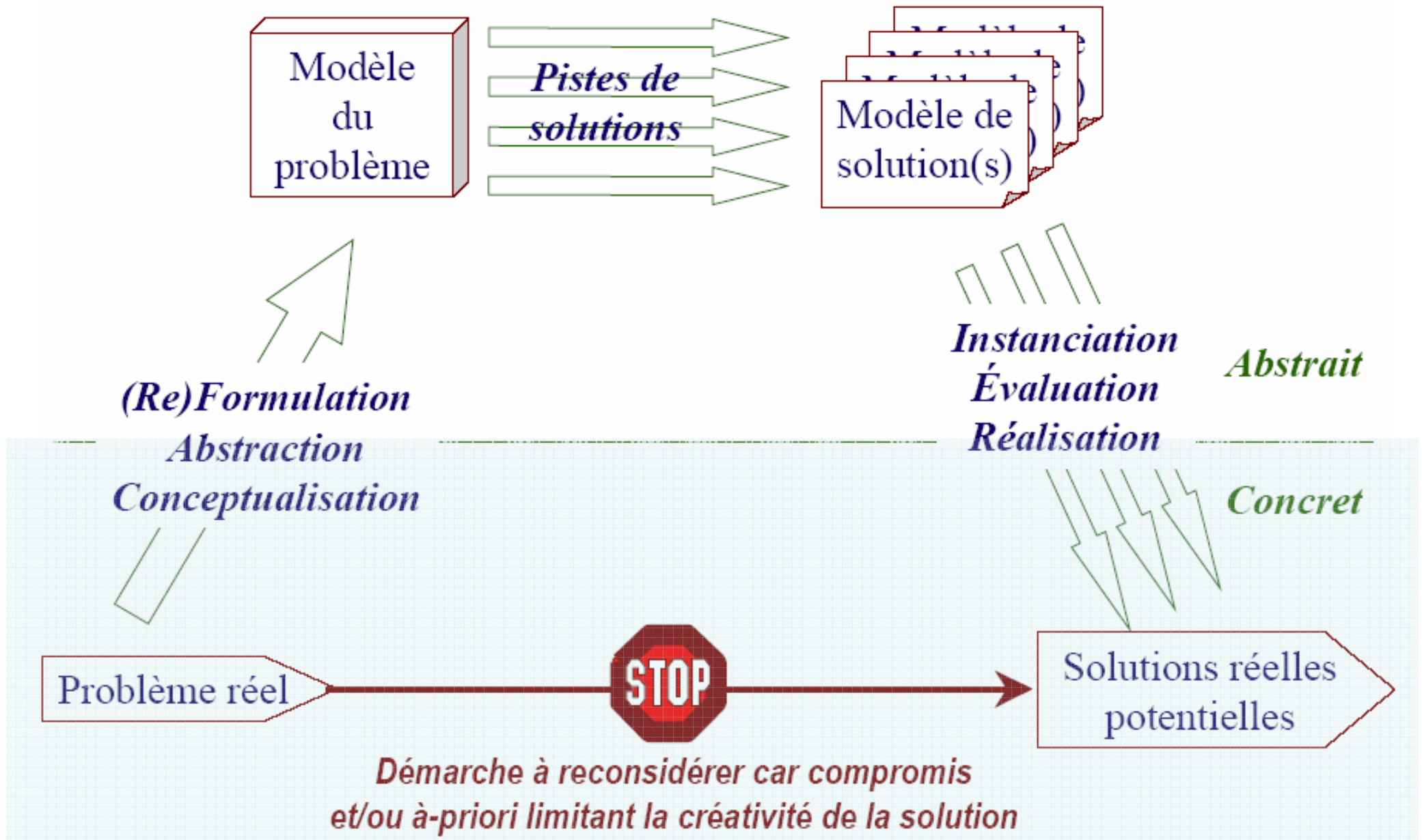
# TRIZ : algorithme ARIZ de mise en œuvre de la méthode





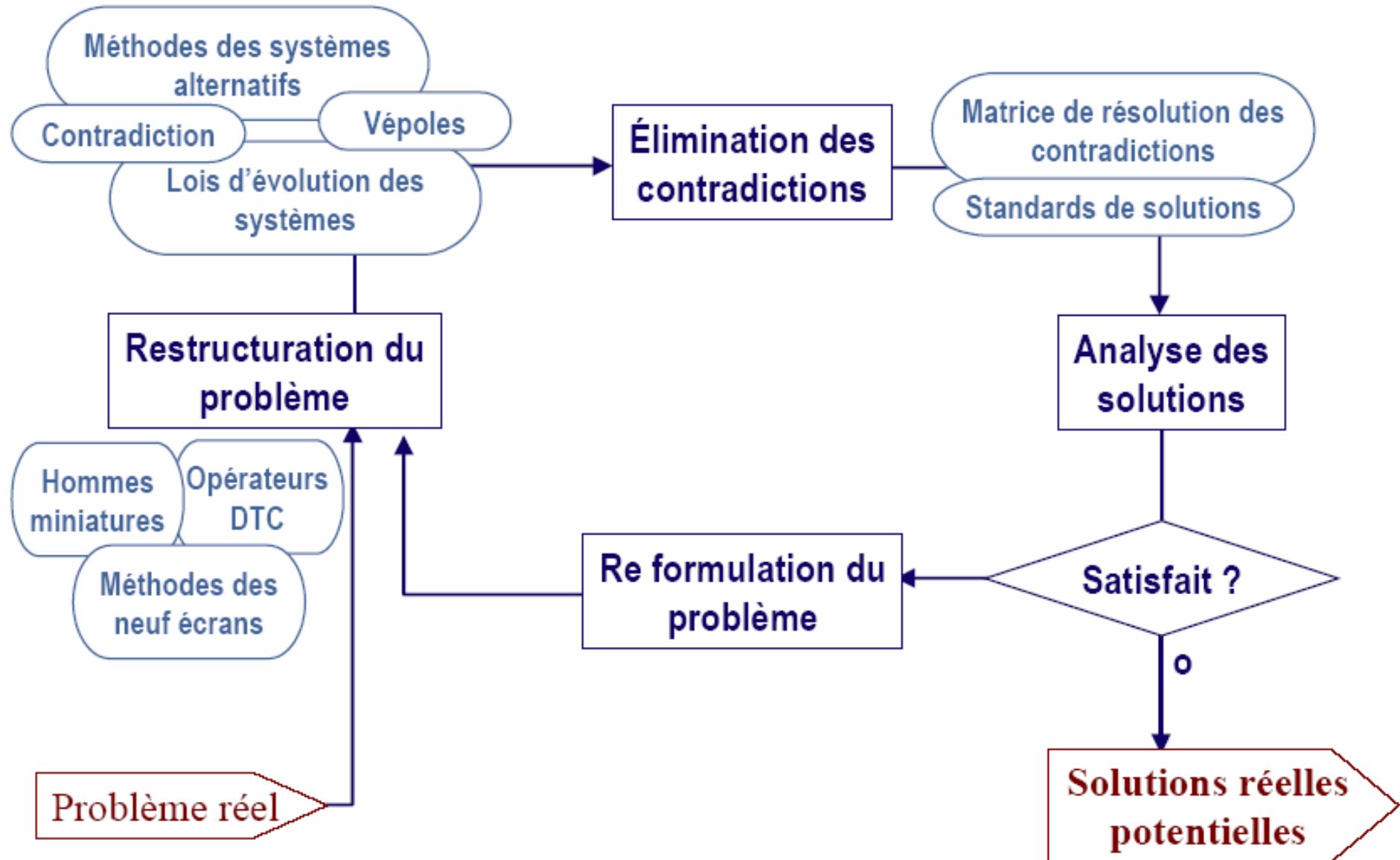
# TRIZ : la résolution de problème par leur modélisation

