

Comparaison entre la forme ouverte et la forme fermée d'un test de connaissance de la méthode expérimentale

Marthe Demers
Louise Allaire¹
université de montréal

Cette recherche a pour but de comparer les deux formes, ouverte et fermée, d'un test portant sur les étapes de la méthode expérimentale. Nous avons d'abord défini opérationnellement quatre étapes: énonciation du problème, formulation de l'hypothèse, planification de l'expérience et conclusion; les items sont de courts récits portant sur des faits de la vie courante à propos desquels le sujet doit formuler soit un problème, soit une hypothèse. Dans la forme ouverte du test, le sujet doit formuler lui-même l'énoncé correct. Dans la forme fermée, les mêmes faits sont présentés; mais le sujet doit cette fois choisir la bonne réponse parmi cinq énoncés suggérés. Les deux formes du test final s'avèrent satisfaisantes. L'indice alpha de Cronbach de la forme ouverte est de 0,805 et celui de la forme fermée de 0,748. Par contre, la corrélation entre les deux formes du test ne correspond pas à la valeur attendue; ceci laisse supposer, à tout le moins dans la forme fermée, l'interférence d'habiletés supplémentaires, telles la reconnaissance des étapes et la discrimination des énoncés suggérés. L'analyse factorielle confirme la rigueur du construit des items, particulièrement en ce qui concerne la forme ouverte. Enfin, cette étude nous a amenées à identifier deux types différents d'habiletés liées à la méthode expérimentale qu'on ne peut faire correspondre aux "habiletés intégrées" souvent décrites dans les travaux portant sur le raisonnement scientifique.

The purpose of this study is to compare the two forms (open and closed) of a test of the stages of the experimental method. First, we define the four stages operationally: statement of the problem, formulation of the hypothesis, planning the experiment, and conclusions. The items are brief texts dealing with everyday life, and the subject must formulate a problem, hypothesis, etc. about them. In the open form of the test, the subject has to formulate the correct statement. The same facts are presented in the closed form, but this time the subject must select the correct response from five possible statements which are given. Both forms of the final test have proved to be satisfactory. The Cronbach alpha index is 0.805 for the open form and 0.748 for the closed form. However, the correlation between the two forms of the test is not as anticipated; this leads us to believe that there is, at least in the closed form, interference by additional skills, such as awareness of the stages and discrimination between the possible statements. Factorial analysis confirms the logical rigour of the construct of these items, particularly in relation to the open form. Finally, this study leads us to identify two different kinds of skills associated with the experimental method which cannot be made to correspond to the "integrated skills" often described in studies on the scientific system of reasoning.

INTRODUCTION

Le but de notre étude est de comparer deux formes d'un test portant sur les habiletés reliées à la méthode expérimentale: la première forme, dite ouverte, laisse à l'étudiant la rédaction de la réponse à la question posée; la deuxième forme, dite fermée (ou à choix multiple), donne à l'étudiant le choix de la réponse la plus plausible parmi cinq suggestions.

L'acquisition des habiletés reliées à la méthode expérimentale, un objectif déjà préconisé au début des années 60 à travers les curricula bien connus (Biological Sciences Curriculum Study, Chemical Education Material Study, Physical Science Study Committee), demeure encore l'objectif principal de l'enseignement des sciences. La formation à la méthode expérimentale a été préconisée pour promouvoir non seulement des vocations scientifiques, mais aussi une formation holistique de tous les futurs citoyens (Demers & LLull, 1982; Sonnier, 1982).

Plusieurs publications portent sur des tests mesurant les habiletés reliées à la méthode expérimentale. La plupart de ces tests contiennent des notions issues des programmes scolaires et sont présentés sous la forme à choix multiple. Or, cette forme de test mesure principalement l'habileté à analyser et à reconnaître ce qui décrit le mieux une étape quelconque de la méthode expérimentale. De plus, le contenu scientifique des items ne permet pas de départager ce qui tient de l'habileté qu'on veut mesurer et ce qui est un rappel de connaissances mémorisées.

Nous avons donc décidé de faire une étude comparée de deux formes d'un test portant sur quatre habiletés qui traduisent quatre étapes de la méthode expérimentale: identification d'un problème, formulation d'hypothèse(s), planification de l'expérimentation et énonciation de la conclusion. Les deux formes du test utilisent les mêmes faits tirés du vécu quotidien afin d'éliminer tout contenu relevant de programmes académiques.

Il sera d'abord question dans cet article des divers tests utilisés dans les recherches sur la méthode expérimentale. Nous mentionnerons ensuite les définitions opérationnelles des étapes du processus. Suivra le construct (au sens donné par De Landsheere, 1979, pp. 55, 309) des deux formes du test, la validation par des juges puis par trois essais en classe. Les résultats de ces derniers seront finalement présentés et discutés.

REVUE DES ÉCRITS

La nouvelle philosophie de l'enseignement des sciences, incarnée dans les curricula d'après-guerre, a tout naturellement provoqué la création de tests pour mesurer les habiletés liées aux étapes de la méthode expérimentale. Dillashaw et Okey (1980) ont dressé une liste de ces tests:

ils mentionnent entre autres le test Science, A Process Approach (SAPA), le Group Test of Four Processes, le Science Processes Test, le Test of Science Inquiry Skills (TSIS), le Test of Science Processes (TSP) de Tannenbaum et le Processes of Science Test (PST) du Biological Sciences Curriculum Study.

Plusieurs de ces tests sont destinés aux élèves du primaire. Dillashaw et Okey (1980) ont voulu développer le Test of Integrated Process Skills (TIPS), conçu pour le secondaire et sans lien avec un programme ou avec un curriculum particulier de sciences. La forme du test est à choix multiple. Les habiletés mesurées sont: le contrôle et la manipulation des variables, la formulation d'hypothèse, la définition opérationnelle, l'interprétation des données, la planification de l'expérience. Padilla, Okey et Dillashaw (1983) ont utilisé le TIPS pour mesurer des habiletés reliées à la méthode expérimentale; ils ajoutent à l'interprétation des données celle des graphiques. L'instrument nous apparaît comme un des premiers à minimiser l'apport des prérequis scientifiques dans les questions. Toutefois, la forme du test, c'est-à-dire les items à choix multiple, nous pose des interrogations. Comment, par exemple, un étudiant peut-il démontrer son habileté à planifier une expérience s'il ne fait qu'arrêter son choix à un des schèmes qu'on lui propose? Comment peut-on juger de la capacité d'un répondant à interpréter des données, si on lui demande d'identifier les graphiques correspondants?

