



**HAL**  
open science

**Les méthodes de comparaison par paires Intérêt  
fondamental, Méthodes pratiques, Avancées  
scientifiques, Logiciel - Troisième partie : Logiciel TCMC  
et exemple**

Bernard Yannou, Frej Limayem

► **To cite this version:**

Bernard Yannou, Frej Limayem. Les méthodes de comparaison par paires Intérêt fondamental, Méthodes pratiques, Avancées scientifiques, Logiciel - Troisième partie : Logiciel TCMC et exemple. La Valeur de produits, procédés et services, 2002, 94. hal-04476065

**HAL Id: hal-04476065**

**<https://hal.science/hal-04476065>**

Submitted on 24 Feb 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Les méthodes de comparaison par paires

Intérêt fondamental, Méthodes pratiques, Avancées scientifiques, Logiciel

## Troisième partie : Logiciel TCMC et exemple

Bernard Yannou<sup>1</sup>, Frej Limayem  
Ecole Centrale Paris,  
Laboratoire Productique-Logistique  
92295 Châtenay-Malabry

**Résumé** : Dans ce dernier d'une série de trois articles, nous évoquons la méthode du *Tri Croisé de Monte Carlo*, ou TCMC. Cette méthode de *Comparaisons par Paires* (CP) est une méthode récente issue des travaux de recherche d'une thèse de doctorat [2], dont elle reprend une partie (seulement) des résultats. Elle est dotée de nombreuses propriétés qui en font une méthode d'aide à la décision riche et flexible utilisable au cours d'un projet d'ingénierie. Après avoir évoqué ses caractéristiques majeures, nous nous attacherons à simuler une session de travail en groupe au travers de l'utilisation du logiciel TCMC.

## 1. Principes de la méthode du TCMC

Les caractéristiques du TCMC sont :

- ❑ Méthode *exacte* (voir la définition dans le premier article).
- ❑ La méthode donne des résultats même si toutes les comparaisons ne sont pas définies (ce qui s'avère bien pratique sur des problèmes avec de nombreux éléments).
- ❑ Pour chaque comparaison, il peut être renseigné si la valeur fournie est précise ou entachée d'une certaine *imprécision/incertitude*. Cette donnée, bien que pouvant être négligée pour aboutir à un résultat rapide mais dangereusement précis, est nécessaire pour ne pas se masquer les *indécidabilités*.
- ❑ Le résultat des poids est par conséquent donné avec une certaine incertitude. La méthode de calcul est une méthode dite de *simulation statistique de type Monte Carlo* à partir d'une méthode de CP de base de type *Régression Logarithmique aux Moindres Carrés* (voir la définition dans le deuxième article).
- ❑ Un *degré de cohérence* de la demi-matrice de comparaisons entrées par le groupe (voir la définition dans le deuxième article) est également fourni. Celui-ci est l'image de la bonne compréhension du problème par le groupe.
- ❑ Enfin, des *conseils pour améliorer cette cohérence* par des modifications judicieuses des comparaisons sont fournis. A l'animateur, au responsable ou aux participants du groupe de décider ou pas de les prendre en compte pour réviser leurs jugements dans une boucle vertueuse et dans une démarche qualité.

---

<sup>1</sup> Maître de Conférences, animateur de la liste de diffusion Vafore (Valeur, Fonction, Recherche), inscription par mail vide à [vafore-abonnement@yahoogroupes.fr](mailto:vafore-abonnement@yahoogroupes.fr)

