

Les 40 principes techniques d'innovation

Le scientifique et technicien russe Genrich Altshuller, fondateur de la méthode TRIZ, a analysé plus de 400.000 brevets et solutions inventives de différents champs de la technologie.

Il ressort de ces analyses que, durant leur évolution, les produits et systèmes surmontent des contradictions techniques.

Ces contradictions découlent d'une opposition entre un paramètre utile pour faire évoluer le système (ou le produit) et d'un autre paramètre s'opposant à cette amélioration (paramètre néfaste). Les paramètres listés sont au nombre de 40.

Pour répondre à ces contradictions entre paramètres utiles et néfastes, 40 principes techniques d'innovation ont été déterminés.

Pour chaque contradiction, 1 à 4 principes techniques d'innovation sont donnés pour orienter la recherche de la solution et donc aider à résoudre le problème.

Exemple : un gobelet de café en carton doit maintenir la chaleur du café pendant un certain temps, mais le gobelet ne doit pas être brûlant pour éviter que l'utilisateur se brûle les doigts.

- Paramètre à améliorer (utile) : 22 – Perte d'énergie
- Paramètre néfaste : 17 – Température

Le tableau des contradictions nous donne, entre autres, le principe technique d'innovation 7 : **Inclusion (Poupées russes).**

Résultat :



40 Principes d'innovation

1. La segmentation
2. L'extraction
3. La qualité locale
4. L'asymétrie
5. Le groupement ou Fusion ou Combinaison
6. L'universalité (multifonctions)
7. Le placement interne ou Les poupées russes ou L'inclusion
8. Le contrepoids
9. L'action contraire préalable ou L'action inverse préalable
10. L'action préalable
11. La protection préalable ou La prévention
12. L'équipotentialité
13. L'inversion
14. La sphéricité
15. La mobilité ou Le dynamisme
16. L'action partielle ou excessive
17. Le changement de dimension
18. La vibration mécanique
19. L'action périodique
20. La continuité d'une action utile
21. L'action flash ou L'accélération ou La vitesse élevée
22. La transformation d'un moins en plus
23. L'asservissement ou Rétroaction
24. L'intermédiaire
25. Le self service
26. La copie
27. L'éphémère bon marché au lieu de la longévité coûteuse
28. La reconception ou Remplacement du système mécanique
29. Le fluide ou Le système hydraulique ou pneumatique
30. La membrane flexible et le film de faible épaisseur
31. Le matériau poreux
32. Le changement de couleur
33. L'homogénéité
34. Le rejet et la régénération des parties
35. Le changement de paramètres physiques et chimiques d'un objet
36. Transitions de phases ou Changement de phase
37. L'expansion thermique ou La dilatation thermique
38. L'oxydation
39. L'environnement inerte
40. Les matériaux composites

01

Principes techniques d'innovation Segmentation

Diviser un objet en parties indépendantes.

- Remplacer un gros ordinateur par plusieurs PCs. ①
- Rasoir à main multi-lames. ②
- Remplacer un gros camion par un plus petit avec remorque. ③

Rendre l'objet démontable (faciliter le démontage).

- Meuble modulaire. ④

Accroître le degré de segmentation (fragmentation) de l'objet.

- Remplacer les stores par les stores vénitiens. ⑤
- Pagaie et planche de surf pliables. ⑥

