

**Expérimentation «  
identification des éléments fonctionnels  
d'un système technique »**

## 9.1. Introduction

A travers ce chapitre, nous allons expliquer le but de la première expérimentation, son déroulement ainsi que les résultats que nous obtiendrons. Nous allons appliquer aux données récoltées des traitements statistiques, puis nous les représenterons graphiquement.

## 9.2. But de l'expérimentation

Cette première expérimentation a pour but de tester la première hypothèse sur l'application de la loi 1. Plus précisément, tester notre modèle sur l'identification des éléments fonctionnels d'un système technique par les utilisateurs, à savoir : l'unité motrice, l'unité de transmission, l'unité de travail et l'unité de contrôle.

## 9.3. Participants

Les participants de cette première expérimentation sont des ingénieurs diplômés exerçant leurs professions dans des entreprises différentes. Ces 15 participants ne connaissent pas la théorie TRIZ, cependant ils ont tous reçu des formations portant sur la créativité et l'analyse fonctionnelle leur permettant de participer à notre étude.

## 9.4. Présentation de l'expérimentation

Cette expérimentation s'est déroulée en deux étapes :

Lors de la première étape, on a donné aux participants une définition simple de la première loi d'évolution qui décrit un système technique et ses quatre éléments fonctionnels (voir annexe 2). Puis on leur a demandé d'identifier ces éléments fonctionnels sur deux systèmes : le système des patins à roulettes et le système du sèche-cheveux.

Lors de la deuxième étape, nous leur avons présenté notre modèle d'application de la première loi d'évolution, en leur expliquant les différents éléments internes et externes d'un système (source de l'énergie, objet sur lequel le système agit et les quatre éléments fonctionnels du système). Lors de cette deuxième étape, nous avons également appliqué les phases de la loi 1, collectivement avec les participants, sur le système : vélo, en guise de démonstration. Puis nous leur avons demandé de suivre les étapes de ce modèle pour identifier les éléments fonctionnels des deux mêmes systèmes qu'ils avaient déjà traités lors de la première étape.

## 9.5. Résultats

Afin d'évaluer la réponse des participants nous nous sommes basés sur le schéma de codage présenté dans le chapitre 8, que l'on peut rappeler et résumer pour cette expérimentation comme ceci : Si le participant a identifié correctement

l'élément fonctionnel alors sa réponse sera considérée comme correcte sinon elle sera notée comme fausse.

### 9.5.1. Résultats obtenus pour le système des patins à roulettes

#### ➤ Sans utilisation du modèle

Lors de la première étape où les participants devaient utiliser leurs propres connaissances pour appliquer la loi 1, on a remarqué un taux de participation assez faible (en dessous de la moyenne) et également un faible taux de réponses correctes pour l'identification des éléments fonctionnels du système comme le montre le tableau 9.1 ci-dessous. Les participants étaient 40 % à avoir répondu pour l'unité motrice et ils n'étaient que 20 % à avoir répondu correctement. Pour l'unité de transmission ils étaient 33.33 % à avoir répondu et seulement 20 % à l'avoir identifiée correctement. Pour l'unité opératrice sur les 40 % de participants à avoir répondu seulement 13.33 % ont répondu correctement. En fin, pour l'unité de contrôle sur les 33.33 % à avoir répondu à cette question, ils étaient seulement 20 % à avoir su identifier correctement cet élément. Soit une moyenne de bonnes réponses égale à 18.33 %. Le calcul de l'écart type obtenu est de 2.88 % ce qui signifie que les bonnes réponses sont concentrées autour de la moyenne de 18.33 % dans un intervalle [15.45 %, 21.21%], signifiant que l'espace des bonnes réponses est trop étroit, est leur taux est faible.

Unité du système	Pourcentage des participants	Pourcentage des réponses correctes
Unité motrice	40 %	20 %
Unité de transmission	33.33 %	20 %
Unité opératrice	40 %	13.33 %
Unité de contrôle	33.33 %	20 %

Tableau 9.1 : Résultats d'identification des unités du système des patins à roulettes sans utilisation du modèle

#### ➤ Avec utilisation du modèle

Cependant, après avoir présenté le modèle aux participants, on remarque à cette deuxième étape que le taux de participation à augmenter de façon significative, comme indiqué dans le tableau 9.2 ci-dessous. La totalité des participants a correctement identifié l'unité motrice ainsi que l'unité opératrice (100 % de réponses correctes) avec une hausse de 80% sur les bonnes réponses pour l'unité motrice et de 86.66 % pour l'unité opératrice. Pour l'unité de transmission ils étaient 86.66 % à avoir répondu et 73 % à l'avoir identifié correctement avec une hausse de 53 % de bonnes réponses. En fin, pour l'unité de contrôle ils étaient 86.66 % à avoir répondu à

cette question et 73 % à avoir su identifier correctement cet élément, soit une hausse de 53 % de bonnes réponses. La moyenne des bonnes réponses obtenues s'élève à 86.5%.

