

TRIZ : les notions de base

AVRAAM SÉRÉDINSKI, FRANCIS HATTÉ, DAVID JADAUD ^[1]

Pour bien comprendre la méthode TRIZ, en voici les concepts fondamentaux, expliqués par l'expert français en la matière, Avraam Sérédinski. Indispensable.

Dans l'article précédent, nous avons évoqué ensemble quelques pistes pour développer la créativité dans l'enseignement d'exploration de seconde « création et innovation technologiques ». Nous y avons fréquemment fait référence à la TRIZ. Aussi, nous vous proposons maintenant de revenir sur cette méthode, dont le document officiel *Ressources pour la classe de seconde générale et technologique – Création et innovation technologiques* « propose d'utiliser des concepts ».

La TRIZ, ou théorie de résolution des problèmes inventifs, a été élaborée par Guenrich Altshuller à partir des années 1950, en URSS. Elle se fonde sur l'analyse systématique d'un grand nombre de sources scientifiques, principalement des brevets, mais aussi des publications (livres, revues), et même de la littérature de science-fiction. Avec cette étude, Altshuller a mis en évidence une typologie des problèmes techniques et de leur résolution et il en a déduit des méthodes pour parvenir plus systématiquement à la solution d'un problème.

L'objectif ici n'est pas de présenter de manière exhaustive la TRIZ – ces quelques pages n'y suffiraient pas –, mais de voir comment s'articulent les éléments de la théorie cités dans les documents officiels et de quelle façon la TRIZ peut soutenir notre enseignement en CIT.

Rechercher la solution idéale

Le résultat qui passe par un compromis n'est pas considéré comme une solution. Dans la TRIZ, il importe de refuser le compromis. La recherche d'une solution passe avant tout par l'analyse du problème. Utiliser la TRIZ, c'est s'interdire de chercher directement une solution au problème et accepter de faire un détour par le modèle 1. Chercher c'est bien, trouver c'est mieux. La TRIZ, par sa démarche rationnelle, permet d'obtenir un résultat presque à coup sûr.

Confrontés à un problème concret, quelles stratégies avons-nous à notre disposition ?

Nous pouvons essayer le hasard. Qui sait si avec un peu de chance nous n'allons pas trouver une solution ? C'est la méthode des essais et erreurs, qui repose sur l'expérience. Elle consomme beaucoup de moyens. Depuis

[1] Respectivement : expert international en TRIZ; professeur agrégé de mécanique au Lycée pilote innovant et international de Jaunay-Clan (86); professeur agrégé de mécanique au lycée Ernest-Pérochon de Parthenay (79). Courriels : avraam.seredinski@aliceadsl.fr; francis.hatte@ac-poitiers.fr; david.jadaud@ac-poitiers.fr.

mots-clés

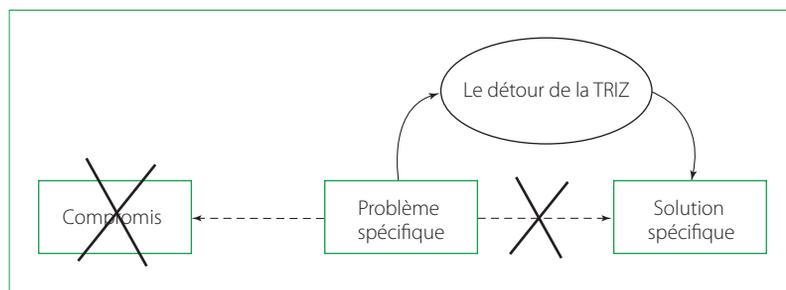
créativité, innovation

Darwin, nous savons que c'est ainsi que procède la nature. Mais, dans son cas, le crédit temps est illimité !