Les tests à choix multiple "measure the student's understanding of the scientific method as a 'passive' quality" (Kaplan, 1967, p. 353). Le choix multiple contraint le répondant à l'analyse, puis à la discrimination des énoncés: ce qui s'ajoute aux objectifs poursuivis; le départage entre l'habileté de discrimination ou de reconnaissance de l'énoncé le plus plausible et la démonstration de l'acquisition d'une des habiletés reliées à la méthode expérimentale devient impossible.

Ces considérations nous ont amenées à créer un test à forme ouverte dont les résultats ont été comparés à ceux de la forme fermée. La forme ouverte d'un test n'est pas sans inconvénients. D'une part, elle inclut l'habileté du répondant à s'exprimer clairement par écrit. D'autre part, une partie de la réponse est-elle absente, on ne sait si c'est par ignorance de la part du répondant ou tout simplement par décision de considérer cette partie comme évidente en soi et pouvant alors se passer de toute mention (Jungwirth & Dreyfus, 1975). Enfin, la correction d'un test à forme ouverte exige une grille détaillée.

DÉFINITIONS

La formalisation de la démarche expérimentale remonte aussi loin qu'à l'époque d'Aristote. On y reconnaît la voie inductive des sciences. Petit à

petit, des étapes de la démarche expérimentale se précisent pour en arriver, au dix-neuvième siècle, à un stéréotype dont les principales étapes sont: identification et formulation du problème, formulation d'une ou plusieurs hypothèses, planification de l'expérimentation, énonciation de la conclusion.

Chaque étape se définit par une habileté globale dont le décodage en opérations dévoile des habiletés définies par des concepts plus spécifiques, susceptibles de se rencontrer dans plus d'une étape. Voici ces définitions.

L'identification et la formulation du problème

La plupart des traités sur la méthode scientifique laisse la définition du "problème" à l'intuition et au sens commun. Quand on l'explicite, c'est tout simplement pour considérer le problème comme la formulation d'une relation possible entre deux ou plusieurs variables; une telle définition nous apparaît le décalque de la définition de l'hypothèse. Nous avons donc proposé une définition plus restrictive (d'après Favez, 1983). Ajoutons que le terme problème doit être pris ici dans le sens où devront s'appliquer "des solutions originales à des situations inconnues" préalablement cernées et non dans le sens d'applications de règles (West & Kellett, 1981, p. 207). La formulation d'un problème consiste en une interrogation (a) sur des caractéristiques d'un fait ou d'un phénomène; ce genre de problème conduit à des hypothèses typiques des recherches descriptives (par exemple, "Combien de repas sont servis chaque jour de la semaine à la cafétéria de l'école?") ou (b) sur des explications d'un fait ou d'un phénomène où on a identifié une difficulté, un malaise, une anomalie, ou une incongruence issue d'observations empiriques ou conceptuelles; ce genre de problème conduit à des hypothèses explicatives: c'est le sens à donner à un problème en recherche expérimentale (par exemple, "Pourquoi y a-t-il moins de repas servis les mardis midi à la cafétéria de l'école?"). Quoiqu'il en soit, la question est la forme par excellence pour bien exprimer un problème (Tuckman, 1978).

La formulation de l'hypothèse

L'hypothèse est l'avancé d'une réponse à la *question* posée par le problème. Elle est du domaine de la supposition. Voici des exemples. (a) "Ce doit être les mardis midi qu'on sert moins de repas à la cafétéria de l'école." Ce type d'hypothèse peut n'avoir aucun fondement et s'il en est ainsi, il est de fait rarement formulé. Il demeure une caractéristique de la recherche plutôt empirique où le problème se lirait comme suit: "Comment le nombre des repas servis à la cafétéria varie-t-il quotidiennement?" Ce type de

question est révélateur d'une simple curiosité ou intrigue. (b) "Les menus des mardis midi sont tels que les clients ne mangent pas à la cafétéria ce jour-là?" (*hypothèse explicative*). Ce deuxième type d'hypothèse met en cause un facteur (dit *variable indépendante*, les menus, dans ce cas-ci) responsable de l'absentéisme observé à la cafétéria. L'essai de menus différents constituera l'expérimentation dont les résultats infirmeront ou confirmeront l'hypothèse.

La planification de l'expérimentation

La planification de l'expérimentation consiste dans la systématisation de la démarche d'une expérience en vue de vérifier l'hypothèse. Ses caractéristiques sont: l'identification de la variable indépendante, puis l'établissement d'une échelle pour mesurer cette variable; l'identification de la variable dépendante et la détermination du genre de mesures à utiliser; l'identification des variables à contrôler et des méthodes de contrôle; la prévision du matériel et de son mode d'utilisation; enfin, la schématisation des étapes successives de l'expérience proprement dite.

L'énonciation de la conclusion

Le terme *conclusion* est souvent relié à celui de l'interprétation des données. Si on se réfère à Klopfer (1971), ces deux notions couvrent six points allant de la transformation des données jusqu'à l'évaluation critique de l'hypothèse de départ: transformation des données, systématisation des données, interprétation des observations et des résultats expérimentaux, extrapolation et interpolation, évaluation des hypothèses à la lumière des résultats obtenus, et généralisation.