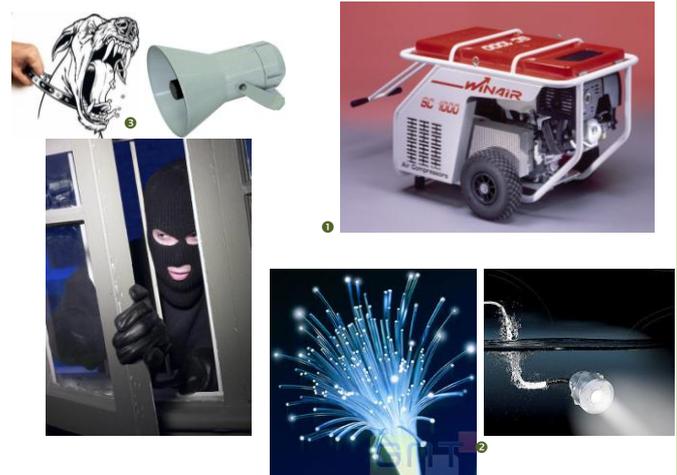


02

Principes techniques d'innovation Extraction

Séparer de l'objet une partie (ou propriété) « perturbatrice » ou, au contraire, extraire seulement une partie (ou propriété) nécessaire.

- Placer un compresseur bruyant à l'extérieur. ①
- Utiliser une fibre optique pour séparer la source de lumière chaude de l'endroit qu'on éclaire. ②
- Utiliser le son d'un aboiement, sans le chien, comme alarme contre les voleurs. ③



03

Principes techniques d'innovation Qualité locale

Rendre la structure de l'objet (ou son environnement ou une action extérieure) hétérogène.

- Utiliser des variations de chaleur, densité ou pression plutôt que des valeurs fixes.

Faire en sorte que chaque partie de l'objet réalise une fonction différente dans les meilleures conditions possibles.

- Plateau repas avec des compartiments séparés pour les plats chauds ou froids. ●

Spécialiser les différentes parties d'un objet (faire en sorte que chaque partie remplisse une fonction utile différente).

- Crayon avec une gomme. ●
- Marteau avec un arrache-clou. ●
- Un outil multifonctions qui écaille les poissons, sert de pince, de pince à dénuder, de tournevis plat ou cruciforme, ensemble de manucure... ●



04

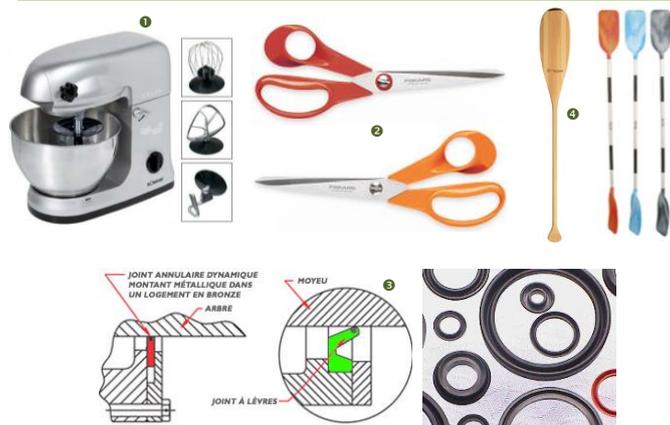
Principes techniques d'innovation Asymétrie

Remplacer la forme symétrique de l'objet par une forme asymétrique. *

- Bols mixers ou pétrins contenant des lames asymétriques pour améliorer le brassage. ●
- Ciseaux pour droitier, gaucher et mixte. ●

Si l'objet est déjà asymétrique, accroître l'asymétrie.

- Changer la section d'un joint initialement torique pour améliorer l'étanchéité. ●
- Augmenter l'asymétrie des pagaies simples en les transformant en pagaies doubles plus performantes. ●



05

Principes techniques d'innovation Groupement (Fusion)

Regrouper ou fusionner des objets identiques (ou similaires), ou ayant des opérations parallèles ou contiguës.

- PCs en réseau. ❶
- Processeurs en parallèle sur une carte mère. ❷
- Composants électroniques de chaque coté du circuit imprimé (lié au principe 17).

Grouper ou combiner dans le temps les opérations homogènes ou contiguës.