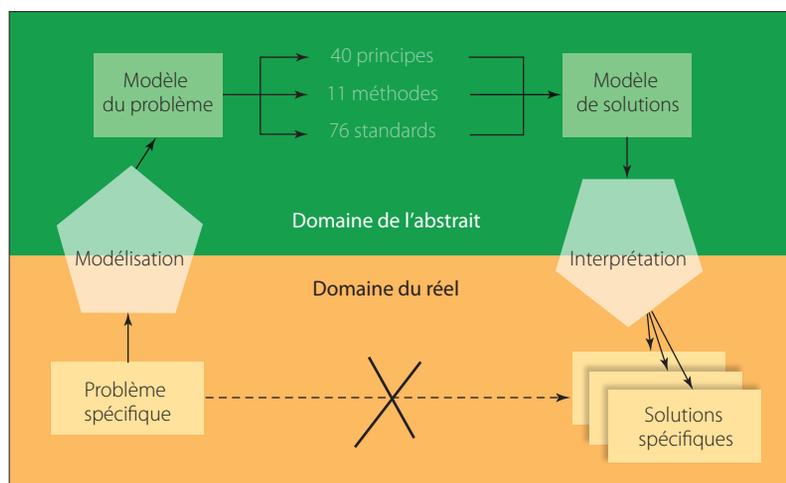
Pour augmenter nos chances de trouver une solution, nous pouvons mettre en place un brainstorming : il s'agit ici de concentrer la méthode précédente en augmentant le nombre d'idées produites dans un temps donné. Cette méthode peut aboutir à une solution au problème, mais elle génère aussi beaucoup d'idées parasites. Il faut alors trouver l'aiguille dans la meule de foin, en espérant qu'elle existe...

Si nous voulons être sûrs de ne pas passer à côté d'une bonne solution, nous pouvons également systématiser les essais en les organisant de telle sorte que toutes les possibilités soient envisagées. Cette méthode d'essais réguliers aboutira certainement, mais quand et à quel prix ?

Enfin, nous pouvons utiliser la TRIZ 2, et accepter de faire un détour : renoncer à chercher directement une solution à notre problème, mais prendre le temps de le modéliser pour utiliser ensuite les outils de résolution. Cette méthode ne permet pas d'aboutir directement à une solution clés en main, mais elle évite tout gaspillage de moyens en orientant la recherche de solutions dans la direction pertinente.



1 TRIZ, vers la solution idéale



2 La démarche TRIZ

En résumé, la TRIZ permet :

- d'éviter les compromis ;
- de structurer sa démarche ;
- de s'assurer d'un résultat probant.

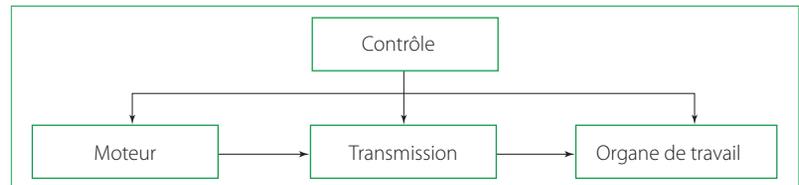
Avoir une vision stratégique

Appréhender l'évolution d'un système

L'analyse des brevets par Altshuller lui a également permis de constater des motifs récurrents dans l'évolution des systèmes techniques. Il a ainsi défini 8 lois d'évolution auxquelles il est fréquemment fait référence pour l'enseignement de CIT. Ces lois sont issues d'un travail statistique. Elles n'ont donc pas le caractère déterministe des lois physiques, mais elles nous apportent cependant une représentation de l'évolution des systèmes, représentation précieuse dans une démarche de prospective stratégique.

Ces lois sont distribuées en trois catégories, lois statiques, cinématiques et dynamiques, selon la période de la vie du système où elles interviennent **3**.