Dans un questionnaire dont l'objectif concerne davantage l'énonciation de la conclusion que la démarche d'interprétation qui la précède (comme la systématisation des données) ou qui la suit (comme la justification de l'hypothèse en cause), nous devons réduire à trois points les notions préconisées par Klopfer (1971). Les voici. (a) La conclusion mesurera la capacité de relever les points saillants des résultats (point 3 de Klopfer); il s'agira alors d'un résumé succinct et concis de ceux-ci. (b) La conclusion spécifiera la généralisation ou la synthèse des résultats (point 6 de Klopfer). A ce point de vue, elle énoncera un principe issu de l'induction. Cette forme de conclusion est typique de la démarche expérimentale. (c) La conclusion nécessitera une part d'inférence, c'est-à-dire "l'affirmation d'une proposition en se fondant sur les rapports qu'on aperçoit ou croit apercevoir avec une autre proposition acceptée ou reconnue pour vraie" (Quillet & Grolier, 1967, p. 1301, verbe "conclure"); dans ce sens, elle comprendra l'interpolation et l'extrapolation (point 4 de Klopfer).

NIVEAUX DES HABILETÉS INTÉGRÉES À LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

Depuis une décade environ, l'expression *habiletés intégrées à la méthode expérimentale* a fait son apparition. Nous en avons déjà énuméré quelques-unes comme celle de l'identification des variables (Padilla, Okey & Dillashaw, 1983). McLeod, Berkheimer, Fyffe et Robinson (1975) étudient quatre de ces habiletés: le contrôle des variables, l'interprétation des données, la définition opérationnelle des termes, et la formulation d'hypothèses. Les auteurs rappellent que ces habiletés font partie de la liste des habiletés dites intégrées selon la Commission on Science Education of the American Association for the Advancement of Science (Livermore, 1964).

Nous basant sur nos définitions des étapes de la méthode expérimentale, nous remarquons dans ces listes deux niveaux. (a) Le premier niveau concerne la formulation globale d'une des étapes de la méthode expérimentale. Ainsi, formuler une hypothèse appartient à ce niveau. (b) Le deuxième niveau concerne les habiletés plus opérationnelles, résultat du décodage de l'habileté globale d'une étape; elles peuvent se retrouver dans plus d'une étape, tout en demeurant typiques de la démarche expérimentale. Identifier la variable indépendante en est un exemple.

Le test à forme ouverte, tout en mesurant l'habileté liée à une étape de la méthode expérimentale (habileté de premier niveau), nous permet d'analyser et de mesurer aussi l'acquisition des habiletés du deuxième niveau. Ainsi, lorsque le répondant énonce l'hypothèse congruente à un problème donné, nous pouvons analyser, à travers sa réponse, son habileté à identifier par lui-même la variable dépendante et la variable indépendante ainsi que leur relation. Mais une question ouverte ou fermée portant exclusivement sur une habileté du deuxième niveau (comme l'identification de la variable indépendante, par exemple) ne peut mesurer la connaissance d'une étape globale de la méthode expérimentale comme celle de la formulation d'une hypothèse. Bref, mesurer de façon détaillée des habiletés du deuxième niveau (identifier une variable et définir opérationnellement les termes) ne nous renseigne guère sur les habiletés à formuler les étapes de la méthode expérimentale. Plus le niveau des habiletés est défini de manière opérationnelle, plus les questions sur ces niveaux ponctuels s'éloignent de l'aspect global des étapes de la méthode expérimentale. Une forme traditionnelle de test à choix multiple, dont les items portent successivement sur les habiletés du premier, puis du second niveau, mesure de façon exclusive l'habileté à *reconnaître*, dans un premier temps, un énoncé qui traduit une étape particulière de la méthode expérimentale puis, dans un deuxième temps, un autre énoncé qui traduit le plus adéquatement une des opérations spécifiques aux étapes du processus expérimental. La répondant n'a

aucune opportunité de lier à une étape quelconque les opérations identifiées. La liste des habiletés dites intégrées à la méthode expérimentale ne tient pas compte des niveaux des habiletés, ni de leur relation. On y trouve aussi bien une habileté à énoncer une étape du processus qu'une habileté partiellement incluse dans cette étape.

PONDÉRATION DES HABILÉTÉS IDENTIFIÉES DANS LA FORME OUVERTE DU TEST

Nos définitions des quatre étapes du processus scientifique ont servi non seulement à la création d'items, mais aussi à l'établissement d'une grille de correction des réponses à la forme ouverte du test. Le tableau 1 présente la grille de correction.

TABLEAU 1
La grille de correction de la forme ouverte du test

<i>Formulation du problème</i>		
1/identification du malaise		1 point
2/formulation générale		1 point
3/possibilité de générer une hypothèse		1 point
4/concision et précision des termes		1 point
	maximum:	4 points
<i>Formulation de l'hypothèse</i>		
1/identification de la variable indépendante		
de façon explicite		2 points
ou de façon implicite	ou	1 point
2/identification de la variable dépendante		
de façon explicite ou		2 points
de façon implicite	ou	1 point
3/relation entre ces deux variables		1 point
4/possibilité de vérification expérimentale		1 point
	maximum:	6 points
<i>Planification de l'expérimentation</i>		
1/énumération du matériel indispensable à l'expérience		
au complet (75% et plus)		2 points
partiel (25% à 75%)	ou	1 point
2/mode de mesure de la variable indépendante,		
de façon explicite		2 points
ou de façon implicite	ou	1 point

TABLEAU 1 (*conclusion*)

3/mode prévu de mesure de la variable dépendante, de façon explicite ou de façon implicite	ou	2 points 1 point
4/mention des variables contrôles complète ou partielle ou faible	ou ou	3 points 2 points 1 point
5/schématisation de la démarche ou du déroulement de l'expérience complète et logique, partielle		2 points 1 point
	maximum:	11 points
<i>Enonciation de la conclusion générale</i>		
1/identification de la variable indépendante		1 point
2/identification de la variable dépendante		1 point
3/relation de ces variables		1 point
4/généralisation		1 point
	maximum:	4 points
<i>Interpolation ou extrapolation</i>		
	maximum: 1 point/bonne réponse.	