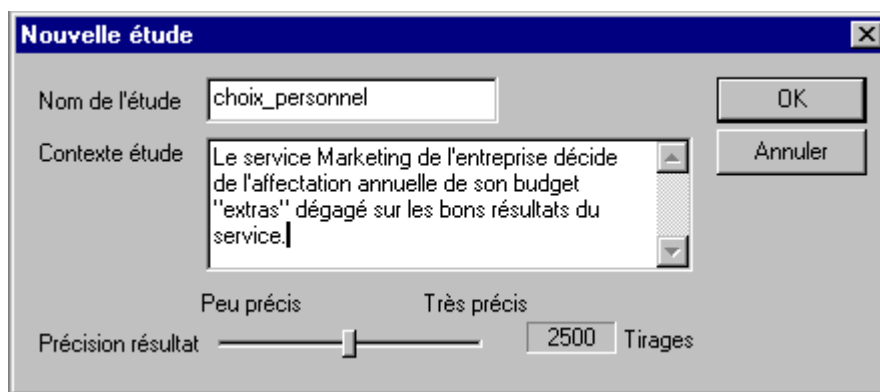
Les 5 dernières caractéristiques n'existent pas au sein de la méthode MAL qui a été présentée dans le deuxième article par exemple. Enfin, tout ceci est réalisé dans un cadre très interactif (copier/ coller des comparaisons), communiquant (copier des résultats dans un format exportable dans Excel), adapté à la connaissance plus ou moins précise du problème (expression qualitative possible des comparaisons) et permettant le support de commentaires et la traçabilité de la prise de décision.

## 2. Simulation d'une session de pondération en groupe

### 2.1. Lancement de l'étude

#### 2.1.1. Contexte de l'étude

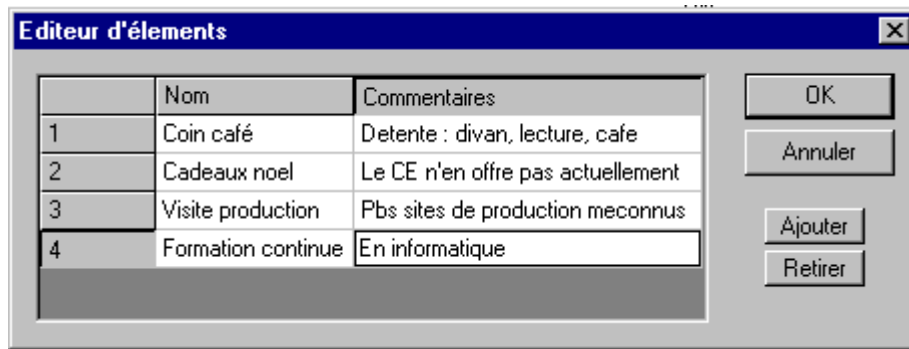
Le contexte est par exemple celui du service Marketing d'une entreprise constitué de 6 personnes. Lorsque les résultats de l'année ont dépassé les objectifs fixés, il est de coutume d'affecter un budget appelé « extras » pour que le service le dépense dans le cadre de l'entreprise, c'est-à-dire pour améliorer le cadre de vie ou les compétences du personnel. Cette année, c'est le cas ! L'équipe se réunit donc pour décider de l'affectation de ce budget. Le logiciel TCMC est lancé pour aider à l'arbitrage, une nouvelle étude est entamée et le contexte renseigné.



#### 2.1.2. Description des éléments

Par la suite, il faut définir le nombre, nommer et commenter les éléments qui vont faire l'objet de l'arbitrage. Les idées ne manquent pas pour dépenser le budget « extras ». Après un tour de table ou un *brainstorming* en bonne et due forme, plusieurs projets (*éléments* dans le logiciel) sont jugés acceptables. Ces éléments sont au nombre de 4 et sont renseignés dans le logiciel :

- ❑ Investir dans l'aménagement d'un coin café/détente.
- ❑ Dépenser la cagnotte en achat de cadeaux de Noël pour les enfants du personnel, le comité d'entreprise ne proposant rien de la sorte.
- ❑ Organiser quelques visites des sites de production pour être plus au courant des contraintes de production et ainsi être mieux à même de répondre aux clients et d'assurer une charge de production.
- ❑ Former le personnel à des fonctionnalités avancées de logiciels (traitement de texte, tableur, TCMC...).