- Attacher des lattes comme des stores vénitiens.
- Appareils médicaux qui analysent plusieurs paramètres en même temps. ❸
- Tondeuse à gazon qui épand de l'engrais (comme principe 6). ❹



06

Principes techniques d'innovation Universalité (Multifonctions)

Faire qu'un objet remplisse plusieurs fonctions ; éliminant le besoin d'autres objets. *

- Manche de brosse à dents contenant du dentifrice. ❶
- Siège enfant de voiture qui sert de poussette. ❷
- Pince multifonctions. ❸
- Imprimante multifonctions. ❹
- Téléphone portable. ❺



07

Principes techniques d'innovation Poupées russes (Inclusion)

Placer un objet à l'intérieur d'un autre, qui à son tour est placé à l'intérieur d'un troisième...*

- Bols gradués de différentes tailles. ①
- Echelle coulissante. ②

Emboîter une partie de l'objet dans une partie creuse de l'autre.

- Antenne radio étirable. ③
- Longue-vue. ④
- Echelle télescopique. ⑤
- Enrouleur de ceinture de sécurité. ⑥
- Train d'atterrissage d'un avion entrant dans le fuselage (aussi lié au principe 15). ⑦



08

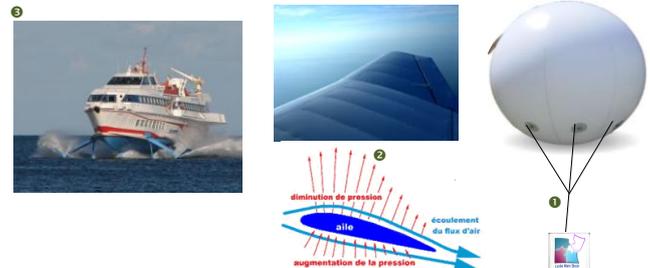
Principes techniques d'innovation Contrepoids

Compenser la masse de l'objet en la combinant avec une autre, exerçant une force de levage.

- Injecter une mousse entre des billes de bois pour en augmenter la flottaison.
- Utiliser un ballon d'hélium pour supporter un panneau publicitaire. ①

Compenser la masse de l'objet par l'interaction avec son environnement (ex : force aérodynamique, hydrodynamique, de flottabilité, ...)

- Aile d'avion dont la forme réduit la densité au dessus de l'aile et l'augmente en dessous, pour créer une portance (aussi lié au principe 4). ②
- Hydrofoils qui soulèvent le bateau de l'eau pour réduire le tirant. ③



09

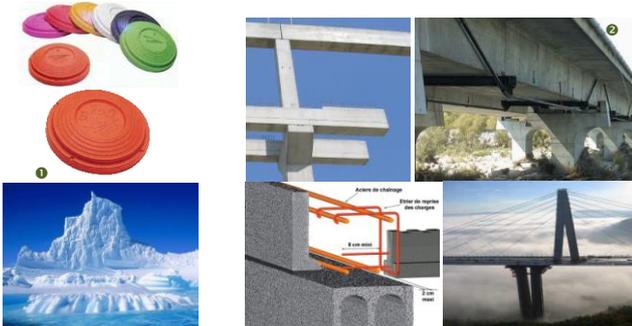
Principes techniques d'innovation Action contraire préalable

Si une action a des effets utiles ET indésirables, les contrer par des actions préventives pour contrôler les effets indésirables.

- Cibles de ball-trap (pigeons d'argile) en glace pour qu'elles disparaissent complètement en fondant. ●

Soumettre l'objet, par avance, à des tensions opposées à celles indésirables lors de son fonctionnement.

- Barres précontraintes pour le béton armé. ●



10

Principes techniques d'innovation Action préalable

Réaliser à l'avance (entièrement ou partiellement) un changement requis plus tard.

- Papier peint pré encollé. ●
- Instruments chirurgicaux stérilisés sur un plateau sellé. ●

Pré-positionner idéalement les objets de façon à ce qu'ils entrent en action efficacement et sans perte de temps.

- Arrangement Kanban (méthode de gestion des flux dans les cites de production : système d'étiquettes). ●
- Cellule de fabrication flexible. ●



11

Principes techniques d'innovation Protection préalable

Compenser le manque de fiabilité relative d'un objet par des mesures préventives.