Chaque item du test porte sur un fait de la vie courante, excluant ainsi les faits typiquement scientifiques. Ceci a permis d'administrer le test aussi bien à des étudiants du secondaire qu'à des étudiants de sciences de niveau universitaire (Fayez, 1983). Chaque fait a été élaboré de façon à traduire une des étapes de la méthode expérimentale et s'est terminé par une interrogation appropriée. Voici des exemples d'items.

Pour le problème:

Dans deux blocs à appartements voisins et semblables (A et B), on remarque que les concierges du bloc B ne gardent pas leur emploi plus d'un mois, contrairement aux concierges du bloc A. Devant cette situation, la question qu'il faut *d'abord* se poser serait: _____.

Pour l'hypothèse:

On a placé sur trois montagnes de diverses hauteurs situées à dix km l'une de l'autre des moulins à vent semblables en vue de produire de l'électricité. Les moulins à vent installés sur ces montagnes sont-ils également rentables? La meilleure supposition à faire serait _____.

Pour l'expérimentation:

Une compagnie produit deux détergents différents: A et B. Avant de les mettre sur le marché, on voudrait déterminer lequel use davantage de linge. Comment pourrais-tu procéder pour le déterminer?

Pour la conclusion:

TABLEAU 2
Direction du vent

	<i>lundi</i>	<i>mardi</i>	<i>mercredi</i>
à midi	nord-est	est	est
à minuit	ouest	ouest	calme

Dans le tableau 2, on a noté la direction du vent pendant un certain temps. En te basant sur ce tableau, quelle est la conclusion *la plus générale* que tu peux tirer?"

Pour l'interpolation et l'extrapolation:

TABLEAU 3
Bleuets non mûrs selon la date (%)

Bleuets non-mûrs	30	20	10
Période	2e semaine d'août	3e semaine d'août	4e semaine d'août

On exige que les cageots ou paniers de bleuets, cueillis au peigne, ne contiennent pas plus de 25% de bleuets non mûrs.

À quel moment devrait débiter la récolte? (interpolation)

À quelle période les bleuets devraient-ils être tous mûrs? (extrapolation)

Pour chacune des étapes, des exemples de questions et de réponses ont été données. La forme fermée du test utilise les mêmes faits et les mêmes questions; nous avons tout simplement ajouté cinq choix de réponses. À la création, chacune des formes du test comprenait dix items portant sur des problèmes, sept sur des hypothèses, sept sur des conclusions. La forme ouverte du test comprenait en plus quatre items pour mesurer l'habileté

planification de l'expérimentation. Il est à noter que cette étape ne se prête pas à un test à choix multiple. Le nombre d'items requis pour en couvrir toutes les opérations deviendrait excessif. La forme fermée ne contient donc pas cette étape.

Le test (dans ces deux formes) a été validé (face validity) par neuf juges, étudiants à la M.A. et au Ph.D. La précision des termes, la simplicité du vocabulaire, la concision et la pertinence des faits et des leurres, puis l'appartenance des items à l'une des étapes de la méthode expérimentale ont été déterminées.

LES ESSAIS

Trois essais ont été effectués. Le premier essai a été réalisé en 1982 auprès de 125 étudiants de biologie et de physique à l'Université de Montréal. Seule la forme ouverte a été utilisée. Les étudiants ont vivement apprécié ce genre de questionnaire, et ils nous ont gracieusement fourni des commentaires pour l'amélioration des items et de la grille de correction. Le temps requis pour répondre au test fut de 90 minutes environ. La moyenne fut assez élevée (80%) comme il fallait s'y attendre. Fait à noter, des étudiants en physique ont tracé des plans d'expérimentation précis et fort originaux. Par contre, bon nombre de répondants ont omis de préciser des variables contrôles dans l'expérimentation. Nous avons enfin remarqué à quel point plusieurs de ces futurs scientifiques semblaient désarçonnés face à des problèmes simplistes, hors du contexte habituel des sciences. Suite à ce premier essai du test, nous avons sélectionné et parfait les items.

La deuxième essai a été effectué en 1983 auprès de 150 étudiants du secondaire I, III et V. Cet échantillon représente six classes de 25 étudiants environ chacune. Il nous a été impossible de former un échantillon aléatoire et plus grand. Le test comprenait six conclusions. Le temps de réponse fut de 100 minutes en moyenne, soit deux sessions par classe.

Dans la première session, six problèmes et quatre hypothèses ont été proposés. Ils ont été rédigés dans deux cahiers: le premier pour répondre à la forme ouverte du test; le deuxième, à la forme fermée.

Nous avons pris soin d'inverser l'ordre des items dans 50% des exemplaires du test, afin d'obvier aux consultations gratuites que peuvent se donner les étudiants voisins en classe, mais surtout, afin d'obvier à la fatigue des répondants, ce qui influence les réponses données aux derniers items, alors escamotés ou laissés pour compte.

Dans la deuxième session, les items réservés pour cette session sont deux expérimentations et six conclusions. La modalité de passation est

TABLEAU 4
Résultats au deuxième essai des deux formes du test portant sur la méthode expérimentale

<i>Forme du test</i>	<i>Nombre d'items</i>	<i>Moyenne^a</i>	<i>Ecart type</i>	<i>Difficulté (%)</i>	<i>Indice moyen de discrimination</i>
Fermée (3 étapes)	17	0,579	0,29	58	0,38
Ouverte (3 étapes)	17	0,585	0,31	53	0,47
Ouverte (4 étapes)	19	0,501	0,17	52	0,37

^aLes moyennes tiennent compte du nombre inégal d'items dans les différentes étapes du processus et des pondérations accordées aux habiletés incluses dans la grille de correction de la forme ouverte du test.

exactement celle utilisée lors de la session précédente. Les résultats au deuxième essai du test sont donnés au Tableau 4. Le coefficient de Cronbach est de 0,748 (SPSS, Reliability) pour le test fermé et de 0,805 pour le test ouvert (quatre étapes du processus). La corrélation item/test des items reliés à l'hypothèse s'est avérée plus faible (corrélation < 0,3). Nous avons donc remanié les items sur les hypothèses.