Les lois statiques définissent les conditions pour qu'un système technique existe et puisse fonctionner :



4 La constitution d'un système technique dans la TRIZ

Les lois cinématiques décrivent le développement du système. Parmi celles-ci, la loi n° 4, « accroissement de l'idéalité », mérite un commentaire particulier. Cette loi traduit le progrès technique du système. L'idéalité d'un système est définie comme le rapport entre les fonctions utiles du système et la somme des fonctions néfastes, prenant en compte leurs coûts. Pour améliorer l'idéalité, il faut augmenter l'utilité du système et diminuer les inconvénients. Un système idéal est un système qui n'existe pas, mais dont la fonction est réalisée ! L'exemple type est le transport des billes de bois sur une rivière sans bateau ni autre système d'acheminement.

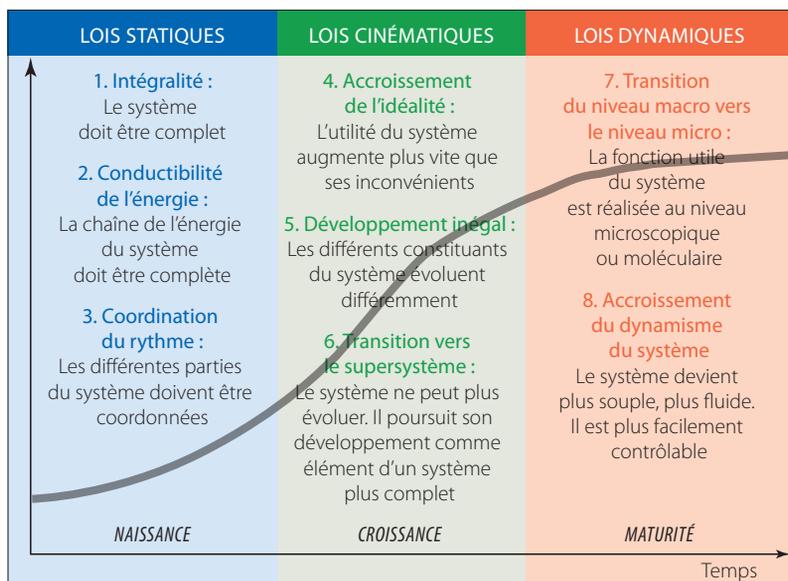
Prévoir l'avenir

Pour accompagner les différentes étapes de résolution d'un problème, la TRIZ propose la méthode des « neufs écrans » **5**. Elle présente l'avantage d'être assez simple à mettre en œuvre, et offre une représentation du système à laquelle on peut rattacher les lois d'évolution.

Il s'agit d'un tableau à trois colonnes (passé, présent, futur) et à trois lignes (supersystème, système, sous-système). On place le système au centre, et on cherche à compléter le reste du tableau. Cet exercice élargit notre vision du système et permet d'en améliorer la compréhension.

Cet outil peut également être utilisé pour prédire l'évolution d'un système. En effet, en identifiant les lois d'évolution utilisées entre le passé et le présent, on peut utiliser les autres lois et envisager ainsi l'avenir.

Remarquons que la notion de *supersystème* dépend du point de vue : une automobile appartient au supersystème « transport » d'un territoire, mais aussi au supersystème « gamme de véhicules » d'un constructeur ou encore « biens personnels » d'un individu.



3 Les lois d'évolution et les étapes de la vie du système technique

- le système doit être complet, c'est-à-dire comporter un élément moteur, un système de transmission, un organe de travail et un dispositif de contrôle (loi n° 1) **4** ;
- l'énergie doit pouvoir circuler depuis l'élément moteur jusqu'à l'organe de travail (loi n° 2) ;
- les composants du système doivent être synchronisés (loi n° 3).

Résoudre le problème

La démarche TRIZ

La base du travail d'Altshuller, c'est l'analyse de plusieurs centaines de milliers de brevets. Cette analyse lui a d'abord permis d'établir que la plupart des problèmes résolus pouvaient être exprimés sous forme de contradictions, et que les principes mis en œuvre

pour résoudre ces contradictions étaient en nombre limité.

Dans la TRIZ, une *contradiction technique* est un conflit entre deux paramètres. Par exemple, pour améliorer la portance d'un avion, on peut chercher à augmenter la surface des ailes. Mais on augmente alors la masse de l'avion, ce qui diminue sa portance. Il y a un conflit entre la superficie et la masse.

