

MODÈLE DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES DE PHYSIQUE ET PERFORMANCES DES ÉLÈVES DU LYCÉE AU NIGER

Baba Antimbé COULIBALY

*Université Abdou Moumouni (Niger)
babaantimbeconlibaly@yahoo.fr*

Saïdou MADOUYOU

*Université Abdou Moumouni (Niger)
nassara01@yahoo.fr*

Ibro CHEKARAOU

*Université Abdou Moumouni (Niger)
gadambo2@gmail.com*

Résumé

Cette étude s'inscrit dans un contexte où les élèves rencontrent d'énormes difficultés à résoudre des problèmes de physique. L'objectif de cette recherche est de déterminer l'effet de la mise en œuvre d'un modèle de résolution de problèmes en physique sur les performances des élèves du second cycle du secondaire au Niger. L'échantillon de l'étude est composé de 477 élèves provenant de six écoles sélectionnées, dont une école privée. Les élèves du groupe expérimental ont été formés par leurs enseignants à l'utilisation de ce modèle, tandis que ceux du groupe de contrôle n'ont reçu aucune formation de ce type. L'étude a utilisé une approche quasi-expérimentale et quantitative en trois phases distinctes : pré-test, mise en œuvre et post-test. Des tests paramétriques (test t) et non paramétriques (test U), ainsi que la méthode de la différence des différences, ont été utilisés pour déterminer l'effet de la mise en œuvre entre les tests en résolution de problèmes. Les résultats ont révélé une différence significative entre les progrès réalisés par les deux groupes. En effet, les élèves à qui le modèle a été enseigné ont montré une plus grande amélioration de leurs performances en résolution de problèmes de physique que ceux à qui il n'a pas été enseigné. Ces résultats impliquent que la mise en œuvre du modèle de résolution de problèmes de physique peut réduire les difficultés rencontrées par les élèves et contribuer ainsi à la réduction de l'échec dans cette discipline au Niger.

Mots-clés : effet, mise en œuvre, modèle de résolution, problème de physique, Niger

Abstract

This study took place in a context where students encounter enormous difficulties in solving physics problems. The objective of this research is to determine the effect of implementing a problem-solving model in physics on the performance of high school students in Niger. The study sample consisted of 477 students from six selected schools, among which one private school. Students in the experimental group were trained

by their teachers on how to use this model, while the control group received no such training. The study used a quasi-experimental and quantitative approach in three distinct phases: pre-test, implementation and post-test. Parametric and non-parametric tests (t-test and U-test), as well as the difference-in-differences method, were used to determine the effect of implementation between problem-solving tests. The results revealed a significant difference between the progress made by the two groups. Therefore, students who were taught the model showed greater improvement in their performance in solving physics problems than those who were not. These results imply that the implementation of the physics problem-solving model can reduce the difficulties encountered by physics students high school in Niger, thus reducing failure in the subject.

Key words: *effect, implementation, resolution model, physics problem, Niger*

Introduction

Les didacticiens ont orienté certains de leurs travaux de recherche sur la résolution de problèmes, spécifiquement leurs finalités, l'analyse des productions ainsi que les différentes stratégies et modèles de résolution de problèmes (Boilevin, 2013 : 67). De par son importance et des difficultés majeures auxquels les élèves sont confrontés, les programmes scolaires ont tenu compte de la notion de résolution de problèmes (Barrouillet & Camos, 2002 : 23-24). En effet, la résolution de problèmes est une activité complexe qui nécessite beaucoup d'étapes (Ouasri, 2022 : 189-190). Cependant l'échec généralisé des élèves en résolution de problèmes doit être placé principalement sous la responsabilité de la didactique habituelle (Dumas-Carré et *al.*, 1989). Dans cette perspective, beaucoup d'études ont porté sur la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des modèles de résolution de problèmes.

Hanin et Van Nieuwenhoven (2016) ont évalué un dispositif pédagogique (modèle) dans un établissement. Ce modèle vise à faciliter la résolution de problèmes mathématiques. Les résultats montrent seulement une légère augmentation des performances des élèves du groupe expérimental mais mieux que ceux du groupe de contrôle. Ce léger progrès s'explique, selon les auteurs, par la courte durée de la mise en œuvre.

À la suite de cette étude, Hanin et Van Nieuwenhoven (2018) ont expérimenté un dispositif d'enseignement-apprentissage en résolution de problèmes mathématiques. Cette étude vise à évaluer l'évolution des comportements cognitifs, métacognitifs, motivationnels et émotionnels d'un résolveur novice et expert. Deux élèves, un novice et un expert ont participé à l'étude. Les résultats indiquent un progrès considérable chez

le premier et un enrichissement de compétences en résolution de problèmes plus complexes chez le second.