Le troisième essai s'est terminé en mai 1984; 226 étudiants (117 filles et 109 garçons), répartis également dans des classes hétérogènes allant du secondaire I au secondaire V, ont participé à cet essai. Le test final comprenait six problèmes, quatre hypothèses remaniées, deux expérimentations et neuf conclusions. En tout, la forme fermée contenait 19 items, et la forme ouverte, 21 items.

RÉSULTATS

Etant donné le but de cette étude, la comparaison de deux formes d'un test de connaissance de la méthode expérimentale, il nous est difficile d'épargner au lecteur les termes statistiques qui ont servi d'outils indispensables à ce genre de recherche sur la validation de formes de tests. Il sera donc question des coordonnées générales des deux formes du test, de l'unicité de chacune des habiletés étudiées via l'analyse factorielle, et de la corrélation entre les deux formes du test.

Coordonnées générales du test

Bien que les étudiants aient affirmé trouver plus difficile de répondre à la forme ouverte du test, les résultats obtenus à cette forme ont été un peu plus élevés. Ceci s'explique. En effet, le score attribué à chacun des items de la forme fermée du test est 0 ou 1, sans valeur intermédiaire. A la forme ouverte, le grille de correction permet une échelle de scores pour chacun des items (de 0 à 4 pour l'identification d'un problème, de 0 à 6 pour la formulation d'une hypothèse, de 0 à 11 pour la description de l'expérimentation, et de 0 à 4 pour l'énonciation d'une conclusion). Cette échelle a été ramenée à un maximum de 1, afin d'établir une base de comparaison entre les deux formes du test et aussi entre les diverses étapes de la méthode expérimentale. Cette uniformisation a tenu compte du nombre inégal d'items dans chacune des étapes.

Les coordonnées générales du test final dans ses deux formes sont résumées au Tableau 5. Etant donné le nombre restreint d'items et de répondants, nous considérons les valeurs obtenues à l'alpha de Cronbach comme satisfaisantes. L'indice de discrimination dans les deux formes du test est de 35. Les scores en pourcentages obtenus aux diverses étapes du processus scientifique par chacun des niveaux sont résumés à la Figure 1. Nous avons, de plus, illustré (Figure 2) les scores obtenus à l'identification des variables indépendantes (I) et des variables dépendantes (D), dans la forme ouverte du test. A remarquer que le score de réussite à l'identification de ces variables varie selon l'étape considérée.

Analyse factorielle

Une question primordiale revient constamment au cours de cette étude: les étapes de la méthode expérimentale sont-elles bien définies ou délimitées de façon exclusive par nos items? En d'autres termes, les étapes forment-elles des concepts séparés ou sont-elles imbriquées sous un concept unique, plus large? C'est pour répondre à cette première question que nous avons procédé à une analyse factorielle.

En nous basant sur la courbe de la valeur propre (eigen value) obtenue à l'analyse factorielle de la forme ouverte du test, nous avons identifié cinq facteurs: (a) l'habileté à formuler un problème et les opérations ad hoc (c'est-à-dire les habiletés de deuxième niveau rattachées à l'énoncé du problème), (b) l'habileté à formuler une hypothèse et les opérations ad hoc (c'est-à-dire les habiletés de deuxième niveau rattachées à l'énoncé de l'hypothèse), (c) l'habileté à planifier une expérimentation et les opérations ad hoc (c'est-à-dire les habiletés de deuxième niveau rat-

TABEAU 5
Résultats aux deux formes du test sur le processus scientifique (essai final)

	P		H		E		C		TOT/étape du processus	
	m	ET	m	ET	m	ET	m	ET	m ^a	ET
Forme fermée (alpha de Cronbach = 0,78) (3 étapes) (19 items)	0,538	0,334	0,465	0,286	—	—	0,584	0,257	0,529	0,216
Forme ouverte (alpha de Cronbach = 0,74) (3 étapes) (19 items)	0,655	0,344	0,591	0,277	—	—	0,560	0,230	0,602	0,185
Forme ouverte (alpha de Cronbach = 0,79) (4 étapes) (21 items)	0,655	0,344	0,591	0,277	0,373	0,307	0,560	0,230	0,545	0,186

^aLes moyennes (m) et leur écart type (ET) tiennent compte du nombre inégal d'items dans les différentes étapes du processus et des pondérations accordées aux habiletés, selon la grille de correction de la forme ouverte du test.