(Montmain et Pénalva, 2003)



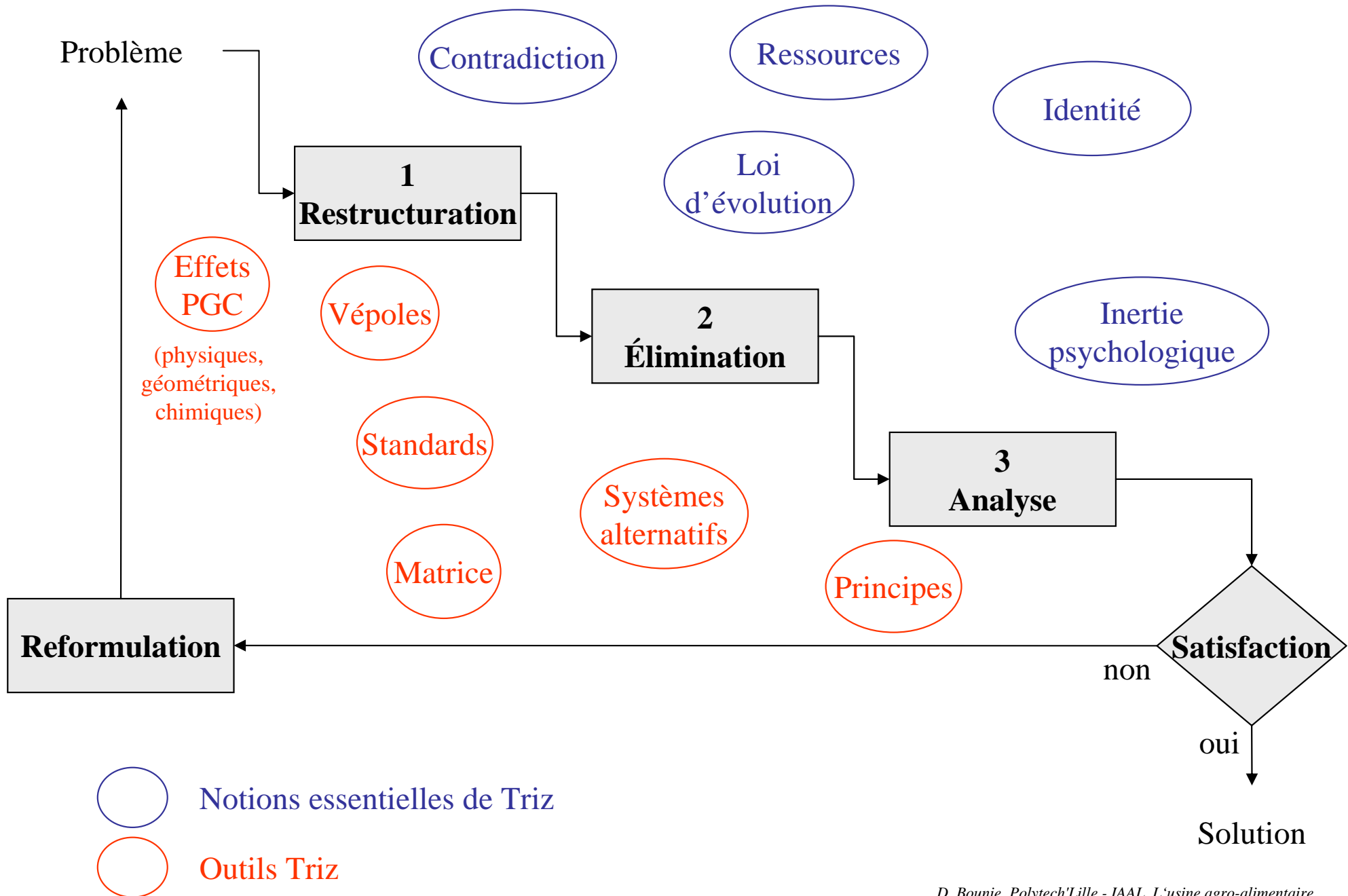
# Vision simplifiée de la démarche TRIZ : étapes, outils

(Montmain et Pénalva, 2003)



# Démarche TRIZ : étapes, principes, outils

(d'après Crespy et al.)