Altshuller a dénombré 39 paramètres – donc un nombre fini de conflits possibles –, dont la résolution passe par 40 principes – un nombre lui aussi fini. Ils sont décrits de façon exhaustive dans l'ouvrage *40 principes d'innovation TRIZ pour toutes applications*. Sans vouloir lister tous ces paramètres, il s'agit entre autres, pour un objet mobile ou immobile, du poids, de la longueur, de la surface, du volume, de la vitesse, de la force, de la forme, de la durée, de la température, de la quantité de substance...

Dans certains cas, le conflit ne s'exprime pas nécessairement entre deux paramètres, mais parfois entre deux valeurs d'un même paramètre. Par exemple, il faut qu'une échelle soit à la fois grande (pour un accès à une toiture) et petite (pour pouvoir être rangée dans un espace raisonnable). Ce type de conflits s'appelle *contradiction physique* dans la TRIZ. Là encore, le nombre de types de solutions pour résoudre ces contradictions est limité : 11 méthodes ou procédés sont recensés par la théorie. (Altshuller a également identifié des problèmes qui ne se présentent pas sous la forme d'un conflit, mais qui peuvent être modélisés sous la forme de substances en interaction, par l'intermédiaire de champs. Cette modélisation « champ-substance » est représentée graphiquement par un *vépole*. La TRIZ propose 76 standards pour résoudre ce type de problèmes. N'étant pas évoquée dans les textes officiels relatifs à l'EE CIT, cette méthode ne sera pas abordée.)

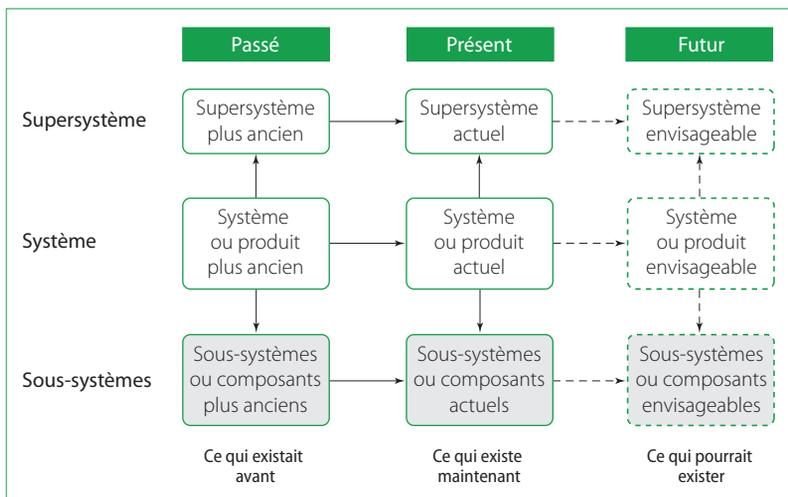
Nous allons découvrir maintenant comment la TRIZ nous guide pour passer d'un problème spécifique à une solution spécifique. Nous nous interdisons bien sûr de chercher directement une solution !

Passer du problème spécifique au modèle de problèmes

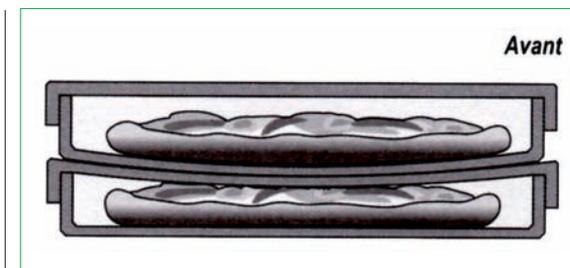
Analyser le problème

Il faut dans un premier temps analyser le problème, le formuler, identifier des paramètres influents. Comment? En disciplinant son raisonnement, en utilisant des méthodes de créativité telles que celles décrites dans l'article précédent. La TRIZ met à notre disposition d'autres outils (l'opérateur DTC, la méthode des « petits bonshommes »...), qu'il serait trop long de décrire ici.