- Parachute de secours. ①
- Double mode de sécurité pour système d'ouverture (autorisation d'ouverture). ②

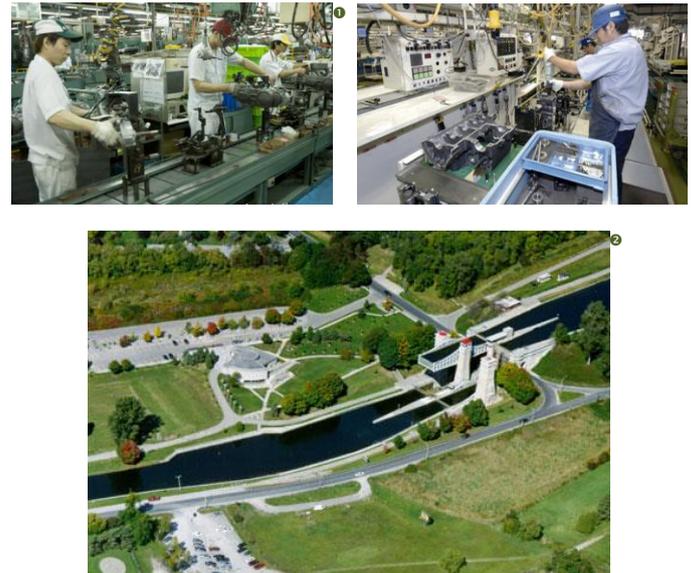


12

Principes techniques d'innovation Equipotentialité

Changer les conditions de travail de sorte que l'objet n'ait besoin d'être ni levé ni baissé.

- Système à ressort pour la distribution de pièces dans une usine. ①
- Ecluse. ②



13

Principes techniques d'innovation Inversion

Inverser l'action utilisée normalement pour résoudre le problème (par exemple, refroidir un objet au lieu de le réchauffer).

- Pour décoincer un insert, refroidir la partie centrale plutôt que de chauffer la partie extérieure.

Rendre fixes les pièces mobiles (ou l'environnement externe) et mobiles les parties fixes.

- Tourner la pièce au lieu de l'outil. Ⓛ
- Appareils pour courir dans les salles de gym. Ⓛ

Retourner l'objet ou inverser le procédé.

- Retourner l'objet pour insérer les vis.
- Vider les containers de graines en les retournant.



14

Principes techniques d'innovation Sphéricité (Courbe)

Remplacer les parties linéaires par des courbes, les surfaces planes par des surfaces sphériques, les formes parallélépipédiques par des formes sphériques.

- Les arches en architecture. Ⓛ

Utiliser des rouleaux, billes, spirales, dômes, voûtes.

- Stylo à bille pour favoriser la distribution d'encre. Ⓛ

Remplacer les translations par des rotations ; utiliser les forces centrifuges...

- Le curseur de la souris qui se déplace sur l'écran en utilisant la rotation de la boule de la souris. Ⓛ
- La machine à laver qui essore l'eau des vêtements par une rotation rapide. Ⓛ
- Plateau avec billes au lieu de roulettes pour déplacer des meubles. Ⓛ
- Cyclone d'aspirateur. Ⓛ



15

Principes techniques d'innovation Mobilité (Dynamisme)

*

Permettre ou concevoir une optimisation des caractéristiques de l'objet, de l'environnement extérieur ou du procédé ou trouver des conditions de fonctionnement optimales.

- Volant réglable (ou siège, ou rétroviseur, ...).

Diviser l'objet en éléments capables de se déplacer les uns par rapport aux autres.

- Le camion et sa remorque.
- Mètre pliant.
- Vélo pliant.

Si un objet (ou un procédé) est fixe ou rigide, le rendre flexible, mobile ou adaptable.

- Mètre ruban (enrouleur).
- Boroscope pour examiner les moteurs.
- Endoscope flexible pour examens médicaux.



16

Principes techniques d'innovation Action partielle ou excessive

S'il est difficile d'obtenir le résultat à 100% d'une manière donnée, il faut chercher à en obtenir un peu moins ou un peu plus : le problème deviendra considérablement plus simple.