# Caractéristiques des outils TRIZ

(d'après *Montmain, Pénalva et al., 2003*)

TRIZ	Outil	Principe	Composé de
Formuler le problème et commencer à le résoudre : Vaincre l'inertie psychologique	Petits hommes	Modéliser simplement le problème (synectique)	Modèle graphique
	Méthode des neufs écrans	Système vis-à-vis de son environnement, de ses composants et de leur évolution dans le temps	Matrice 3x3
	Opérateurs Dimension-Temps-Coûts (DTC)	Forcer l'utilisateur à se poser les bonnes questions	6 questions de base
Modéliser et résoudre le problème	Matrice d'Altshuller (de résolution des conflits)	Résoudre les Contradictions Techniques	39 paramètres de conception 40 principes d'innovation
	Méthode de résolution des contradictions physiques	Résoudre les Contradictions Physiques	11 principes de résolution
	Méthode des systèmes alternatifs	Coupler les avantages de plusieurs systèmes pour résoudre un problème	Table de comparaison
	Vépoles	Modélisation de problème par Substance/Champs	6 types de champs 5 classes de vépoles
	Standards	Résolution de problèmes par réduction des vépoles	76 standards de résolution
Comment procéder pour utiliser les autres outils ?	ARIZ	Algorithme	9 étapes

# TRIZ : outils de déblocage psychologique

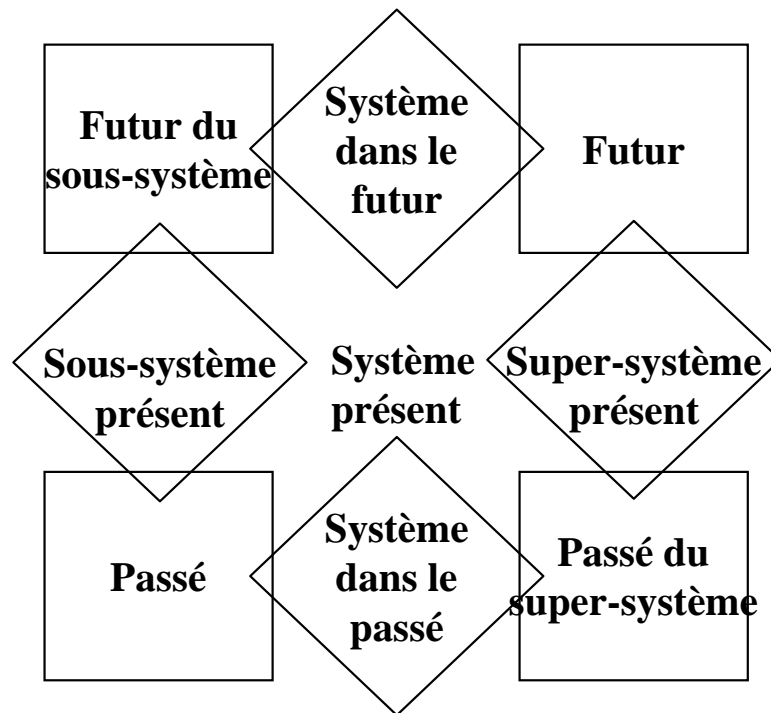
## 1. Les hommes miniatures :

imaginer l'objet comme constitué d'une multitude d'hommes miniatures puis examiner le problème de l'intérieur, en imaginant le mode de travail que chaque homme miniature devrait adopter pour supprimer le problème

## 2. Méthode des neufs écrans :

2 dimensions :

- temporelle : 3 espaces (passé, présent, futur)
- systémique : 3 niveaux (sous-système, système, super-système)



Modèle standard de Multi-Screen à neuf écrans  
(d'après *Savransky, 2000*)

## 3. Les opérateurs DTC (dimension, temps, coût) :

étudier les conséquences de 6 situations extrêmes obtenues en créant une distorsion du système étudié par affectation à chaque opérateur de 2 attributs antagonistes : infiniment grand, infiniment petit (ex. : extrêmement cher / gratuit)

## TRIZ : outils de résolution de problèmes (1/4)

<b>Modèles de problèmes</b>	<b>Outils de résolution associés</b>
Contradiction technique	Matrice de résolution
Contradiction physique	11 principes de résolution
Vépoles	76 standards

# TRIZ : outils de résolution de problèmes (2/4)

## matrice de résolution des contradictions techniques

**Contradiction technique** : l'amélioration d'un paramètre se traduit par la dégradation d'un autre (ex. : augmenter la puissance d'une voiture alourdit le moteur ce qui réduit la vitesse) ; la solution consiste à mobiliser des principes génériques permettant d'éliminer le conflit plutôt que de faire des compromis

		Paramètres de conception			
		1	2	3 à 38	39
		Masse d'un objet mobile	Masse d'un objet immobile	...	Productivité
Paramètres conception	1	Masse d'un objet mobile			35. 3. 24.37
	2	Masse d'un objet immobile			1.28. 15.35
	3 à 38	...			
	39	Productivité	35.26. 24.37		

Paramètre dégradé par l'amélioration

Paramètre à améliorer

n° des principes permettant d'aider à éliminer le conflit

- <http://www.triz40.com/?lan=fr>
- <http://ir3.org/triz/index.php>

# TRIZ : outils de résolution de problèmes (3/4)

## les 11 principes de résolution des contradictions physiques

**Contradiction physique** : la même caractéristique peut posséder deux valeurs opposées

<b>Division des propriétés contradictoires</b>	
1	Dans l'espace
2	Dans le temps
<b>Transition des systèmes (1)</b>	
3	Assemblage des systèmes homogènes ou hétérogènes en un supersystème
4	Transition d'un système à un antisystème
5	Le système est doté de la propriété C, ses parties aussi
<b>Transition des systèmes (2)</b>	
6	Passage à un système fonctionnant au micro niveau
<b>Transition de phase</b>	
7	Remplacement de l'état de phase d'une partie du système
8	Etat de phase 'dualiste' d'une partie du système ( en fonction des conditions de travail)
9	Utilisation des phénomènes accompagnant la transition de phase
10	Remplacement d'une substance à une phase par une substance à deux phases
<b>Transition physico-chimique</b>	
11	Apparition / Disparition de la substance suite à la décomposition / combinaison



# TRIZ : outils de résolution de problèmes (4/4)

## les 76 standards de modélisation des Vépoles

### Vépoles :

- associations entre des « substances » (composants en présence dans le système technique) et des « champs » (pesanteur, électromagnétique, chaleur...)
- chaque substance peut provoquer un effet pouvant provoquant la modification des caractéristiques d'autres substances
- ces interactions peuvent être :
  - utiles (et donc à préserver)
  - nuisibles (et donc à détruire)
  - insuffisante (et donc à renforcer)