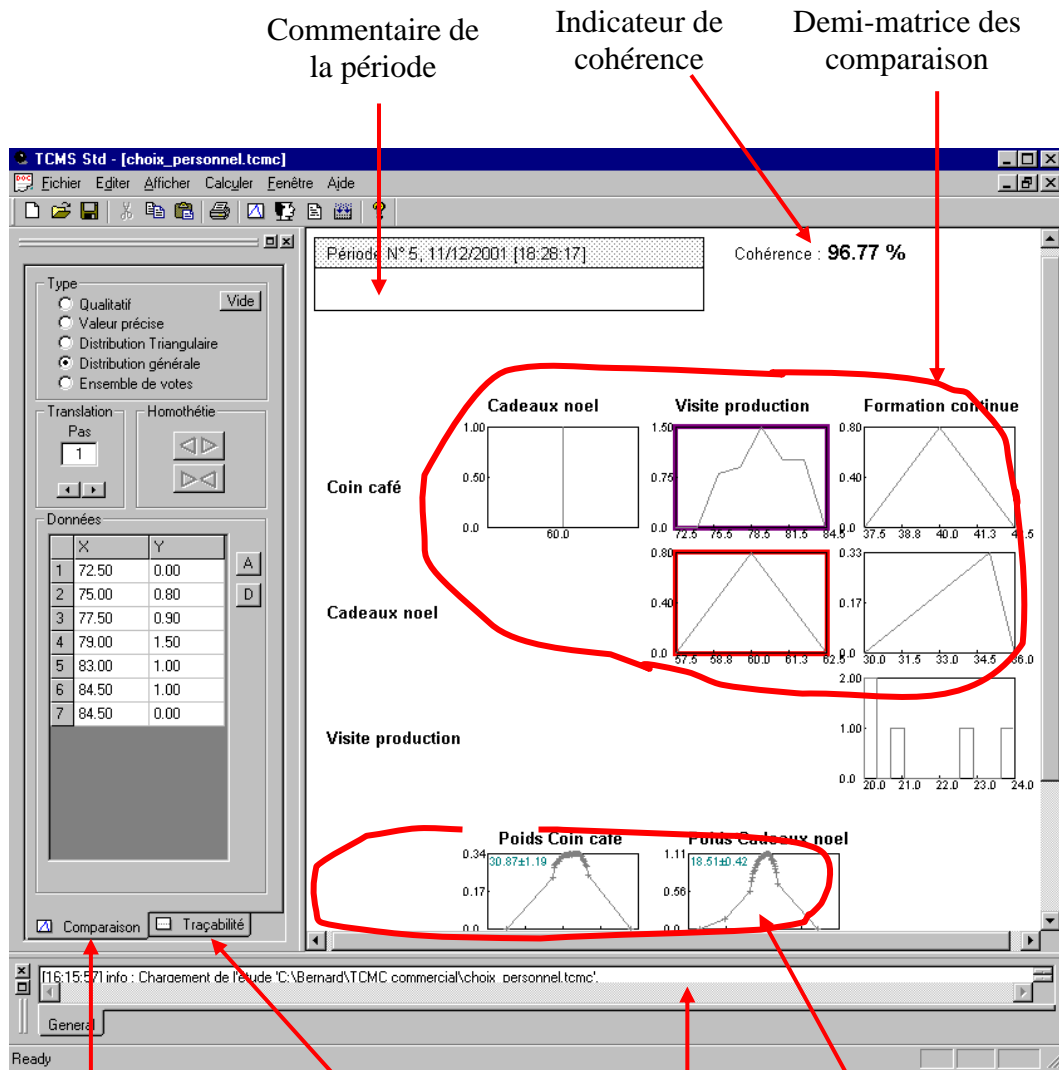


### 2.1.3. Objectif de l'Etude

Le montant exact du budget « extras » n'étant pas connu, le groupe ne peut pas savoir si les quatre alternatives/éléments seront réalisables ou seulement une alternative. Dans le premier cas, les poids solutions issus d'une étude de TCMC donneront les parts d'investissement sur chaque alternative. Dans le second cas, l'alternative la plus populaire sera identifiée comme ayant le poids le plus important. On vérifiera alors qu'elle se détache sans ambiguïté malgré les incertitudes/imprécisions des jugements émis. Ici, l'objectif n'est donc pas déterminé tout de suite.