Unité du système	Pourcentage des participants	Pourcentage des réponses correctes	Différence entre les deux étapes
Unité motrice	100 %	100 %	Augmentation de 80 %
Unité de transmission	86.66 %	73 %	Augmentation de 53 %
Unité opératrice	100 %	100 %	Augmentation de 86.67 %
Unité de contrôle	86.66 %	73 %	Augmentation de 53 %

Tableau 9.2 : Résultats d'identification des unités du système des patins à roulettes avec utilisation du modèle

Le tableau 9.3 suivant indique les résultats des calculs statistiques obtenus sur ces données. L'écart type obtenu est de 13.5 % donnant un intervalle des réponses [73%, 100%]. Ce qui est en bonne cohérence avec les pourcentages des bonnes réponses des résultats du tableau 9.2. La variance est de 182,25, elle est élevée, elle signifie dans ce cas que la dispersion autour de la moyenne est élevée. Réellement elle n'a aucune utilité, elle est calculée parce qu'elle est un intermédiaire du calcul de l'écart type.

Méthode statistique	Calcul
Ecart Type	13.5
Variance	182.25

Tableau 9.3 : Calculs statistiques pour le système des patins à roulettes

### ➤ Comparaison entre les deux situations

Le graphe de la figure 9.1 ci-dessous montre que les participants ont su appliquer notre modèle et identifier correctement les éléments du système. Le graphe montre également la forte hausse des bonnes réponses suite à l'application du modèle. Ce qui prouve que sur un système difficile à étudier comme celui des patins à roulettes où les participants avaient du mal avant présentation du modèle à identifier les éléments fonctionnels, arrivent, une fois ce dernier présenté à répondre correctement et comprendre le circuit emprunté par l'énergie récupérée en dehors du système puis utilisée par ces différents éléments fonctionnels.

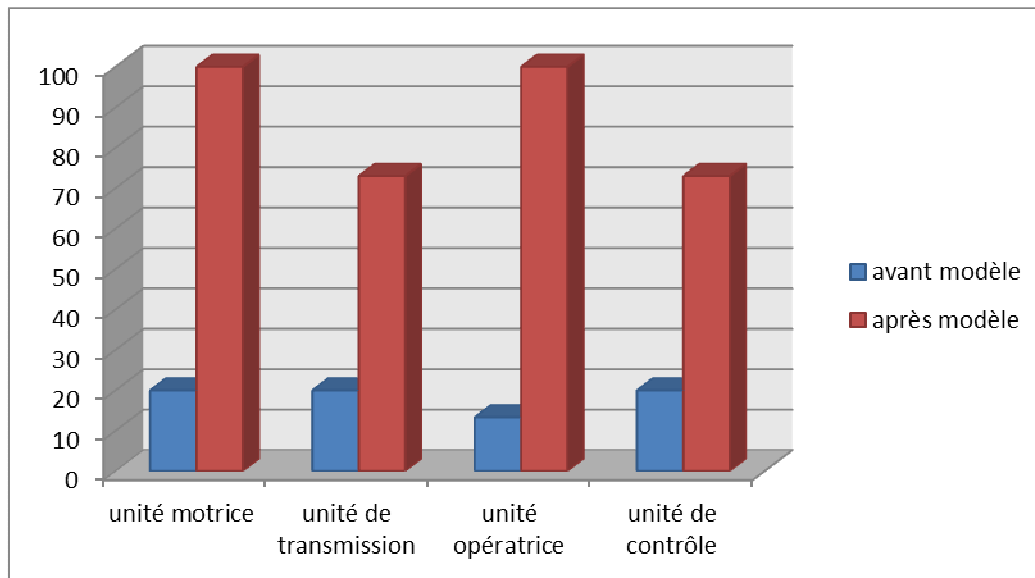


Figure 9.1: Résultat de l'application de la loi 1 sur le système des patins à roulettes