### Standards :

- 76 principes de résolution de la modélisation des vépoles
- permettent de donner des idées concernant la simplification, la modification ou la destruction (dans le cas de champs nuisibles, par exemple) des vépoles qui modélisent le problème

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>1. Segmentation</b>	Diviser un objet en parties indépendantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separate 'fruit' and 'yoghurt' portions in a yoghurt container</li> <li>• TV Dinners</li> <li>• 'Salt'n'Shake' potato chips contain separate sachet of flavouring</li> <li>• Ice cubes</li> <li>• Cheese slices</li> <li>• Striped (tooth)paste container</li> <li>• Individual cup coffee sachets</li> <li>• Segmented Garlic Bread/ French Baguettes</li> <li>• DairyLea Lunchables</li> </ul>
	Rendre l'objet démontable ou assemblable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Just add hot water' snack pots</li> <li>• Silver-foil milk bottle tops</li> <li>• Tear-strip/weak-point/etc openings</li> <li>• Microwave dinners where no removal of packaging or film piercing is needed??</li> </ul>
	Accroître le degré de segmentation (fragmentation) de l'objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turn two pot yoghurts into three-pot yoghurts</li> <li>• 'One-cup' tea-bags</li> <li>• Multiple small doors on frozen-food cabinets</li> <li>• Variety-pack cereals</li> <li>• Crushed ice</li> <li>• 'Sandwich pickles' - pickles chopped to sizes consistent with expected height of a sandwich</li> </ul>
<b>2. Extraction</b>	Séparer de l'objet une partie (ou propriété) « perturbatrice » ou, au contraire, extraire seulement une partie (ou propriété) nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-smoking areas in restaurants</li> <li>• Nutrasweet - sweetness without the calories</li> <li>• Separate egg white from egg- for baking purposes.</li> <li>• Low fat products -products with low fat and al the flavour (supposedly)</li> <li>• Two-step sauces- vegetables have been 'taken out'.</li> </ul>
<b>3. Qualité locale (...)</b>	Rendre la structure de l'objet hétérogène	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow spoilers inside Ribena bottle prevent drips when halting the pouring process</li> <li>• Sugar coating on biscuits/cakes/etc</li> <li>• Form a skin on top of custard</li> <li>• Mould (or engrave) product branding information onto product - e.g. Polo mints</li> <li>• Alphabet spaghetti</li> <li>• Engrave advertisements of other products (by the same manufacturer) onto the product.</li> <li>• Use non-uniformity for better transportation of fast food products (i.e. drink packaging that sticks (maybe velcro strip) to car seats????)</li> <li>• Date-stamping on eggs</li> <li>• Braille labelling</li> <li>• Corrugated sides on a container for hot products (e.g. disposable coffee cup) make the product cooler to hold</li> <li>• Provide different packaging shapes for different uses (i.e. sports, home use)</li> </ul>
	Rendre l'environnement de l'objet ou une action extérieure hétérogène	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grilling food provides a more directional heat source than, say, cooking in oven</li> <li>• Ditto shallow-frving</li> </ul>

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>3. Qualité locale (suite)</b>	Chaque partie de l'objet doit être placée sous des conditions correspondant au mieux au rôle qu'il a à effectuer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use temperature gradient in oven to affect the manner in which food is heated</li> </ul>
	Les parties différentes de l'objet doivent effectuer des fonctions différentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Top and bottom surfaces of a baked bean tin are different in order to facilitate stacking</li> </ul>
<b>4. Asymétrie</b>	Remplacer la forme (ou les propriétés) symétrique de l'objet par une forme (ou propriétés) asymétrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduce a geometric feature which prevents incorrect usage/assembly of a component (e.g. spout on a pouring container)</li> <li>• Spout on Ribena (or other viscous liquid pouring) bottle (yes, please!)</li> <li>• Change traditional products (cheese) using asymmetry (to Cheesestrings)</li> </ul>
	Adapter la forme d'un objet à des asymétries externes (par ex ; considérations ergonomiques)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Take account of differences between left/right handed, male/female users</li> <li>• Finger and thumb grip features on containers</li> <li>• Develop sport packaging like bicycle grips???</li> <li>• Sports drinks containers worn like a walkman with pump-like delivery???</li> <li>• Gatorade- EDGE container</li> <li>• Welch Foods PET bottle- designed to fit into car cup holders</li> </ul>
	Si l'objet est déjà asymétrique, accroître l'asymétrie	
<b>5. Groupement</b>	Regrouper des objets identiques (ou similaires), ou ayant des opérations contiguës	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sandwiches</li> <li>• Lasagne/ravioli/etc</li> <li>• Multi-grain bread products</li> <li>• Multi-vitamin tablets</li> <li>• Jelly-belly's</li> <li>• Meal Kits, Sandwich Kits (including drink and crisps).</li> <li>• Serve sandwiches in restaurants with choice of relishes and crisps etc.</li> <li>• Pizza counters in supermarkets, make your own pizza</li> <li>• Multi-chocolate bars- e.g. Cadbury's Top Deck (White and Milk Chocolate)</li> <li>• Combine minimal processing methods- e.g. modified atmosphere and chilling, Irradiation and modified atmosphere</li> <li>• Blends intoxicating Ice Cream- Merges alcohol with ice cream</li> <li>• Confectionery products merged with ice cream (e.g. ice cream Mars)/ Bio/Functional Ice cream for children???</li> </ul>
	Grouper dans le temps (paralléliser) les opérations homogènes ou contiguës	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ready-made meals</li> <li>• Cook-in sauces</li> <li>• Grill inside microwave oven</li> <li>• Micro waveable Pizza packaging that increases Pizza 'crunchiness'???</li> </ul>