## 2.2. Renseigner les comparaisons

### 2.2.1. L'environnement graphique



Onglet « Comparaison »  
pour la saisie

Onglet « Traçabilité »  
pour accéder aux périodes  
passées

Commentaires  
exécution

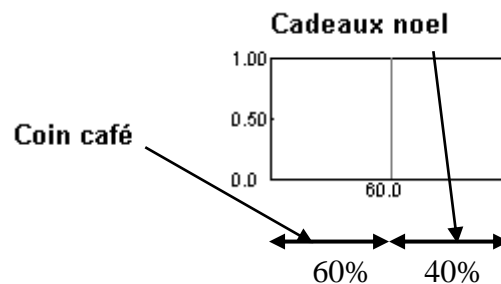
Résultat des poids

Le logiciel comporte sur la partie droite de l'écran une zone graphique interactive pour les comparaisons d'entrée et les poids de sortie. Cinq primitives de comparaisons sont proposées pour permettre de représenter le plus précisément et facilement possible l'incertitude et l'imprécision des jugements (6 avec la comparaison vide). Ces primitives sont détaillées par la suite. La sélection d'une comparaison avec la souris met en surbrillance ladite comparaison, le choix d'un type de comparaison dans l'« onglet comparaison » donne lieu à un menu

contextuel à ce type. Un choix de primitive de comparaison n'est jamais définitif car il est tout à fait autorisé de passer d'un type de primitive à un autre par la suite.

### 2.2.2. Comprendre une Fenêtre de Comparaison

Considérons la comparaison (Coin café, Cadeaux Noël). Des chiffres sont inscrits sur les axes horizontaux et verticaux. Seul l'axe horizontal a un sens pour l'instant, on y lit 60. Cela signifie que le groupe considère que l'élément « Coin café »<sup>2</sup> représente 60% du total de l'importance des éléments « Coin café » et « Cadeaux Noël »<sup>3</sup>, et par conséquent que « Cadeaux Noël » représente les 40% restants. Remarquez que les 100% de chaque comparaison ne se réfèrent qu'aux deux éléments comparés. La comparaison entrée devra donc varier entre 0 pour laquelle l'élément « Coin café » est totalement rejeté et 100 pour laquelle l'élément « Cadeaux Noël » est totalement rejeté (les comparaisons s'expriment en pourcents, donc entre 0 et 100).



### 2.2.3. Comparaison de type Valeur précise

C'est le cas dont on a parlé précédemment (Coin café, Cadeaux Noël). Les boutons de translations permettent par la suite l'augmentation ou la diminution de la valeur d'un pas déterminé pour la mise au point.

### 2.2.4. Comparaison de type Distribution triangulaire

C'est le cas (Cadeaux Noël, Formation Continue). C'est une manière simple de prendre en compte l'incertitude/imprécision/disparité des opinions du groupe. Trois valeurs sont à indiquer et la comparaison apparaît graphiquement comme un triangle. Les triangles sont très naturels à utiliser. Par exemple pour aboutir à la valeur basse du triangle, il faut répondre à la question « *Quelle est la valeur minimale envisageable du poids relatif de « Cadeaux Noël » ?* », ici 30% (respectivement valeur la plus probable 35%, et la valeur maximale 36%). Après avoir entré une première comparaison triangulaire, l'adaptation du triangle est très aisée avec les boutons de translation et d'homothétie qui étendent ou concentrent l'imprécision. Les valeurs numériques inscrites en vertical ont ici un sens mais seulement en relatif. Par exemple, l'abscisse (en horizontal) 32,5% correspondant à la valeur (en vertical) de 0,75 et l'abscisse 35% correspondant à la valeur 1,5 qui est deux fois plus importante, on interprète alors cette lecture de la manière suivante « *Il est deux fois plus probable que le poids relatif de « Coin café » soit de 35% plutôt que de 32,5% ou de 35,5%* ». Bien que de pratique malaisée au départ on s'y fait relativement vite. De manière générale encore, on interprètera ces courbes en se disant que « *Plus le point de la courbe est élevé (ici aux environs de 35%) et plus la probabilité est forte, des valeurs de 0 (avant 30% et après 36%) correspondant réellement à une probabilité nulle* ».