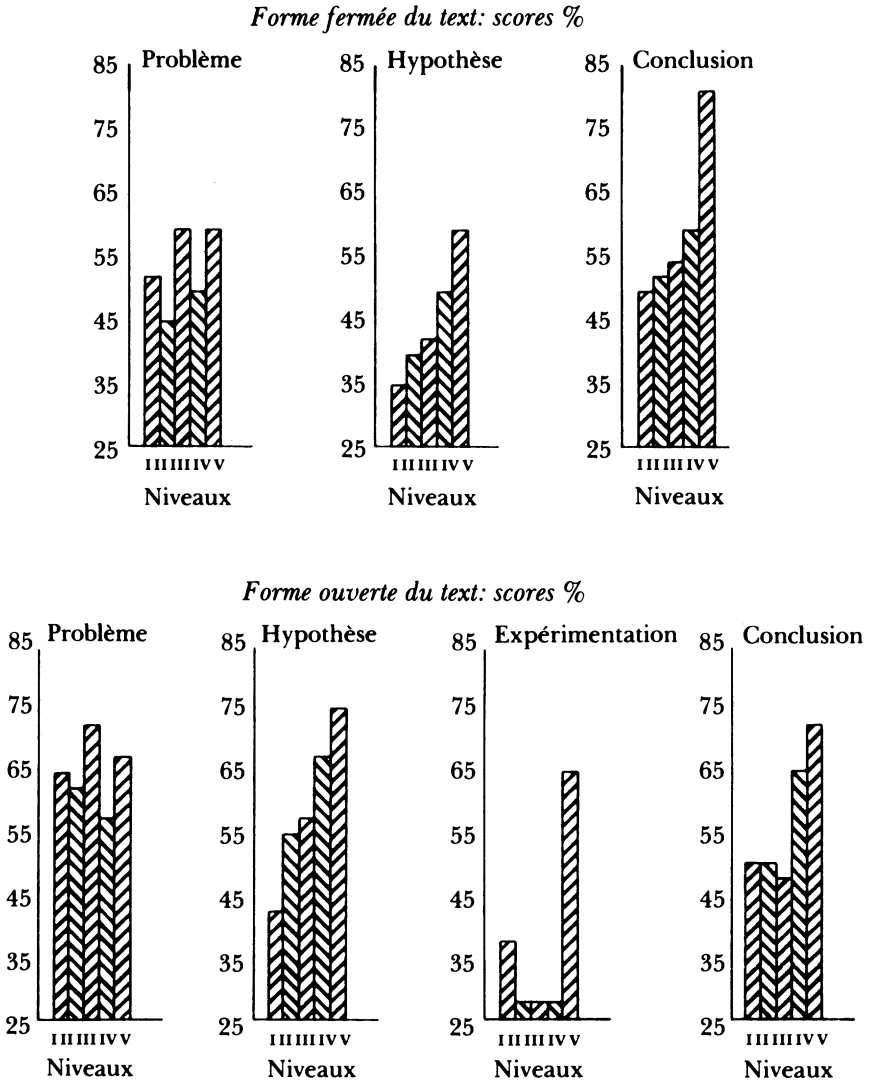
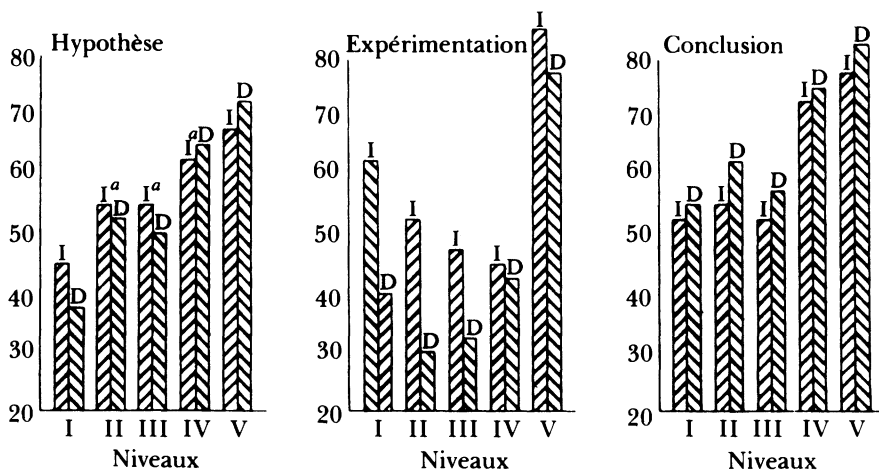


FIGURE 1
Scores % obtenus aux étapes respectives du processus expérimental selon les niveaux et les deux formes du test



^aToutes les différences sont significatives (au seuil de 0,01) entre les scores à l'identification des variables indépendantes (I) et dépendantes (D) sauf dans ces cas.

FIGURE 2

Scores % obtenus aux divers niveaux à l'identification des variables indépendantes (I) et dépendantes (D) de 3 étapes du processus expérimental

tachées à cette démarche), (d) l'habileté à formuler une conclusion et les habiletés de deuxième niveau qui l'accompagnent et (e) l'habileté à énoncer des interpolations et des extrapolations.

La grille de correction de la forme ouverte du test inclut toutes les habiletés de deuxième niveau; celles-ci peuvent être considérées comme autant d'items formant un total de 86. L'alpha de Cronbach de cet ensemble est de 0,94.

Quant à la deuxième question, elle concerne particulièrement l'identification des *variables indépendantes et dépendantes, habiletés de deuxième niveau*. Ainsi, identifier une variable indépendante correspond-il à un concept unique, quelle que soit l'étape où se fait cette opération?

En aucun cas, une habileté de deuxième niveau, comme celle qui consiste à identifier la variable indépendante, n'a été retrouvée dans un facteur particulier. L'habileté à identifier la variable indépendante se retrouve dans tous les facteurs, chacun d'eux représentant une étape particulière de la méthode expérimentale. Il semble qu'il y ait autant d'opérations différentes pour identifier une variable indépendante, par exemple, qu'il y a d'étapes dans le raisonnement scientifique qui exigent cette opération. Les résultats à l'analyse factorielle des items de notre test démontrent qu'on ne peut placer, sous le titre *habiletés intégrées*, "énoncer

une hypothèse et identifier des variables,” comme le font plusieurs auteurs déjà mentionnés.

Parallèlement à l'analyse factorielle effectuée sur les items du test ouvert, nous avons soumis les items du test fermé aux mêmes statistiques. Trois facteurs ont ici été mis en évidence: (a) habileté à formuler un problème, (b) habiletés à conclure et aussi à énoncer deux des quatre hypothèses soumises, (c) habileté à énoncer deux autres des quatre hypothèses. La forme fermée du test présente des items départageant très bien l'habileté *formulation de problèmes et de conclusions*.

Il est à noter que le facteur hypothèse est moins bien délimité dans la forme fermée qu'il ne l'était dans la forme ouverte; nous ne pouvons expliquer ce fait, si ce n'est la faiblesse ou la clarté des choix proposés. Créer des items satisfaisants pour mesurer l'habileté à énoncer des hypothèses s'est avéré très difficile dans toutes nos études sur la méthode expérimentale. Rappelons l'absence de résultats sur la planification de l'expérience à la forme fermée du test; les nombreuses opérations qui traduisent cette habileté ne permettent pas la création d'items satisfaisants.