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>6. Universalité</b>	Faire qu'un objet remplisse plusieurs fonctions ; éliminant le besoin d'autres objets	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermo-chromic spoon changes colour when temperature is too hot</li> <li>• Thermo-chromic beer bottle label changes colour when beer is cold enough</li> <li>• (Re-sealable) food container becomes a storage jar</li> <li>• Jelly container that doubles as a re-usable jelly mould???</li> <li>• Nutella spreadable chocolate- after product is consumed packaging can be used as a drinking glass</li> <li>• Honey flavoured Elf Grahams packaging- can be turned into hand puppets</li> </ul>
	Utiliser des caractéristiques standards	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of Standards in e.g. quantity measures -kg, litres, etc</li> <li>• Standard tin diameters to facilitate stacking</li> <li>• Energy Efficiency (refrigerators)</li> <li>• Vegetable grading of size</li> </ul>
<b>7. Poupées russes</b>	Placer un objet à l'intérieur d'un autre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sauce sachets inside packets of pre-prepared vegetables</li> <li>• Introduce voids into chocolate - Aero, Wispa, etc</li> <li>• Pez sweet dispensers</li> <li>• Push pop product</li> <li>• Place toy inside product (Kinder surprise)</li> </ul>
	Placer plusieurs objets à l'intérieur d'autres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stacking containers - reduce manufacture and disposal volume</li> <li>• Shopping centres</li> <li>• 'Gob-stoppers' made up of different coloured layers so that it changes colour as it gets consumed</li> <li>• Ice-lollies - layer of nuts on top of chocolate coating on top of ice-cream layer on top of chocolate core</li> </ul>
	Un objet passe au travers de la cavité d'un autre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bottles with drinking straws inside</li> <li>• Incredibles pasta or egg based products- after heating a stick is used to push product up and through packaging</li> </ul>
<b>8. Contrepoids</b>	Compenser le poids de l'objet en le combinant avec un autre, exerçant une force de levage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mix air into souffle to achieve rising effect</li> <li>• Size constituent parts within meusli so that each portion contains the appropriate quantity of each (e.g. small, dense things tend to migrate to the bottom of the packet)</li> <li>• Knead bread</li> </ul>
	Compenser le poids de l'objet par l'interaction avec son environnement (ex : forces aérodynamiques, hydrauliques...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Float' toppings on top of quiche, etc prior to cooking (make use of surface tension effects)</li> </ul>
<b>9. Contre action préalable</b>	Si une action a des effets voulus ET indésirables, les contrer par des actions préalables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irradiated food</li> <li>• Genetically modified food benefits some properties (at the potential risk of making the world resistant to anti-biotics)</li> </ul>
	Soumettre l'objet, par avance, à des tension opposées à celles indésirables lors de son fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'China blackbird' inserted in deep-fill pie improves temperature circulation within pie-filling during cooking</li> <li>• 'Widget' in Guinness to combat poor head formation</li> </ul>

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>10. Action préalable</b>	Réaliser à l'avance (entièrement ou partiellement) un changement requis plus tard	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pre-cooked meat/salad/etc products</li> <li>• Part-cooked bread</li> <li>• Pre-grated cheese/carrot</li> <li>• Marinading</li> <li>• De-seeded fruit</li> <li>• Instant mashed potato</li> <li>• Pre-formed pastry products- i.e. croissants in tins, vol-au-vonts</li> <li>• Stir-Fry vegetable mixes</li> <li>• Vegetable preparation before delivery to food manufacturer (i.e. sliced, diced etc.)</li> <li>• Hatfield Simply Tender Fresh Pork- injected with a solution to increase tenderness</li> </ul>
	Pré positionner idéalement les objets de façon à ce qu'ils entrent en action efficacement et sans perte de temps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cook using a recipe detailing sequence of events required</li> </ul>
<b>11. Protection préalable</b>	Compenser une fiabilité relativement faible par des mesures préventives	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keep the phone number of the delivery pizza shop handy when Darrell is cooking</li> <li>• Cup and saucer</li> <li>• Wrap napkin around neck of a wine bottle prior to pouring</li> <li>• Tamper proof packaging - clip-tops, tear-tabs, etc</li> <li>• Boned fish</li> <li>• 'Spill proof' drinks containers</li> <li>• Enclose eggs in plastic bubble packaging??.</li> <li>• Include 'fold-out' receptor with filled salad rolls (very messy product)??</li> <li>• Include napkin with a hole in the middle when serving ice-cream cones- place cone through the hole in napkin- prevention of ice-cream spillage onto hands??.</li> </ul>
<b>12. Equipotentialité</b>	Changer les conditions de travail de sorte que l'objet n'ait besoin d'être ni levé ni baissé	
<b>13. Inversion</b>	Inverser l'action utilisée pour résoudre le problème (par exemple, refroidir un objet au lieu de le réchauffer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaspacco</li> <li>• Iced tea/coffee</li> <li>• Arctic roll/Baked Alaska</li> <li>• Sushi ( in the west we used to perceive fish as only a cooked product)</li> </ul>
	Rendre fixes les objets (ou parties de l'environnement) mobiles et inversement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drive through restaurant/'Meals-on-wheels'</li> <li>• Home-delivery shopping</li> <li>• Synergy of the above: Same company delivery of meals + video + wine</li> </ul>
	Retourner l'objet (ou inverser le procédé)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store bean/etc tins upside down in order to ease removal of contents upon opening (or else open from the bottom if the tin is not of the stacking variety)</li> </ul>
<b>14. Sphéricité (...)</b>	Remplacer des parties linéaires par les courbes, les surfaces planes par des surfaces sphériques, les forme parallélépipédiques par des formes sphériques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduce fillet radii between surfaces at different angles (e.g. yoghurt container) in order to ease removal of product</li> <li>• Pringles - aesthetically pleasing potato chips</li> </ul>