<sup>2</sup> En fait l'élément de la comparaison qui est à gauche de la demi-matrice

<sup>3</sup> Ainsi une comparaison  $c_{ij}$  est une estimation du rapport  $p_i / (p_i + p_j)$ .

Translation

Pas

1

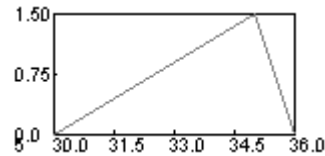
Homotétie

Données

Min X 30.00

X 35.00

Max X 36.00



### 2.2.5. Comparaison de type Qualitatif

C'est le cas des deux comparaisons (Coin café, Formation Continue) et (Cadeaux Noël, Visite Production), cas traité par la suite. Nous préconisons de l'utiliser pour des néophytes ou pour dégrossir le problème lorsqu'il n'est pas aisé de quantifier une part d'importance. Il s'agit d'abord d'estimer qualitativement si « Cadeaux Noël » est « <<<, <<, <, =, >, >>, >>> » à « Visite Production », ici « > » est choisi et fixé par le logiciel à 60%. Par la suite, il faut choisir si ce jugement est « précis, peu imprécis, imprécis, très imprécis », ici « peu imprécis » est choisi et le logiciel choisi de répartir 5% d'incertitude autour de 60%. Ces informations qualitatives sont donc traduites automatiquement en une probabilité triangulaire par l'intermédiaire d'une échelle de correspondance numérique (éventuellement accessible à l'utilisateur).

Valeur

<<<

<<

<

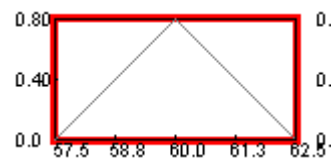
=

>

>>

>>>

Précision



### 2.2.6. Comparaison de type Distribution générale

C'est le cas (Coin café, Visite Production). On définit ici n'importe quel type de courbe<sup>4</sup> par les coordonnées de la courbe. Cela peut servir si des statistiques sont disponibles. Rappelons à nouveau que les valeurs de la colonne Y n'ont de sens qu'en relatif.

Données

	X	Y
1	72.50	0.00
2	75.00	0.80
3	77.50	0.90
4	79.00	1.50
5	83.00	1.00
6	84.50	1.00
7	84.50	0.00

A

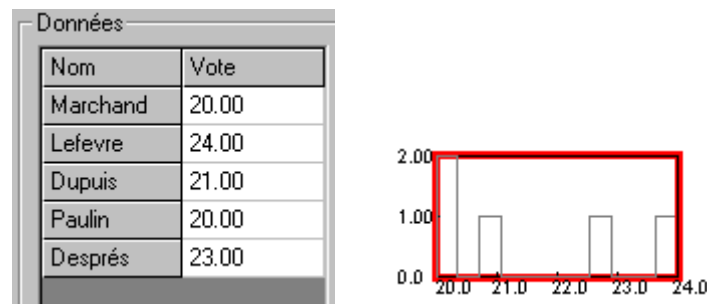
D



<sup>4</sup> Pour les spécialistes cette courbe ne diffère d'une « courbe de probabilité » que par le fait qu'une « courbe de probabilité » a une intégrale sous la courbe de valeur 1.

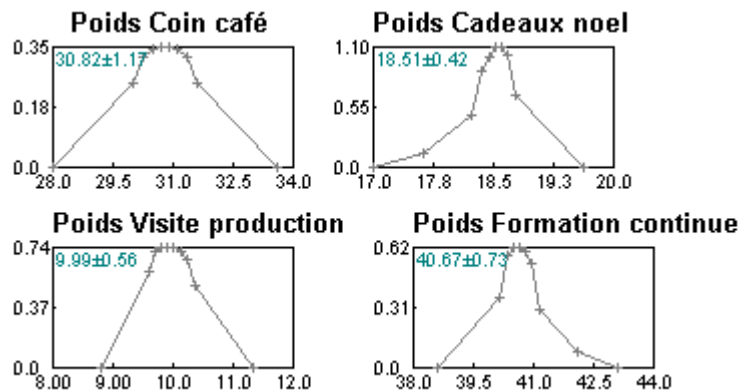
### 2.2.7. Comparaison de type Ensemble de votes

C'est le cas (Visite Production, Formation Continue). Dans le cas où le débat devient houleux dans le groupe car les avis divergent fortement, il est intéressant de faire appel à cette primitive où chaque avis dans le groupe va être précisément enregistré. Pour cela, il faut au préalable saisir le nom des membres du groupe de décision. Les avis des participants sont agrégés par le logiciel dans un graphique de type histogramme (la largeur de cet histogramme est paramétrable). Une trace du vote de chacun est donc conservée et chacun sera à même de conserver ou changer son propre jugement par la suite.