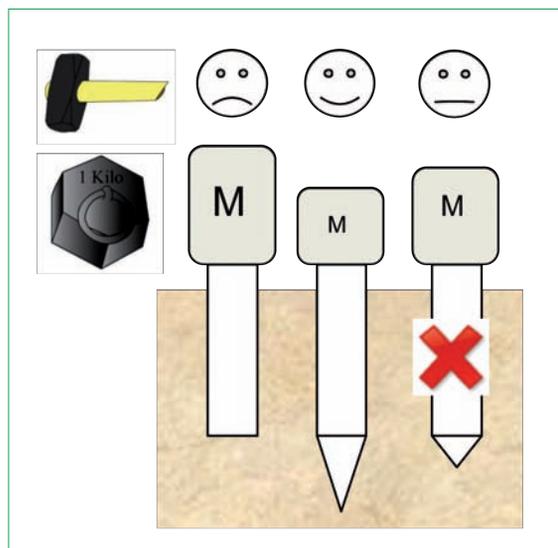
Nous vous proposons maintenant de vous mettre à la TRIZ en essayant de résoudre deux problèmes. Pour chacun de ces exemples, prenez un brouillon et analysez,



5 Les 9 écrans



6 La forme initiale des boîtes à pizza



7 L'exemple du pieu battu

Paramètre qui se dégrade	Forme
Paramètre à améliorer	
Quantité de substance	Les principes d'innovation suggérés : – sphéricité – changement de paramètres physiques et chimiques de l'objet

8 La contradiction technique quantité de substance/forme

formulez, identifiez des caractéristiques influentes, reformulez-les en utilisant des paramètres.

● Le problème de la boîte à pizza

Pour livrer les pizzas chaudes au client, on les met dans des boîtes en carton rectangulaires **6**. Le livreur est souvent amené à empiler ces boîtes. Oui mais voilà, elles se déforment. Que faire pour que les boîtes à pizza ne se déforment pas sans utiliser plus de matière ?

● Le problème du pieu battu

Pour construire un bâtiment sur un sol meuble, on utilise des pieux. On a recours bien souvent à des pieux battus, façonnés à l'avance puis mis en place par battage. Pour assurer un maximum de stabilité, il faut que l'extrémité de ces pieux soit plane. Mais pour enfoncer les pieux, il est préférable qu'ils aient une extrémité pointue !

Plusieurs solutions semblent alors possibles, pour la forme du pieu :

- sa face inférieure est plane, il peut supporter des charges importantes, mais s'enfoncé difficilement ;
- il est pointu, il peut supporter des charges faibles, mais s'enfoncé facilement ;
- il est légèrement pointu, il peut supporter des charges moyennes, et s'enfoncé moyennement facilement **7**.

Cette dernière solution n'est guère satisfaisante : il s'agit d'un compromis qui n'élimine pas les défauts mais les atténue. Avec la TRIZ, on doit pouvoir faire mieux...

Identifier le type de problèmes

Nous l'avons vu, la TRIZ définit deux types de contradictions :

- **Les contradictions techniques** : deux paramètres en contradiction ont été identifiés, et, « quand un paramètre s'améliore, l'autre se dégrade » ;
- **Les contradictions physiques** : un seul paramètre en contradiction a été identifié, qui doit « être à la fois comme cela et pas comme cela ».

Et vous, avez-vous réussi à identifier le type de problèmes pour les deux exemples proposés ? Nous allons voir cela tout de suite...

S'essayer à la TRIZ

● La boîte à pizza

On peut imaginer facilement que, pour que la boîte en carton ne se déforme pas, il faut que le carton soit plus épais. Mais comment faire sans utiliser plus de matière ? Si le carton est fin, la boîte se déforme ; si le carton est épais, la boîte ne se déforme pas.