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>14. Sphéricité (suite)</b>	Utiliser des rouleaux, les billes, les spirales, des dômes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insert ball into canned cream to improve mixing when shaking</li> <li>• Licorice spirals - compacts a long length of licorice into a small package</li> <li>• Pasta spirals - increase surface area and therefore sauce retaining area/ Use spiralled bread sticks- better retention of dip</li> <li>• Rolling pin</li> <li>• Kitchen roll/foil/film/etc</li> <li>• Use 'roller ball' pen concepts in Sherbert/ powdered confection dispersion and as a means of intricate cake icing</li> <li>• Use spiralled ice-cream cones to decrease ice-cream spillage onto the consumers hand???</li> </ul>
	Remplacer les translations par des rotations (ou vice versa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eat spaghetti by wrapping it around a fork</li> <li>• Rotating ice-cream cone holder (US patent!)</li> <li>• 'Stirred not shaken'</li> <li>• Cook using spit- i.e. kebabs</li> </ul>
	Utiliser la force centrifuge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lettuce spinner - uses centrifugal forces to dry leaves after washing</li> <li>• Candy floss</li> </ul>
<b>15. Mobilité</b>	Permettre ou concevoir une optimisation des caractéristiques de l'objet, de l'environnement extérieur ou du procédé ou trouver des conditions de fonctionnement optimales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexible drinking straws</li> <li>• Packaging that moulds into your hand shape???</li> </ul>
	Diviser l'objet en éléments capables de se déplacer les uns par rapport les autres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pepper/coffee/etc grinder</li> <li>• Fold-out product labelling allows supply of more product information</li> </ul>
	Si un objet (ou un procédé) est fixe, le rendre mobile ou adaptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Articulated spoon - folds up to allow more compact packaging</li> <li>• Increase the flexibility of sauces, meals etc.</li> <li>• Customisable sauces- basic tomato sauce, with two choices of mix within the same packet to suit different same household tastes???</li> <li>• Packaging that, once used, is easily folded up for easy storage and recycling</li> </ul>
	Augmenter le degré de déplacement libre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stir contents of a pan to prevent sticking</li> </ul>
<b>16. Action partielle ou excessive</b>	S'il est difficile d'obtenir 100% de l'effet nécessaire, il faut chercher à en obtenir un peu moins ou un peu plus : le problème deviendra considérablement plus simple	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Over-size bottles and other containers to ease delivery of correct quantity of product when filling</li> <li>• Over-fill containers then scrape out excess to speed packaging process</li> </ul>
<b>17. Changement de dimension (...)</b>	Si un objet contient ou se déplace suivant une ligne, augmenter d'une dimension	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Articulated drinking straw</li> <li>• Spaghetti twists</li> <li>• A straw that can be used by one or two people???</li> </ul>



Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>17. Changement de dimension (suite)</b>	Si un objet contient ou se déplace suivant un plan, augmenter d'une dimension	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrugated-bottom pizza box improves heat retention capabilities</li> <li>• Profiled bottom microwave container (e.g. shallower in the middle) improves ability to heat product evenly</li> <li>• Corrugated lasagne sheets</li> <li>• Crinkle-cut potato chips</li> <li>• Manipulation of air-flows to improve cooking yield</li> </ul>
	Utiliser un assemblage multicouches d'objets plutôt qu'un assemblage monocouche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stacking tins</li> <li>• Biscuit packaging</li> <li>• Double/triple layer sandwiches</li> <li>• Layered salads- gives the consumer the mix or keep separate</li> </ul>
	Incliner ou réorienter l'objet, le poser de côté	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stack products horizontally to prevent damage - e.g. After Eight mints</li> </ul>
	Utiliser l'autre coté d'une surface donnée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Product labelling on both sides of paper - e.g. 'lucky draw' chocolate bar promotions in which the 'winner' is printed inside the packaging</li> </ul>
<b>18. Vibrations mécaniques</b>	Faire osciller ou vibrer un objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Shake before opening'</li> <li>• Use shaking motion as a means of heating product????</li> <li>• Shake product to increase consistency in line with customer preference???</li> </ul>
	Si l'oscillation existe, accroître sa fréquence (jusqu'à l'ultrason)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultra-sonic cleaning of recycled containers</li> <li>• Use ultra-violet light for baby food packaging sterilisation</li> </ul>
	Utiliser la fréquence de résonance de l'objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microwave cookery essentially uses resonant frequency of water molecules</li> </ul>
	Utiliser des vibreurs piézo-électriques (au lieu de vibreurs mécaniques)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piezoelectric vibrators improve fluid atomisation from a spray nozzle (no food applications currently known)</li> </ul>
	Utiliser les vibrations ultrasoniques combinés à des champs électromagnétique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geo-physics techniques to aid identification of sub-soil structures</li> </ul>
<b>19. Action périodique</b>	Remplacer une action continue par une action périodique ou pulsatoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitate removal of sauce from bottle by shaking</li> <li>• Take account of seasonal effects - Easter eggs, Christmas cake, etc</li> </ul>
	Si l'action est déjà périodique, modifier sa fréquence ou son amplitude	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multi-speed blenders</li> <li>• Multi-blade knives have different size flutes for cutting different texture products</li> </ul>
	Utiliser les pauses entre les impulsions pour accomplir une autre action	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simmer</li> <li>• Add-in herbs and spices during dwell between microwave heating times (i.e. heat/stand-or-stir/heat)</li> </ul>
<b>20. Continuité d'une action utile</b>	Privilégier une action continue (sans pause), où toutes les parties d'un objet agissent à plein régime	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Re-brand seasonal product types in order to facilitate through year production - e.g. filled easter eggs become filled hearts become filled Halloween products become.... Etc</li> <li>• Cooking with an Aga or Rayburn oven</li> </ul>
	Éliminer les temps morts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Make heating/cooking times for desserts consistent with eating/digesting times for main course</li> </ul>