Corrélation entre les deux formes du test

Les deux formes du test sont-elles en corrélation? De prime abord, nous nous y attendions, étant donné qu'elles portent sur les mêmes faits et posent les mêmes questions. Les coefficients de corrélation pour chacune des étapes des deux formes du test sont les suivants: au problème, $r = 0,451$; à l'hypothèse, $r = 0,592$; et à la conclusion, $r = 0,684$ tous avec une signification $p < 0,001$. Ces valeurs, outre de démontrer une certaine corrélation entre les deux formes du test, indiquent l'interférence très plausible d'habiletés supplémentaires, à tout le moins dans la forme fermée du test, telles que la *reconnaissance* des étapes du processus dans les choix de réponses suggérées, l'analyse, et la *discrimination* des énoncés. De plus, il semble s'ajouter un syndrome du testing, c'est-à-dire l'appréhension de faire un mauvais choix si celui-ci apparaît trop simple et clair. La forme ouverte du test présente aussi ses inconvénients. La difficulté de paraphraser une réponse ou l'omission voulue de la mention de certains points en sont quelques-uns comme l'ont déjà précisé Jungwirth et Dreyfus (1975).

CONCLUSION

Connaître la méthode expérimentale est un impératif de la didactique moderne des sciences. On a fait plusieurs études pour mesurer cet objectif; dans la majorité des cas, les instruments utilisés ont été composés d'items à choix multiple. Ceux-ci mesurent la *reconnaissance* de l'énoncé

qui dépeint le mieux chacune des étapes de la méthode expérimentale. Le principal avantage des tests à choix multiple concerne surtout l'économie de temps à la passation et à la correction. La forme ouverte rend davantage compte des habiletés à *formuler soi-même* les étapes respectives de la méthode expérimentale dans une situation particulière.

Notre étude nous révèle la polyvalence supérieure de la forme ouverte du test sur celle de la forme fermée. En effet, la forme ouverte a l'avantage de nous renseigner sur les opérations (habiletés de deuxième niveau) qui traduisent chacune des étapes (habiletés de premier niveau) de la méthode expérimentale et peut servir ainsi d'outil de diagnostic. En d'autres termes, la forme ouverte du test nous permet de mesurer à la fois les étapes respectives de la méthode expérimentale et les habiletés ou opérations implicites; issues de l'opérationnalisation des termes, ces habiletés de deuxième niveau forment aussi le contenu de nos grilles de correction.

Les tests créés à ce jour pour mesurer les habiletés reliées à la méthode expérimentale portent tous sur des faits scientifiques. Notre test, au contraire, est basé exclusivement sur des faits de la vie courante sans aucun lien avec un curriculum. Le construct des items a servi également aux deux formes du test et il a été conçu à partir de l'opérationnalisation des termes.

Nous avons porté une attention toute particulière à la définition du terme *problème*. Les écrits nous donnent peu de précision et on prend pour acquis que ce terme ne prête à aucune confusion en recherche, ce qui n'est pas le cas. Sa signification est par trop laissée à l'intuition. Les items proposés aux répondants sur cette étape de la méthode expérimentale ne portent que sur des problèmes généraux, ce qui nous permet de mieux différencier cette étape de celle de l'hypothèse; en effet, l'énoncé d'un problème spécifique n'est-il pas la formule interrogative de l'hypothèse? A remarquer que, contrairement aux autres étapes de la méthode expérimentale, l'habileté à formuler un problème ne progresse pas du secondaire I au secondaire V. L'identification d'un problème est une étape très peu appliquée et applicable dans l'enseignement. En général, le professeur amorce l'application de la méthode expérimentale en énonçant lui-même le problème. L'identification du problème a vraiment les caractéristiques d'une *découverte* et exige beaucoup d'imagination où l'observation personnelle demeure le premier maillon d'une série d'autres habiletés.

La rédaction des items en vue de mesurer l'étape *formulation d'hypothèses* s'est avérée la plus difficile. La même constatation peut être faite à l'examen de tests créés par d'autres auteurs.

Les deux formes de notre test ont des corrélations allant de 0,45 pour l'identification d'un problème à 0,68 pour l'énonciation d'une conclusion.

Ces valeurs sont inférieures à celles attendues, étant données les similitudes du construct des deux formes du test. Toutefois, compte tenu du faible nombre d'items, on peut qualifier de satisfaisants ces indices de même que les coefficients d'homogénéité obtenus à l'analyse d'items.

Une des caractéristiques de notre test est sa capacité de bien distinguer chacune des étapes de la méthode expérimentale. En effet, nos résultats à l'analyse factorielle démontrent l'unicité de chacune des étapes et leur appartenance à un facteur particulier.

Nous avons été à même de constater que les habiletés de deuxième niveau définissant les étapes de la méthode expérimentale sont vraiment les habiletés qu'on pourrait qualifier d'"intégrées." De plus, leur point d'intégration dépend du contexte dans lequel elles se trouvent. Ainsi, nous n'avons pu mettre en évidence *une* habileté qu'on pourrait étiqueter d'"identification de la variable indépendante." Identifier la variable indépendante d'une hypothèse, d'une expérimentation, ou d'une conclusion appartient à autant de facteurs. Ce qui nous fait dire qu'on ne peut considérer cette opération comme une habileté unique. Ces résultats font qu'il nous est maintenant difficile de considérer comme *également intégrées* à la méthode expérimentale des habiletés de premier puis de deuxième niveau. Certaines habiletés de deuxième niveau, comme l'identification de la variable indépendante par exemple, sont désignées par le même terme, qu'elles appartiennent ou non à l'une ou l'autre des étapes de la méthode expérimentale. Toutefois l'analyse statistique, particulièrement l'analyse factorielle, démontre que ces habiletés diffèrent suivant l'étape dans laquelle elles interviennent; par exemple, la capacité d'identifier une variable indépendante dans une hypothèse et la capacité d'identifier une variable indépendante lors de la planification d'une expérience semblent correspondre à deux facteurs différents. Serait-ce que certaines de ces situations font surtout appel à l'induction, alors que certaines autres font plutôt appel à la déduction?

Signalons, pour terminer, que notre test peut s'adresser à tout genre de populations tant sa forme est simple et son contenu détaché de toute discipline scientifique. La forme ouverte mesure davantage les capacités d'énoncer les étapes de la méthode expérimentale et rend compte des opérations implicites. Le temps nécessaire à la passation et à la correction peut être facilement planifié. Enfin, le langage utilisé est d'un niveau accessible à tous.