On a identifié deux caractéristiques en contradiction, il semble donc que ce problème puisse être modélisé sous la forme d'une contradiction technique. Essayons de la formuler en utilisant les paramètres proposés par la TRIZ, dans une expression du type « quand un paramètre s'améliore, un autre se dégrade ».

Notre but est d'éviter la déformation de la boîte ; la forme est donc le paramètre qui se dégrade. Quelle

caractéristique permet d'éviter cela ? Bien sûr, c'est l'augmentation de l'épaisseur du carton ! Mais nous ne voulons pas qu'il soit trop épais, il faut économiser de la quantité de matière. Voilà donc le paramètre à améliorer, la quantité de substance.

Ce problème peut donc être modélisé sous la forme d'une contradiction technique dans laquelle la quantité de substance s'améliore et la forme se dégrade.

● Le pieu battu

Idéalement, il faudrait que l'extrémité des pieux soit à la fois plane et pointue. La caractéristique influente de ce problème est la forme de l'extrémité du pieu.

Ce problème peut donc être modélisé sous la forme d'une contradiction physique : le même paramètre (forme de l'extrémité) doit prendre plusieurs valeurs (plane et pointue).

Passer du modèle de problèmes au modèle de solutions

C'est le cœur de la TRIZ. En effet, en fonction du type du problème, identifié lors de l'analyse, des démarches de résolution sont préconisées.

Dans le cas d'une contradiction technique

Il y a un paramètre à améliorer, et un paramètre qui se dégrade. La TRIZ met à disposition un tableau (une matrice) de résolution des contradictions techniques. Le paramètre à améliorer définit la ligne et le paramètre qui se dégrade la colonne. À l'intersection, le tableau donne les principes d'innovation que la TRIZ nous conseille d'utiliser comme modèle de solutions.

● Pour la boîte de pizza

Le modèle du problème est une contradiction technique dans laquelle la quantité de substance s'améliore et la forme se dégrade **8**.

Après analyse des brevets, Altshuller a remarqué que, pour ce type de problèmes, les solutions adoptées dans la majorité des cas s'inspirent du principe de sphéricité et/ou du principe de changement de paramètres physiques et chimiques de l'objet.

Dans le cas d'une contradiction physique

Dans le cas d'une contradiction physique, 11 méthodes sont proposées par la TRIZ. Nous nous limiterons ici à la présentation des trois premières, qui reposent sur la même notion de séparation :

- séparation dans le temps (un parapluie est ouvert sous la pluie, mais il se replie pour prendre peu de place quand il n'est pas utilisé) ;
- séparation dans l'espace (la poêle est la fois chaude, pour faire cuire l'œuf, et froide au niveau de la poignée, afin que l'on puisse la manipuler) ;
- séparation entre l'objet entier et ses composants (la chaîne de vélo est souple, mais chaque maillon est rigide).

● Pour le pieu battu

Le modèle de problème est une contradiction physique : l'extrémité doit être à la fois plane et pointue, mais pas en même temps ! La méthode de la TRIZ à adopter est la séparation dans le temps.

Passer du modèle de solutions à une solution spécifique

Nous touchons pratiquement au but, mais cette dernière étape est certainement la plus délicate. Le modèle de solutions peut amener à plusieurs solutions spécifiques, c'est le moment de faire preuve de créativité ! En pratique, il faut aussi répertorier, analyser et utiliser les ressources disponibles.

Pour réussir, il faut s'entraîner à penser autrement, utiliser les méthodes de créativité décrites dans l'article précédent (la TRIZ met à notre disposition d'autres outils que nous ne présenterons pas ici).

La boîte à pizza : proposition de solution

La TRIZ permet de définir un modèle de solutions comme une proposition d'utilisation de principes d'innovation qui doivent nous guider dans la recherche de solutions spécifiques. Pour notre exemple, la TRIZ nous suggère d'utiliser l'un ou les deux principes d'innovation suivants :

● Le principe de sphéricité :

- remplacer les parties linéaires par des parties courbes, les surfaces planes par des surfaces sphéroïdales, les parties cubiques ou en forme de parallélépipède par des formes sphériques ;
- utiliser les rouleaux, les billes, les spirales ;
- remplacer la translation par la rotation, utiliser la force centrifuge.