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>21. Action flash</b>	Effectuer un procédé ou certaines phases dangereuses (ou néfastes) à grande vitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Break toffee with a hammer</li> <li>• 'Flash-fry' meat products or onions in order to help retain flavour</li> <li>• Freeze drying to retain freshness</li> </ul>
<b>22. Transformation d'un problème en opportunité</b>	Utiliser des facteurs néfastes (en particulier de l'environnement) pour obtenir un effet positif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Most E numbers</li> <li>• Strichnine in gin</li> <li>• Use of bacterial cultures that are beneficial to the human body (e.g. Bio-yoghurts)</li> </ul>
	Éliminer l'effet nuisible par sa combinaison avec d'autres facteurs néfastes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH balanced foods</li> </ul>
	Amplifier un facteur néfaste jusqu'à ce qu'il ne le soit plus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenderising of meats</li> </ul>
<b>23. Asservissement , rétroaction</b>	Introduire un asservissement (boucle de retour, réaction) afin d'améliorer un procédé ou une action	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermo-chromic product labelling informs user when temperature is correct</li> <li>• Thermo-chromic containers inform the user when the product has been properly heated through</li> <li>• Thermo-chromic paint on egg informs user when the egg has soft, medium or hard- boiled (I think we should patent this one!)</li> <li>• Lids of pre-cooked foods detach when product is heated through (this also helps to control the browning process and eliminate the tendency to burn the topping)</li> <li>• Use odour to inform user when food is cooked</li> <li>• Kettle whistles when water is boiling</li> <li>• Thermo-chromic advertising (i.e. when temp drops to a certain level- "it's cold why not pop into starbucks and buy a hot coffee, when the temp increases to a certain level- "it's hot, why not pop into starbucks and by a nice iced tea)????</li> </ul>
	Si l'asservissement existe déjà, modifier son amplitude ou son influence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduce increasingly sensitive sensors in order to better understand a food process</li> <li>• Introduce intelligent sensors and control methods. Sensors and controls that monitor production hall temps and change operating temps accordingly</li> </ul>
<b>24. «Intermédiaire »</b>	Utiliser un objet ou processus intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bread-crumb coatings on fish/meat slices etc (to disguise what's underneath usually)</li> </ul>
	Combiner provisoirement un objet à un autre (opération facilement réversible)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Place cakes and similar large, fragile items on a cardboard base to prevent damage when serving</li> <li>• Herb garni for flavouring.</li> <li>• Introduction of a gauged spice dispenser that allows you a customisable level of 'spiceyness'- medium, hot, very hot??</li> </ul>
<b>25. Self-service</b>	Faire en sorte que l'objet se suffise à lui-même en effectuant des fonctions auxiliaires utiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Large Yorkshire puddings act as the food container as well as being edible</li> <li>• Ditto taco-shells, pitta-bread, Cornish pastie, etc</li> <li>• Self-heating tinned food/drinks</li> <li>• Self-cooling soda tins</li> <li>• Self-regulating temperature coffee cups - keep the contents warmer for longer</li> </ul>
	Réutiliser les résidus énergétiques et	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sausage skins</li> </ul>



Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>26. Copie</b>	Utiliser des copies simplifiées et bon marché plutôt qu'un objet complexe, cher, fragile ou indisponible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Own-brand products (although they're usually the same thing in sheep's clothing)</li> <li>• Fish-cakes replace most of the (expensive) fish with potato</li> <li>• Re-constituted chicken for chicken burgers.</li> <li>• Saffron is expensive, use a 'copy' to mimic the colour.</li> <li>• Use biotechnology in the synthesis of food additives</li> </ul>
	Remplacer un objet / procédé par sa copie optique	
	Si on utilise des copies optiques, passer aux copies infrarouges ou ultraviolettes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use sensors for quality rather than visual inspection</li> </ul>
<b>27. Objet éphémère et bon marché</b>	Remplacer un objet cher par un ensemble d'objets bon marché, en renonçant à certaines qualités (comme la durée de l'action par exemple)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposable pepper-grinders attached to container</li> <li>• Instead of extremely robust packaging to increase shelf-life, use MAP packaging.</li> <li>• Include disposable, fold out plates with certain food products (such as ready made salads etc.???)</li> <li>• Inclusion of disposable plastic blade connected to packaging- could be used as a means of customisable levels of fragmentation and segmentation (e.g. mixed salads, consumer can chop it up to his/her own preference???)</li> </ul>
<b>28 Remplacement du système mécanique</b>	Remplacer un système mécanique par un système sensoriel (optique, acoustique, olfactif)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pump odour of freshly baked bread around a supermarket</li> </ul>
	Utiliser des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques pour interagir avec l'objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irradiation</li> <li>• Ohmic heating</li> </ul>
	Remplacer les champs statiques par des champs mobiles, les champs aléatoires par des champs structurés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intelligent microwaves</li> </ul>
	Utiliser les champs en combinaison avec des particules ferromagnétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heat a substance containing ferromagnetic material by using varying magnetic field. When the temperature exceeds the Curie point, the material becomes paramagnetic, and no longer absorbs heat (not sure if this has any food application - yet)</li> </ul>
<b>29. Pneumatique et hydraulique</b>	Utiliser des parties gazeuses ou liquides au lieu de parties solides (ex : gonflage, remplissage par un liquide, coussin d'air, hydrostatique, hydroréactive)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spreadable cheese (e.g. in a dispensing tube)</li> <li>• Coffee concentrate (instead of instant powder) - probably better for tea!</li> <li>• 'Fresh-baked biscuit' scent spray</li> <li>• Sauce concentrates that change flavour depending on what is added e.g. Unox Townsend and Eine Sauce- with incorporates a concentrated sauce paste (parameter changes) to make one litre of brown, white or tomato sauce (increase dynamism).</li> <li>• Crystal farms 'Cheese in an aerosol'</li> </ul>
<b>30. Membranes flexibles et</b>	Remplacer les structures tridimensionnelles par des membranes flexibles et des films	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Honeycomb</li> <li>• Easter-eggs</li> </ul>

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>30. Membranes flexibles et parois minces (...)</b>	Isoler l'objet de son environnement en utilisant des membranes flexibles et des films minces	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Egg-box</li> </ul>
<b>31. Matériau poreux</b>	Rendre un objet poreux ou lui adjoindre des éléments poreux (inserts, revêtements...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Whipped cream</li> <li>• Souffle/mousse/etc</li> <li>• Hollow Easter-egg</li> </ul>
	Si l'objet est déjà poreux, remplir les pores (les trous) d'une substance ou d'une fonction utile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filled chocolate - liqueurs, toffee-fillings, etc</li> </ul>
<b>32. Changement de couleur</b>	Modifier la couleur d'un objet ou de son environnement extérieur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermo-chromic product labelling - informs user when correct serving temperature has been attained</li> <li>• Packaging that changes colour when the products shelf-life has expired??</li> </ul>
	Modifier la transparence d'un objet ou de son environnement extérieur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clear packaging enables user to see contents</li> </ul>
		<p><i>In order to improve observability of things that are difficult to see, use coloured additives or luminescent elements</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluorescent safety markings help guide people out of a building after power failure</li> <li>• Use opposing colours to increase visibility - e.g. butchers use green decoration to make the red in meat look redder</li> <li>• Selective colouring system??? E.g. only colours rat faeces or other foreign bodies???</li> </ul>
		<p><i>Change the emissivity properties of an object subject to radiant heating</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use emissivity of container to better control heating profile/rate</li> </ul>
<b>33. Homogénéité</b>	Faire interagir les objets avec un objet annexe de même matière (ou d'une matière ayant des propriétés identiques)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Make the container out of the same material as the contents, to reduce chemical reactions</li> </ul>
<b>34. Éliminer et récupérer</b>	Éliminer un élément de l'objet (par dissolution, démontage etc.) lorsque celui-ci a assuré sa fonction ou le modifier au cours de fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ice structures: use water ice or carbon dioxide (dry ice) to make a template for a rammed earth structure, such as a temporary dam. Fill with earth, then, let the ice melt or sublime to leave the final structure</li> <li>• Dry pasta +sauce products utilise this principle- some water is absorbed (to cook the pasta) the rest evaporates</li> <li>• Use ice as a means of separating products instead of more packaging in the same container (would work excellently in frozen products)???</li> </ul>
	A l'inverse, récupérer les éléments consommables de l'objet au cours du	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grey-water recycling systems</li> </ul>