- Peindre largement au pistolet puis enlever les excès (ou utiliser un pochoir, en application des principes 3 et 4).



17

Principes techniques d'innovation Changement de dimension *

Ajouter une dimension : déplacer un objet dans un plan plutôt que suivant une ligne, dans l'espace plutôt que dans un plan.

- Outil de découpe 5 axes pouvant être positionné selon besoin. ●

Utiliser un assemblage multicouches d'objets plutôt qu'un assemblage monocouche.

- Chargeur de 6 CD pour plus de variété et durée d'écoute. ●
- Composants électroniques de chaque côté du circuit imprimé (lié au principe 5). ●

Incliner ou réorienter l'objet, le positionner sur un de ses côtés.

- Camion benne. ●

Utiliser une autre face que celle utilisée.

- DVD multicouches. ●



18

Principes techniques d'innovation Vibrations mécaniques *

Faire osciller ou vibrer un objet.

- Couteau électrique avec lames oscillantes. ●
- Rasoir à lames vibrantes. ●
- Brosse à dents électrique. ●

Utiliser la fréquence de résonance de l'objet.

- Destruction de calculs rénaux ou fibromes par résonance ultrasonique. ●

Remplacer les vibrations mécaniques par des vibrations piézo-électriques.

- L'oscillation du quartz d'une horloge. ●



21

Principes techniques d'innovation **Action flash** (Vitesse élevée)

Effectuer un procédé ou certaines phases dangereuses (ou néfastes) à grande vitesse.

- Fraise de dentiste à haute vitesse de rotation pour éviter de chauffer les tissus. ❶
- Couper le plastique plus vite que la chaleur ne se propage, pour éviter de le déformer. ❷



*

22

Principes techniques d'innovation **Transformation d'un problème en opportunité**

Utiliser les effets nuisibles (en particulier de l'environnement) pour obtenir un effet positif.

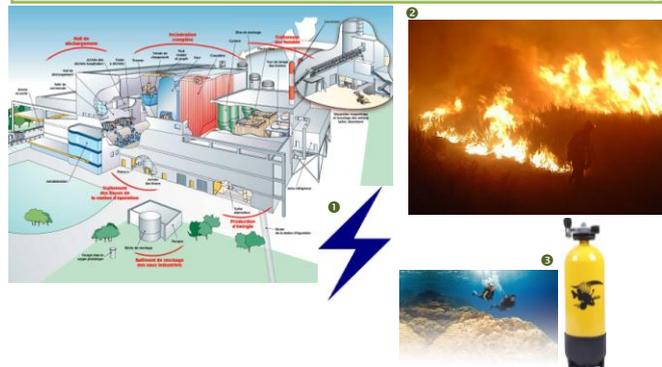
- Utiliser la chaleur des centrales d'incinération pour générer de l'électricité. ❶
- Les déchets d'un processus utilisés comme matière première d'un second. ❷

Éliminer un effet nuisible en le combinant avec d'autres effets néfastes.

- Mélange hélium oxygène dans les bouteilles de plongée pour éviter la narcose des profondeurs. ❸

Amplifier un effet nuisible jusqu'à ce qu'il ne le soit plus.

- Contre-feu pour enlever le combustible du feu de forêt, ❹



25

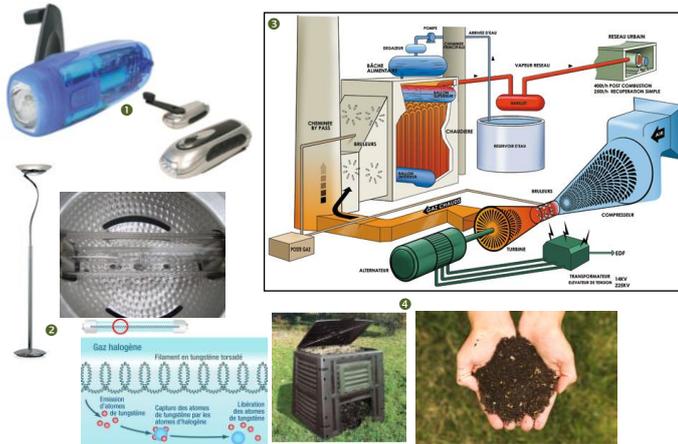
Principes techniques d'innovation Self-service

Rendre un objet autonome (y compris auto entretien) en ajoutant des fonctions auxiliaires utiles (réparation, ...).