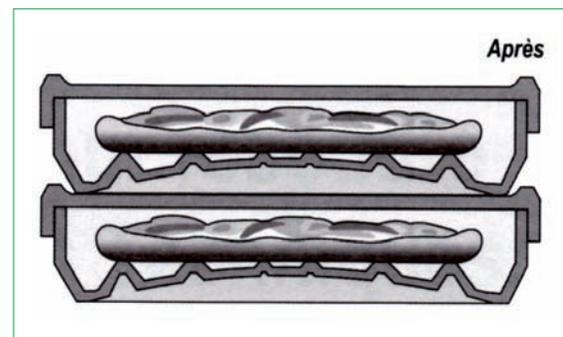
● Le principe de changement de paramètres physiques et chimiques de l'objet :

- modifier l'état de phase de l'objet ;
- modifier la concentration et la consistance ;
- modifier le degré de flexibilité ;
- modifier la température.

Il faut se souvenir que la matrice d'Altshuller est le résultat de l'analyse statistique, et on ne peut pas exiger que tous les principes qui se trouvent dans les cellules du tableau soient applicables à toutes les situations. Par exemple, dans notre cas il n'est pas possible d'utiliser le principe de changement de paramètres physiques et chimiques de l'objet.

Et là, même pour une boîte à pizza, il n'y a pas de recette, il faut être créatif... Alors, vous avez une idée ?

L'une des solutions qui a été adoptée, et qui d'ailleurs a fait l'objet d'un dépôt de brevets aux États-Unis, utilise le principe de sphéricité 9. Au lieu de la forme rectangulaire, nous pouvons utiliser la forme cylindrique et transformer le fond en forme de coupole (segments de sphère). Une telle forme devient plus rigide, nous



9 La sphéricité des nouvelles boîtes à pizza

avons surmonté la contradiction et résolu notre problème : la forme ne se dégrade plus.

Le pieu battu : proposition de solutions

Pour notre exemple, la TRIZ nous suggère d'utiliser la séparation dans le temps. Il faut que l'extrémité soit pointue pour faciliter la mise en place, mais plane une fois en place.

On peut alors imaginer plusieurs solutions sur la base de dispositifs escamotables placés à la base du pieu ou le long de sa structure pour le stabiliser une fois enfoncé. Des brevets ont été déposés proposant différentes solutions dans ce sens.

Innover pour évoluer

Deux concepts reviennent fréquemment dans le programme de CIT : les lois d'évolution et les principes d'innovation.

Les premières peuvent nous aider à positionner un produit sur la courbe de son évolution et à imaginer ainsi vers quoi il pourrait évoluer. Les seconds doivent être utilisés comme des outils de résolution lorsque nous sommes confrontés à une contradiction technique. Sans apporter de solution clés en main, ils orientent et guident la recherche dans la direction pertinente.

Alors, même si la TRIZ semble difficile à mettre en œuvre dans sa totalité avec des élèves de seconde, sa démarche structurée est séduisante, avec son analyse systématique des problèmes, son identification des paramètres influents et son étape d'interprétation qui permet d'exercer sa créativité. Si vous vous sentez mieux armés pour donner à vos élèves le goût de l'innovation, nos objectifs sont atteints. ■

► En rayon

Les ouvrages de Guenrich Altshuller *40 principes d'innovation TRIZ pour toutes applications* ainsi qu'*Et soudain apparut l'inventeur - Les idées de TRIZ* sont traduits du russe et édités par Avraam Sérédinski.

Avraam Sérédinski
85, rue de Quinçay - 86000 Poitiers
Tél./Fax : 05 49 58 16 07

www.as-triz.com
avraam.seredinski@aliceadsl.fr