### 2.3. Lancer le calcul

Chaque calcul fait passer d'une *période* à la suivante. Une *période* est un tour de réflexion, de vote et de dépouillement. Les résultats sont les suivants.



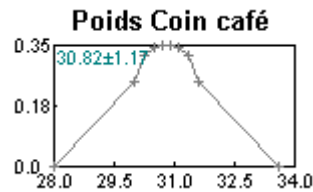
### 2.4. Interpréter le résultat et commenter

#### 2.4.1. Valeur des poids

On constate ici que les poids ne se chevauchent pas, c'est-à-dire qu'il y a *décidabilité* pour ordonner strictement les éléments. Ici donc l'alternative de la Formation Continue est choisie ou les poids les plus probables (affichés sur les courbes) sont choisis pour répartir le budget.

Les courbes de poids sont des *courbes de densité de probabilité*. A ce titre, les deux valeurs minimales et maximales sont des valeurs de probabilité nulle. La valeur indiquée dans le cartouche résultat (ici 30,82) est la valeur de plus forte probabilité. L'intervalle de tolérance  $\pm 1,17$  signifie qu'il y a 95% de chance pour que la valeur de plus forte probabilité soit dans l'intervalle 30,82%  $\pm 1,17$ .





#### 2.4.2. Valeur du coefficient de cohérence

Le coefficient de cohérence est ici de 96,81%. Celui-ci peut varier très légèrement d'un calcul à un autre car le calcul est réalisé par des tirages aléatoires de valeurs dans les courbes de comparaison, puis de reconstruction des courbes poids résultats un peu comme on reconstruirait des histogrammes. Le réglage de ce nombre de tirage est typiquement de plusieurs milliers et peut être aussi modifié. Un coefficient de cette valeur approchant les 100% est excellent et démontre la grande cohérence de jugement du groupe puisque les comparaisons sont « recoupées » entre elles pour estimer si le groupe a une vision claire de son problème. A partir de 95% on peut considérer que la cohérence est satisfaisante. Qu'on soit en deçà ou au delà de cette valeur, le décideur ou le groupe peut se laisser influencer ou pas par les conseils en amélioration de cohérence donnés par le logiciel.