- Lampe torche dynamo. ①
- Lampes halogènes qui régénèrent le filament durant l'utilisation. Le matériau évaporé se redépose. ②

Utiliser des ressources gaspillées ou perdues : énergie, déchets.

- Utiliser la chaleur d'un processus pour générer de l'électricité (cogénération). ③
- Utiliser les déjections animales comme engrais.
- Déchets alimentaires et végétaux utilisés comme composte. ④



26

Principes techniques d'innovation Copie

Utiliser des copies simplifiées et bon marché plutôt qu'un objet complexe, cher, fragile ou indisponible.

- Représentation virtuelle par ordinateur plutôt qu'un voyage coûteux. ①
- Ecouter un enregistrement plutôt que d'assister au séminaire.

Remplacer un objet ou un procédé par leurs copies optiques.

- Etudier un lieu depuis des photos spatiales plutôt que depuis le sol. ②
- Mesurer un objet en mesurant sa photo.
- Echographie prénatale. ③

Si on utilise des copies optiques, passer à des copies dans l'infrarouge ou l'ultraviolet.

- Images infrarouge pour détecter des sources de chaleur, des maladies dans les récoltes ou des intrusions humaines. ④



27

Principes techniques d'innovation Objet éphémère et bon marché

Remplacer un objet cher par un ensemble d'objets bon marché, en renonçant à certaines propriétés (comme la durée de vie).

- Gobelets, assiettes et couverts en plastique jetables. ❶
- Couches pour bébé et lingettes jetables. ❷
- Stylos, rasoirs et briquets jetables. ❸



28

Principes techniques d'innovation Remplacement du système mécanique

Remplacer un système mécanique par un système optique, olfactif, acoustique, tactile (domaine sensoriel). Utiliser des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques pour interaction avec l'objet.

- « Barrière » olfactive ou sonore pour interdire l'accès à des animaux. Ajouter un produit odorant à un gaz pour alerter des fuites.
- Lecteur MP3. ❶
- Manette de jeu Wiimote de console de jeu Wii. ❷

Remplacer les champs statiques par des champs mobiles, les champs aléatoires par des champs structurés.

- Les formes des antennes modernes, liées à la radiation à recevoir (radio numérique, TNT).
- Imagerie résonance magnétique (IRM).



29

Principes techniques d'innovation Fluide (Pneumatique et hydraulique)

Utiliser des parties gazeuses ou liquides au lieu de parties solides : objets gonflables (à air ou à eau), remplissage par un liquide, coussin d'air, hydrostatique, hydroréactif.

- Chaussures confortables dont le talon contient du gel. ●
- Emmagasiner l'énergie dans un système hydraulique pendant le freinage du véhicule et le restituer lors de l'accélération. ●



30

Principes techniques d'innovation Membranes flexibles et parois minces

Remplacer les structures tridimensionnelles par des membranes flexibles (souples) et des films minces.

- Structures gonflables pour couvrir les terrains de tennis l'hiver ou des évènements en extérieur. ●
- Citernes souples. ●

Isoler l'objet de son environnement en utilisant des membranes flexibles (souples) ou des films minces.

- Faire flotter un film en matériau composite (une couche hydrophile, une hydrophobe) sur un réservoir pour limiter l'évaporation. ●



31

Principes techniques d'innovation Matériau poreux

Rendre un objet poreux ou lui adjoindre des éléments poreux (inserts, revêtements...).