### 9.5.2. Résultats obtenus pour le système du sèche-cheveux

#### ➤ Sans utilisation du modèle

Lors de la première étape où les participants devaient utiliser leurs propres connaissances pour appliquer la loi 1 sur le système du sèche-cheveux, on a remarqué un taux de participation assez moyen et également un faible taux de réponses correctes pour l'identification de certains éléments fonctionnels du système. Cependant, les résultats obtenus sont meilleurs comparés à ceux des patins à roulettes. Cela est peut-être dû au fait que le système du sèche-cheveux comporte un élément électrique, qui permet d'emblée de reconnaître la source d'énergie et l'unité motrice qui l'utilise. Le tableau 9.4 montre les résultats obtenus pour ce système. La totalité des participants a identifié l'unité motrice. Pour l'unité de transmission ils étaient plus de la moitié à avoir répondu 86.66 % et 53.33 % à l'avoir identifié correctement. Pour l'unité opératrice sur les 33.33 % de participants à avoir répondu seulement 20 % ont répondu correctement. En fin, pour l'unité de contrôle sur les 46.66 % à avoir répondu à cette question, ils étaient seulement 26.66 % à avoir su identifier correctement cet élément. Soit une moyenne de bonnes réponses égale à 50 %, ce taux est du fait que le système est connecté à une source d'énergie électrique qui rend facile l'identification du moteur qui a haussé cette moyenne. L'écart type obtenu est de 31.44 %. Ce qui montre que les valeurs sont distribuées de façon éloignée par rapport à la moyenne.

Unité du système	Pourcentage des participants	Pourcentage des réponses correctes
Unité motrice	100 %	100 %
Unité de transmission	86.66 %	53.33 %
Unité opératrice	33.33 %	20 %
Unité de contrôle	46.66 %	26.66 %

Tableau 9.4 : Résultats d'identification des unités du système du sèche-cheveux sans utilisation du modèle

➤ **Avec utilisation du modèle**

Cependant, après avoir présenté le modèle aux participants, lors de la deuxième étape de cette expérimentation, on remarque que le taux de participation a augmenté de façon significative, comme indiqué dans le tableau 9.5 ci-dessous. La totalité des participants a correctement identifié l'unité motrice (100 % de réponses correctes). Pour l'unité de transmission ils étaient 86.66 % à répondre correctement. Pour l'unité opératrice, ils étaient 86.66 % à avoir répondu correctement soit une hausse de 66.66 % de bonnes réponses. En fin, pour l'unité de contrôle ils étaient 100 % à avoir répondu à cette question et 80 % à avoir su identifier correctement cet élément, soit une hausse de 53.34 % de bonnes réponses. La moyenne des bonnes réponses obtenues s'élève à 88.33%.

Unité du système	Pourcentage des participants	Pourcentage des réponses correctes	Différence entre les deux étapes
Unité motrice	100 %	100 %	Pas de différence
Unité de transmission	100 %	86.66 %	Augmentation de 33.33 %
Unité opératrice	86.66 %	86.66 %	Augmentation de 66.66 %
Unité de contrôle	100 %	80 %	Augmentation de 53.34 %

Tableau 9.5 : Résultats d'identification des unités du système du sèche-cheveux avec utilisation du modèle

Le tableau 9.6 suivant indique les résultats des calculs statistiques obtenus sur ces données. L'écart type obtenu est de 7.27 %, ce qui signifie que la distribution des résultats est située dans l'environnement immédiat de la moyenne égale à 88,33%, soit un taux élevé de bonne réponse. Le calcul de la variance obtenu est de 52.79.

Méthode statistique	Calcul
Ecart Type	7.27
Variance	52.79

Tableau 9.6 : Calculs statistiques pour le système du sèche-cheveux

➤ **Comparaison entre les deux situations**

Le graphe de la figure ci-dessous montre une forte hausse des bonnes réponses des participants dès qu'ils prennent connaissance des indications du modèle. On y observe une augmentation de plus de 50% en moyenne pour l'identification des unités opératrice et de contrôle par rapport aux résultats obtenus lors des précédentes étapes sans utilisation de modèle.