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>35. Modification de paramètre</b>	Modifier l'état physique d'un objet (ex : sous forme de gaz, de liquide ou de solide)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frozen foods - easy to transport/store</li> <li>• 'Yoghurt on a stick' - frozen snack food/ Frozen yoghurt- healthy alternative to ice cream.</li> <li>• Jello/ Jello containing alcohol.</li> <li>• Double cream/whipping cream</li> <li>• Dehydration to inhibit microbial growth.</li> <li>• Kellogg's Cereal and Milk bars- utilise dried milk.</li> <li>• Ice filtering in brewing-e.g. bud ice, fosters ice</li> </ul>
	Changer la concentration ou la consistance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrated or de-hydrated orange juice makes transportation easier</li> <li>• Dried/desiccated fruit</li> <li>• Increase consistency of sauces to improve holding (i.e. to pasta)</li> </ul>
	Modifier le degré de flexibilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Switch from glass to flexible plastic packaging for sauces, etc, where a squeezing action will help to get the product out of the container</li> </ul>
	Modifier la température	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raise the temperature of fluids to reduce viscosity in order to ease flow during production - e.g. filling molasses tins</li> <li>• Use temperature gradients present in ovens and refrigerators</li> </ul>
	Modifier la pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vacuum packing of perishable goods</li> <li>• Reduction of pectinesterase activity by High Pressure Treatment</li> </ul>
	Modifier d'autres paramètres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irradiation of fresh products increases life</li> <li>• Micro-waveable containers</li> </ul>
<b>36. Changement de phase</b>	Utiliser les phénomènes associés aux changements de phase (changement de volume, perte ou absorption de chaleur...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heat pipes</li> <li>• Use a phase change to store energy - e.g. store energy as ice, or, where heating is the issue use sodium acetate to store heat energy</li> </ul>
<b>37. Dilatation thermique</b>	Utiliser la dilatation ou la contraction thermique des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fit a tight joint together by cooling the inner part to contract, heating the outer part to expand, putting the joint together, and returning to equilibrium.</li> <li>• Through-bars help straighten buckling walls in old buildings</li> <li>• Bread making utilises expansion of dough</li> </ul>
	Utiliser plusieurs matériaux avec des coefficients d'expansion thermique différents	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bi-metallic strips used for thermostats, etc</li> </ul>
<b>38. Oxydants puissants (...)</b>	Remplacer de l'air normal par de l'air enrichi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scuba</li> <li>• CAP and MAP packaging</li> </ul>
	Remplacer de l'air enrichi par de l'oxygène	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cut at a higher temperature using an oxy-acetylene torch</li> </ul>
	Agir sur l'air ou sur l'oxygène par des radiations ionisantes	
	Remplacer l'oxygène ozonisé (ou ionisé) par de l'ozone	(No known examples)

Principes	Actions	Exemples en IAA (d'après Mann et Winkless, 2001)
<b>38. Oxydants puissants (suite)</b>	Utiliser de l'oxygène ionisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbonated drinks</li> <li>• 'Exploding' chocolate bars</li> <li>• Functional foods, where one ingredient performs a specific function.</li> <li>• Morita Silk Water product- low calorie beverage with silk powder- promotes collagen regeneration for 'beautiful' skin</li> </ul>
<b>39. Environnement inerte</b>	Remplacer l'environnement normal par un environnement inerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freezing food extends its life</li> </ul>
	Ajouter des pièces neutres ou des additifs inertes à un objet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Most preservatives</li> <li>• Nitrogen top-off in bottled products</li> </ul>
<b>40. Matériaux composites</b>	Remplacer un matériau homogène par un matériau composite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concrete aggregate.</li> <li>• Rebar re-enforced concrete</li> <li>• Glass-re-enforced plastic</li> <li>• Fibre re-enforced spray/paint-on roofing treatments</li> <li>• Fire-glass</li> <li>• Hard/soft/hard multi-layer coatings to improve erosion, etc properties</li> <li>• Straw and pressed earth building materials.</li> <li>• Use of composite plastics and packaging to increase shelf life, ease of use and avoid unwanted interactions between packaging and foodstuff</li> </ul>

# TRIZ : pour aller plus loin

## Articles :

- **Introduction à TRIZ par Glen Mazur** (<http://www.mazur.net/triz/>) : un article assez complet de présentation de TRIZ par un de ses promoteurs chez Ideation International.
- **ENSAM et TRIZ** (<http://www.angers.ensam.fr/enseignement/Triz/Accueil/index2.html>) : présentation, historique, news, glossaire, bibliographie, exemples, liens, ... Un portail très riche
- **The TRIZ Journal** (<http://www.triz-journal.com/>) : articles, conférences et formation concernant TRIZ.

## Sites :

- **Matrice TRIZ** (<http://www.triz40.com/?lan=fr>) : matrice de résolution de problèmes
- Matrice des contradictions (<http://ir3.org/triz/index.php>)
- **TRIZ France** (<http://www.trizfrance.org/>) : association des utilisateurs francophones de TRIZ

## Logiciels :

- **Ideation International** (<http://www.ideationtriz.com/>) : programmes de formation, informations et logiciels concernant TRIZ.
- **Invention Machine** (<http://www.invention-machine.com/>) : logiciel TechOptimizer, basé sur TRIZ.
- **Knowllence** ([http://www.knowllence.com/fr/m\\_triz.php](http://www.knowllence.com/fr/m_triz.php)) : Créatriz, le logiciel développé par Knowllence
- **IdealTech** (<http://www.idealtech-triz.com/content/view/12/42/>) : I-Triz