- Percer une structure pour réduire son poids. ❶
- Semelle de fer à repasser (passage de la vapeur). ❷
- Textile respirant (ex : GORE-TEX). ❸

Si l'objet est déjà poreux, remplir les pores (les trous) d'une substance (ou fonction utile).

- Tresse à dessouder (nappe de fils entrecroisés) pour enlever un surplus de soudure. ❹
- Palier lisse autolubrifiant. ❺



32

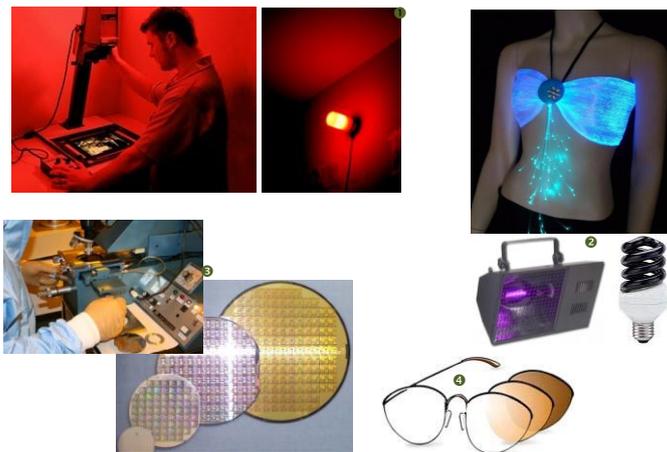
Principes techniques d'innovation Changement de couleur

Modifier la couleur d'un objet ou de son environnement extérieur.

- Ampoule de « lumière rouge » dans une chambre noire de développement photo. ❶
- Lumière noire dans les discothèques. ❷

Modifier la transparence d'un objet ou de son environnement extérieur.

- Photolithographie (par filtre) pour changer un matériau transparent en un masque pour circuit imprimé. ❸
- Verres photosensibles. ❹



33

Principes techniques d'innovation Homogénéité

Faire interagir les objets avec un objet annexe de même matière (ou d'une matière ayant des propriétés identiques).

- Home cinéma. ①
- Outils pour l'usinage des diamants fait de diamants. ②



34

Principes techniques d'innovation Eliminer et récupérer (Rejet et régénération)

Eliminer (par dissolution, démontage, évaporation, ...) les parties de l'objet qui ont fini de remplir leurs fonctions ou les modifier directement pendant l'opération.

- Capsule de médicament qui se dissout. ①
- Asperger un emballage fait de farine de maïs et voyez son volume diminuer plus de 1000 fois !
- Objets en matières plastiques biodégradables. ②

A l'inverse, récupérer ou régénérer les éléments consommables de l'objet au cours du fonctionnement.

- Lames de tondeuses qui s'affûtent automatiquement. ③
- Etage d'une fusée de lancement. ④



35

Principes techniques d'innovation Changement / modification de paramètre

Modifier l'état physique d'un objet (ex : sous forme de gaz, de liquide ou de solide).

- Geler le centre liquide des bonbons fourrés puis les tremper dans le chocolat fondu, au lieu de manipuler le liquide gluant.
- Transporter l'oxygène, le nitrogène ou le pétrole à l'état liquide plutôt que gazeux pour réduire le volume. ①

Changer la concentration, la densité ou la consistance.

- Savon liquide permettant un meilleur dosage et plus d'hygiène qu'un savon solide en collectivité. ②

Modifier le degré de flexibilité.

- Vulcaniser le caoutchouc pour modifier sa flexibilité et longévité. ③

Modifier la température.

- Chauffer un aliment pour le cuisiner. (Modifier le goût, l'arôme, la texture, les propriétés chimiques...). ④
- Baisser la température d'échantillons pour les analyser plus tard. ⑤

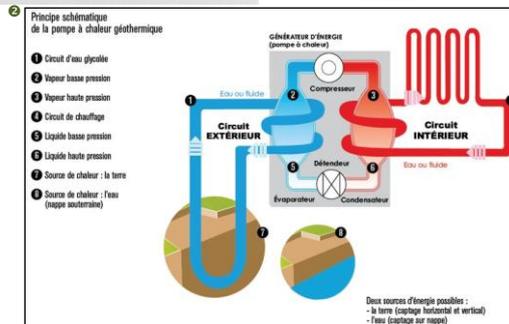


36

Principes techniques d'innovation Changement de phase

Utiliser les phénomènes associés aux changements de phase : changement de volume, perte ou absorption de chaleur, ...