NOTE

- * Cette recherche a été possible grâce à un octroi du Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR) et du Fonds institutionnel de recherche de l'Université de Montréal (CAFIR). Nous remercions nos étudiants en didactique des sciences pour leur contribution à la réalisation de cette recherche.

RÉFÉRENCES

- De Landsheere, G. (1979). *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation*. Paris: Presses universitaires de France.
- Demers, M., & LLull, G. (1982). Trois voies de la didactique des sciences de demain. *Revue des sciences de l'éducation*, 8(2), 313-327.
- Des Lierres, T. (1979). *Mesure des habiletés d'observation et d'interprétation chez les élèves de secondaire I, II et III*. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal.
- Dillashaw, F. G., & Okey, J. R. (1980). Test of the integrated science process skills for secondary science students. *Science Education*, 64(5), 601-608.
- Fayez, A. J. (1983). *Mesure des habiletés liées au processus scientifique chez les futurs maîtres*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal, Montréal.
- Jungwirth, E., & Dreyfus, A. (1975). Concepts of Enquiry-Magic Word or Intellectual Skills. *Journal of research in science teaching*, 12(3), 305-314.
- Kaplan, E. H. (1967). The Burmester test of aspects of scientific thinking as a means of teaching the mechanics of the scientific method. *Science Education*, 51(4), 353-357.
- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in science. In B. S. Bloom, J. T. Hastings, & G. F. Madaus (Eds.), *Handbook on formative and summative evaluation of student learning* (pp. 570-572). New York: McGraw-Hill.
- Livermore, A. (1964). The process approach of the AAAS Commission on Science Education. *Journal of research in science education*, 2, 271-282.
- McLeod, R. J., Berkheimer, G. D., Fyffe, D. W., & Robinson, R. W. (1975). The development of criterion-validated test items for four integrated science processes. *Journal of research in science teaching*, 12(4), 415-421.
- Padilla, M. J., Okey, J. R., & Dillashaw, F. G. (1983). The relationship between science process skill and formal thinking abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(3), 239-246.
- Quillet & Grolier (1967). *Dictionnaire encyclopédique universel* (Tome 3). Montréal: Grolier Limitée.
- Sonnier, I. L. (1982). *Holistics education: Teaching of science in the affective domain*. New York: Philosophical Library.
- Tuckman, B. W. (1978). *Conducting educational research* (2nd ed.). New York: Harcourt Brace Jovanich, Inc.
- West, L. H. T., & Kellett, N. C. (1981). The meaningful learning of intellectual skills: An application of Ausubel's subsumption theory to the domain of intellectual skills learning. *Science Education*, 65(2), 207-219.

Ziel dieser Untersuchung ist der Vergleich zweier Formen eines Tests (offene und geschlossene), der sich auf die einzelnen Schritte der experimentellen Methode bezieht. Zunächst haben wir operationell vier (4) Phasen definiert: Problemartikulation, Formulierung der Hypothese, Versuchsplanung und Schlußfolgerung; die einzelnen Punkte sind kurze Berichte, die sich auf Tatsachen des täglichen Lebens beziehen und, im Hinblick dessen die Testperson entweder ein Problem oder eine Hypothese etc. formulieren soll. In der offenen Testform muß die Testperson selbst den richtigen Wortlaut formulieren. In der geschlossenen Form werden dieselben Tatsachen angeführt, doch die Testperson muß in diesem Fall die richtige Antwort aus fünf (5) möglichen Aussagen wählen. Die zwei Formen des endgültigen Tests erweisen sich als befriedigend. Der Alpha-Index von Cronbach der offenen Form liegt bei 0,805 und der der geschlossenen Form bei 0,748. Auf

der anderen Seite entspricht die Korrelation zwischen den beiden Testformen nicht dem erwarteten Wert; das läßt – zumindest bei der geschlossenen Form – auf die Interferenz zusätzlicher Fähigkeiten schließen, wie z.B. das Erkennen der Phasen und die Unterscheidung der vorgeschlagenen Aussagen. Die faktorielle Analyse bestätigt die Stringenz des “Konstruierten” der Punkte, besonders, was die offene Form angeht. Diese Untersuchung hat uns schließlich dahin geführt, zwei verschiedene Arten von Fähigkeiten, die mit der experimentellen Methode verbunden sind, zu bestimmen, und die man nicht in Übereinstimmung mit den “integrierten Fähigkeiten”, die oft in Arbeiten zur wissenschaftlichen Beweisführung beschrieben werden, bringen kann.

El propósito de esta investigación es comparar las dos formas, abierta y cerrada, de un test sobre las etapas del método experimental. Primero, definimos operacionalmente cuatro (4) etapas: la enunciación del problema, formulación de la hipótesis, planificación del experimento, y conclusión; los items son cortas descripciones de hechos de la vida corriente, acerca de los cuales el sujeto debe formular un problema, una hipótesis, etc. En la forma abierta del test, el sujeto debe expresar el enunciado correcto él mismo. En la forma cerrada, se presentan los mismos hechos, pero el sujeto debe elegir la respuesta correcta de entre cinco (5) enunciados propuestos. Las dos formas del test final demuestran ser satisfactorias. El índice de correlación alfa de Cronbach de la forma abierta es de 0.805 y el de la forma cerrada, 0.748. Por otra parte, la correlación entre las dos formas del test no corresponden al valor esperado, lo que hace suponer que, por lo menos para la forma cerrada, intervienen habilidades suplementarias tales como el reconocimiento de las etapas y la discriminación de los enunciados propuestos. El análisis factorial confirma el rigor de la “construcción” de los items, particularmente en lo que se refiere a la forma abierta. Finalmente, este estudio nos ha llevado a reconocer dos tipos diferentes de habilidades relacionadas al método experimental que no se pueden hacer corresponder a las “habilidades integradas” descritas a menudo en los trabajos relacionados al razonamiento científico.

Marthe Demers est professeur titulaire et Louise Allaire est professeur agrégé à la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, C.P. 6128, Succursale A, Montréal, Québec, H3C 3J7.