#### 2.4.3. Conseils en Amélioration de Cohérence

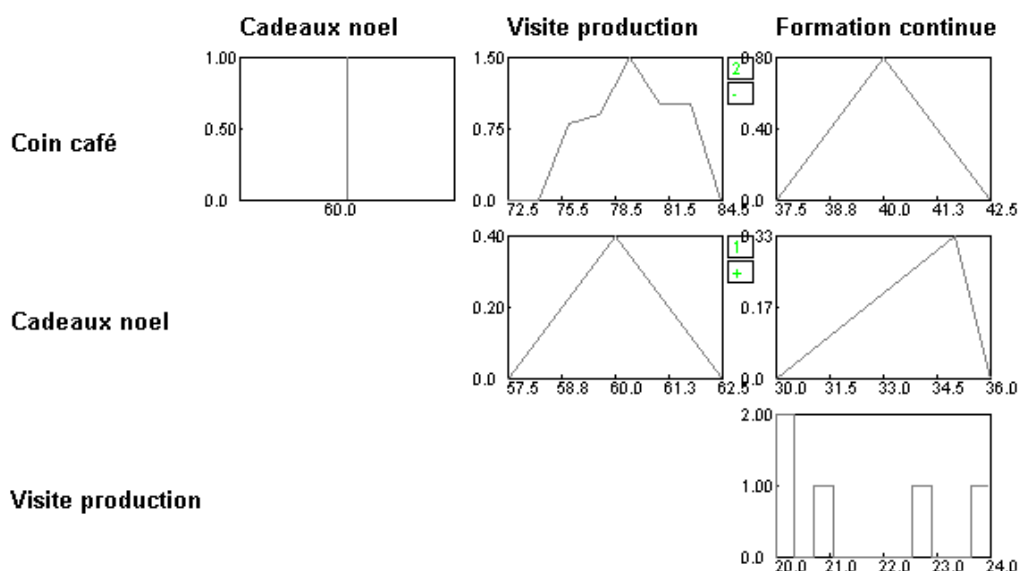
Des conseils sont donnés par le logiciel pour revoir en priorité certaines comparaisons (1 est la priorité la plus forte) dans le sens d'une augmentation (signe +) ou d'une diminution (signe -). Dans le cas présent (voir écran ci-après), il est d'abord recommandé de voir si on ne devrait pas augmenter « Cadeaux Noël » par rapport à « Visite production », et ensuite si on ne devrait pas diminuer « Coin café » par rapport à « Visite production ». Dans le cas présent, le groupe a trouvé qu'il avait effectivement sous-estimé « Cadeaux de Noël » par rapport à « Visite production » ; une augmentation de 10% est donc décidée.

De manière à tracer le déroulement de l'étude, l'analyse du groupe et sa réaction sont donc commentées dans cette *période* (boucle modifications/résultats) avant d'effectuer toute modification des comparaisons. Ces commentaires de périodes se retrouvent alors par la suite lorsqu'on effectue une « revue d'étude » avec l'onglet « Traçabilité ».

Période N° 18, 26/01/2002 [18:09:15]

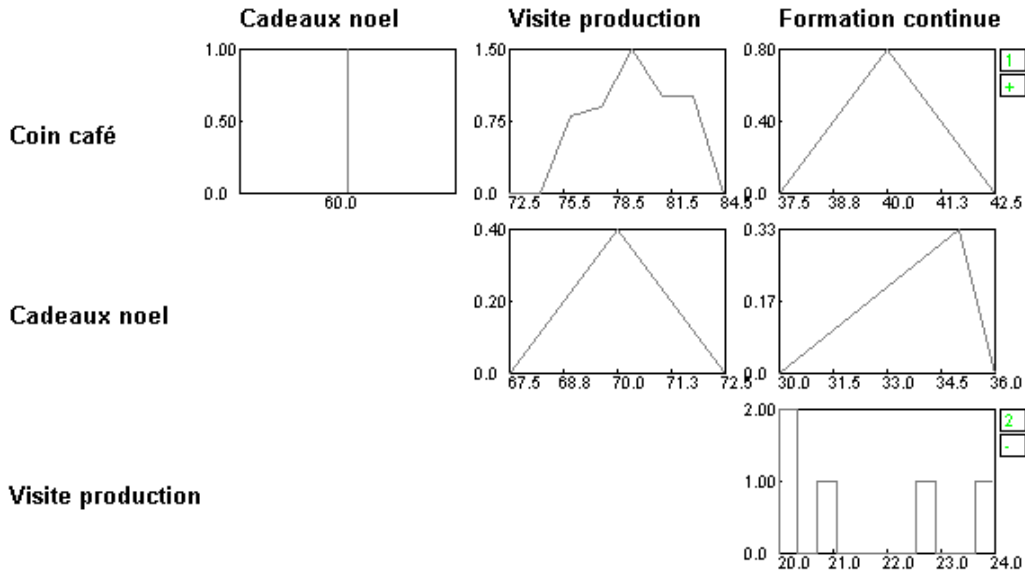
Cohérence : **96.81 %**

A la première simulation, nous constatons une très bonne cohérence. Suivant les conseils du logiciel, le groupe a trouvé qu'il avait effectivement sous-estimé "Cadeaux de Noel" par rapport à "Visite production" ; une augmentation de 10% est décidée.