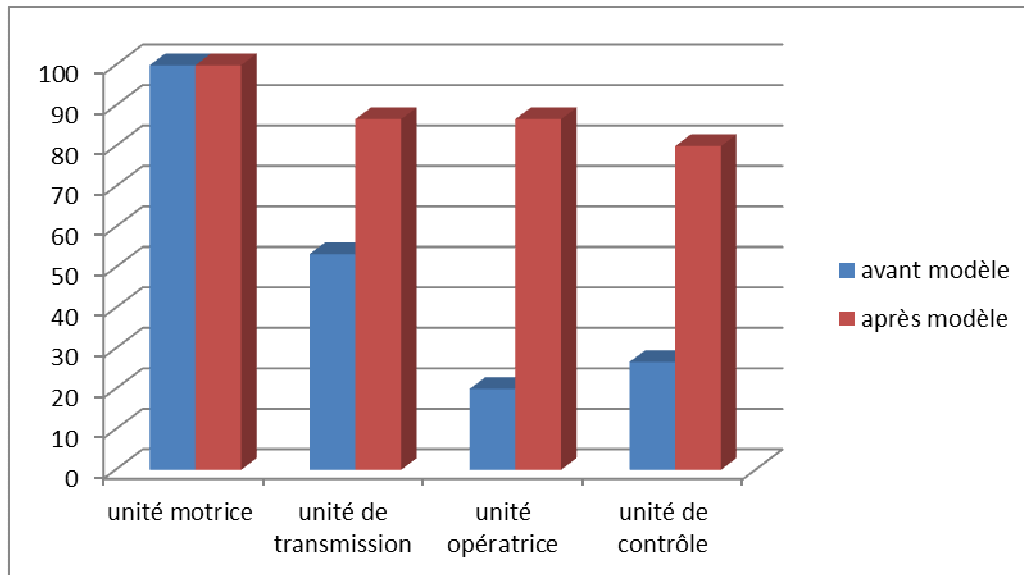


Figure 9.2: Résultat de l'application de la loi 1 sur le système du sèche-cheveux

## ➤ Synthèse

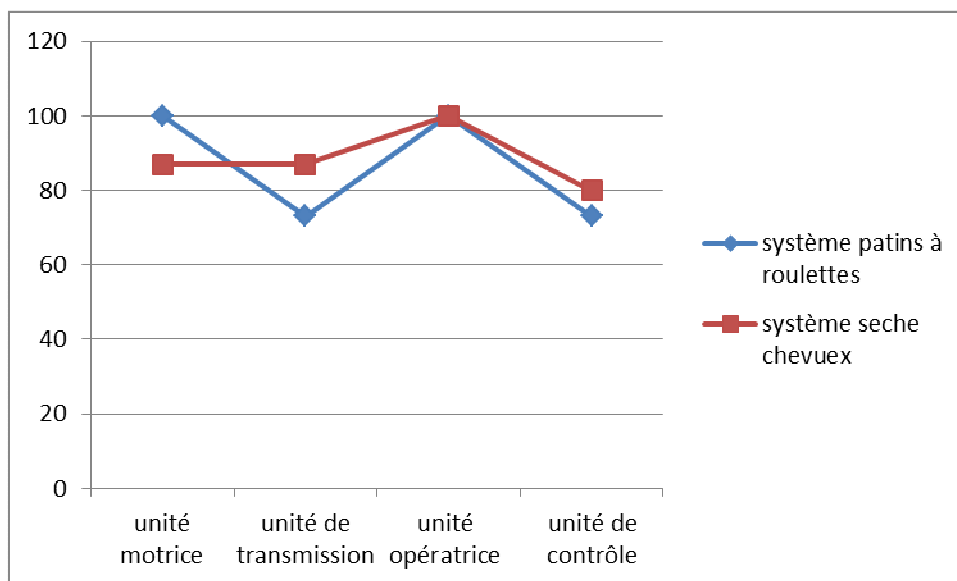


Figure 9.3 : Résultat de l'application de la loi 1

La figure 9.3 montre que les courbes des résultats des bonnes réponses de l'application de cette loi, lors de l'utilisation du modèle, sur les deux systèmes étudiés évoluent presque de façon identique. La corrélation obtenue sur ces deux séries est de 0.69, ce qui signifie qu'elles sont corrélées.

Etant donné que l'étude a porté sur deux systèmes techniques totalement différents dans leur fonctionnement comme dans leur alimentation énergétique, et que les résultats obtenus ont montré une bonne corrélation entre eux, notre modèle est cohérent avec les systèmes aussi différents les uns des autres, alors nous pouvons avancer qu'il est de ce fait fiable.

De plus, nous observons une forte hausse de participation et des bonnes réponses lors de l'utilisation du modèle. Il semble d'un apport significatif dans l'aide à l'identification correcte des éléments du système. Enfin, ces résultats nous permettent de valider notre première hypothèse.

## 9.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons testé la première hypothèse en réalisant notre première expérimentation. Les résultats que nous avons obtenus ont montré qu'avec le modèle, les participants arrivent à identifier correctement et facilement les éléments fonctionnels du système technique. Nous pouvons donc conclure à la validité de la première hypothèse relative à l'identification des entités principales d'un système technique, préconisée par la loi 1.

La première hypothèse portant sur l'identification des éléments fonctionnels du système et sa validation, constituent un préalable pour passer à la mise en œuvre



de toutes les autres lois. Nous pouvons donc passer à la deuxième hypothèse et au test de sa validation, objet du chapitre suivant.