- Contrairement à beaucoup d'autres liquides, l'eau augmente de volume en gelant. Hannibal aurait utilisé ce phénomène, lors de sa marche sur Rome, pour briser des rochers qui bloquaient sa route grâce à de l'eau et au froid de la nuit. ①
- Les pompes à chaleur, qui utilisent l'énergie produite par les phénomènes d'évaporation et de condensation. ②



37

Principes techniques d'innovation

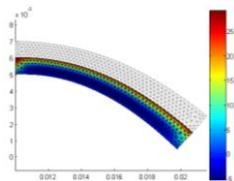
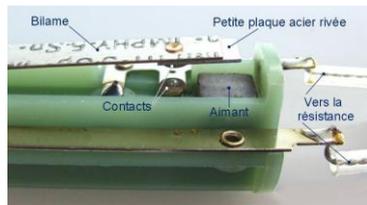
Dilatation thermique

Utiliser la dilatation ou la contraction thermique des matériaux.

- Sertissage d'un manchon sur un tube par refroidissement de la partie intérieure ou échauffement de la partie extérieure pendant l'assemblage.

Si la dilatation thermique est déjà utilisée, utiliser plusieurs matériaux aux coefficients de dilatation thermique différents.

- Principe du thermostat bilames : 2 lames ayant un coefficient de dilatation différent sont assemblées. Lors d'un changement de température, la déformation induit une courbure du bilame. ●



38

Principes techniques d'innovation

Oxydants puissants

Remplacer de l'air normal par de l'air enrichi en oxygène.

- Plongée sous-marine avec du Nitrox. ●

Remplacer de l'air enrichi en oxygène par de l'oxygène pur.

- Découper à plus haute température avec une torche oxyacétylénique. ●
- Soigner une blessure sous haute pression d'oxygène pour tuer les bactéries anaérobiques et favoriser la cicatrisation.

Exposer l'air ou l'oxygène à des radiations ionisantes.

- Ioniser l'oxygène pour l'isoler d'un mélange gazeux.

Utiliser de l'oxygène ionisé.

- L'air ionisé capture les particules dans un purificateur d'air. ●

Remplacer l'oxygène ionisé (ou ozonisé) par de l'ozone.

- Utiliser l'ozone pour éliminer les micro-organismes et toxines dans le maïs.



39

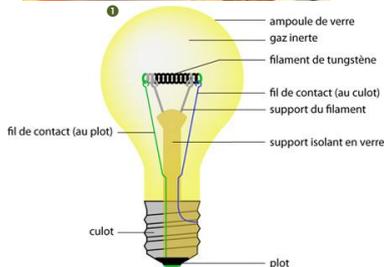
Principes techniques d'innovation Environnement inerte

Remplacer l'environnement normal par un environnement inerte, réaliser le processus sous vide.

- Empêcher le filament d'une ampoule de se consumer en remplissant l'ampoule de gaz inerte (argon). ●

Ajouter des pièces neutres ou des additifs inertes à un objet.

- Augmenter le volume d'un produit détergent, en ajoutant des ingrédients inertes, pour pouvoir doser facilement. ●



40

Principes techniques d'innovation Matériaux composites

Remplacer un matériau homogène par un matériau composite. *

- Les clubs de golf en composite (époxy + fibre de résine/carbone) sont plus légers, solides et flexibles que le métal. ● Idem pour les ailes d'avion, ● les cadres de vélo ● et les casques. ●
- Les planches de surfs en fibre de verre sont plus légères et maniables que celles en bois. Elles offrent aussi plus de variétés de formes. ●