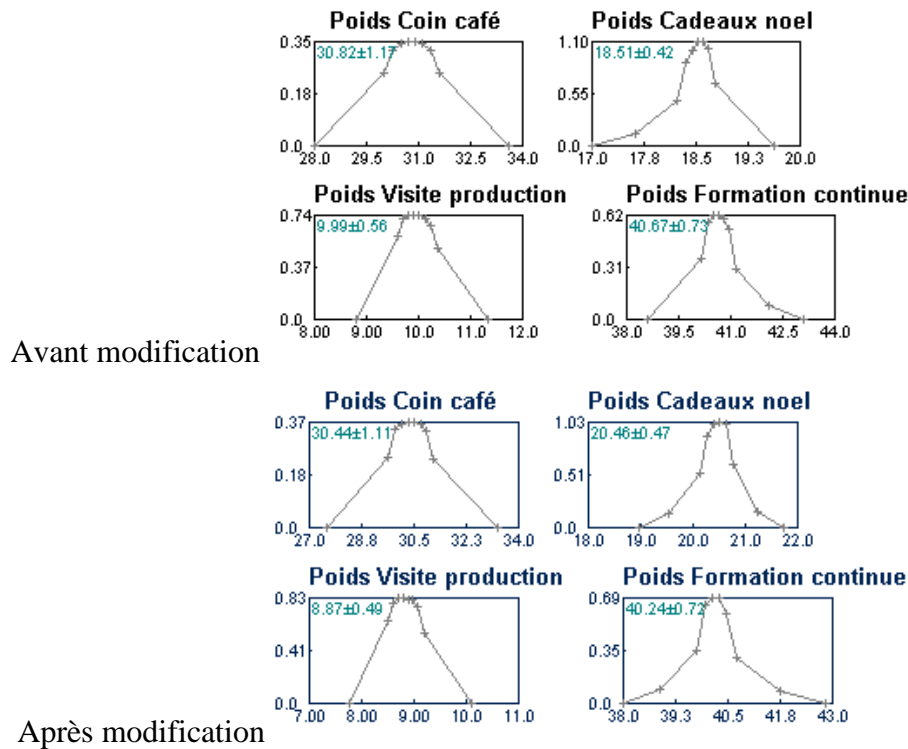


## 2.5. Modifications de la Matrice des Comparaisons

L'augmentation de 10% de la comparaison avec l'outil translation de l'onglet « Comparaison ». Le calcul est à nouveau relancé. Le résultat est à la hauteur de nos espérances : l'indicateur de cohérence a augmenté de 2% pour passer à 98,82%. Les conseils en amélioration ne portent maintenant plus sur les mêmes comparaisons.



Les résultats sur les poids ont sensiblement évolué. Puisque c'est l'importance relative de « Cadeaux Noel » qu'on a augmenté relativement à « Visite production », il est normal que ce soit « Cadeaux Noel » (+2%) et « Visite production » (-1,1%) qui aient le plus changé (environ -0,4% pour les autres).



## **2.6. Rapport automatique**

Un rapport de l'étude est automatiquement généré. Il comporte tous les éléments nécessaires pour conforter une prise de décision : contexte de l'étude, définition des éléments et des participants, commentaires de toutes les périodes, informations précises sur la dernière période.

## **3. Conclusion**

La prise de décision en entreprise ne doit pas être prise à la légère surtout lorsqu'elle se doit d'aboutir à des résultats chiffrés et qu'elle doit s'asseoir sur un processus de raisonnement cohérent. La méthode TCMC décrite dans cet article peut tout aussi bien s'appliquer à la valorisation de fonctions de service d'un produit mécanique qu'à la répartition d'un budget d'investissement ou à la spécification de la durée des tâches d'un projet. Elle permet de désactiver des débats stériles en focalisant l'intérêt de la discussion sur des points précis, en n'obligeant pas les décideurs à donner trop de renseignements, en représentant leur incertitude d'une manière souple (comparaison de type Qualitatif) ou précise de manière à être capable de ne pas donner la préférence à un élément alors qu'une trop grande incertitude ne le permet pas. Enfin, cette méthode met le ou les décideurs sur des pistes pour améliorer la compréhension du problème et obtenir ainsi un résultat de meilleure qualité.