Sous un autre angle, Hanin et Van Nieuwenhoven (2019) ont expérimenté un dispositif visant l'expertise en résolution de problèmes chez un apprenant. Ils ont donc analysé à travers une étude de cas le rôle des régulations interactives entre les élèves en vue d'améliorer leurs performances en résolution de problèmes. Le dispositif a été mis en œuvre pendant 7 semaines. L'analyse a consisté à croiser les productions écrites et les justifications orales du participant. Les résultats montrent une amélioration progressive du niveau de l'apprenant vers l'expertise en résolution de problèmes.

Toutes ces études portant sur la mesure de l'effet d'un modèle (ou dispositif pédagogique) de résolution de problèmes ne permettent pas de faire une extrapolation dans le contexte nigérien car les dispositifs évalués sont différents.

1. Problématique

La résolution de problèmes est une épreuve ardue pour les élèves (Houdement, 2017 : 3), leur causant ainsi des découragements et des échecs (Perez, 2020 : 320). Les enseignants ne sauraient être déchargés de la responsabilité de ces échecs. En effet, pour Coulibaly *et al.* (2024 : 106), les enseignants de physique au second cycle du secondaire au Niger ne jouent pas pleinement le rôle "modèle". Plus explicitement, ils ne montrent pas en détail à leurs élèves comment s'y prendre pour résoudre un problème de physique. Pour accomplir ce rôle, il leur faut un modèle efficace de résolution de problèmes. Afin de pallier ce problème, nous avons conçu et mis en œuvre un Modèle de Résolution de Problèmes de Physique (MOREPP) dans l'enseignement secondaire au Niger. Cependant l'effet de la mise en œuvre de ce modèle n'est pas encore déterminé. C'est dans ce cadre que nous avons formulé l'objectif de cette étude : déterminer l'effet de la mise en œuvre de notre modèle de résolution de problèmes de physique sur les performances des élèves du second cycle du secondaire au Niger. Notre question de recherche est : Quel est l'effet de la mise en œuvre de ce modèle sur les performances des élèves en résolution de problèmes de physique ?

Ainsi, nous supposons, de façon générale, que la mise en œuvre du modèle améliore les performances des élèves en résolution de

problèmes de physique. Notre étude consiste donc à vérifier de façon spécifique deux hypothèses : i) Les performances des élèves du groupe expérimental en résolution de problèmes s'améliorent après la mise en œuvre du modèle. ii) Les performances des élèves du groupe expérimental s'améliorent mieux que celles des élèves du groupe de contrôle.

2. Cadre théorique

Le Modèle de Résolution de Problèmes de Physique (MOREPP) mis en œuvre est une synthèse des modèles suivants : Polya (1957), Schoenfeld (1985) et Bransford & Stein (1987) cités dans (Perez, 2020), Dumas-Carré *et al.* (1989, 1992) et Gok (2010).

Théoriquement, cette étude se base, d'une part sur le modèle de Polya (1957) constitué de quatre étapes : comprendre le problème, élaborer un plan de résolution, exécuter un plan de résolution et vérifier la solution. Notre modèle (MOREPP) se base donc sur ces quatre étapes. D'autre part, elle se base sur l'enseignement stratégique de Tardif (1997).

D'après Tardif (1997 : 21), l'enseignement se définit comme la science de la construction du savoir. Il caractérise une stratégie comme « la planification et la coordination d'un ensemble d'opérations dans le but d'atteindre efficacement un objectif ». Dans cette perspective, l'enseignement stratégique se présente comme une approche qui assure un soutien systématique et un encadrement rigoureux de la construction des connaissances par l'élève. Tardif (1997 : 22) identifie trois phases essentielles dans le processus d'apprentissage : l'enseignement dirigé, la pratique guidée et la pratique autonome. Notre étude se focalise sur le premier processus (l'enseignement dirigé). Tardif (1997 : 299) souligne que l'enseignant stratégique a pour mission de « montrer à l'élève comment traiter les informations d'une façon indépendante et efficace, comment penser d'une façon efficace et indépendante ». C'est en ce sens que cet auteur a considéré le rôle modèle parmi les six rôles d'un enseignant stratégique. Cela implique, dans le cadre de la résolution de problèmes, que l'enseignant doit fournir à l'élève un modèle de résolution de problèmes. Pour Coulibaly *et al.* (2024 : 105), « l'enseignant stratégique doit être capable de montrer à l'élève comment s'y prendre en résolution de problèmes. Il doit lui donner un modèle auquel il se réfère pour réaliser les tâches qui lui ont été soumises ». Il faut donc

s'assurer, au préalable, que le modèle est efficace. Notre étude s'inscrit dans cette approche en étudiant l'efficacité du MOREPP. Ce modèle comprend des étapes et des sous-étapes qui sont :

Étape 1 : Comprendre le problème

- Lire et relire le problème ;
- Identifier les inconnus ;
- Distinguer les données utiles des données inutiles ;
- Faire un schéma ;
- Reformuler le problème ;
- Identifier les lois ou les principes en lien avec le problème ;
- Traduire ces lois ou principes en expressions mathématiques ;
- Identifier les contraintes ;
- Relire le problème et vérifier sa propre compréhension du problème.

Étape 2 : Élaborer un plan de résolution

- Formuler des hypothèses si nécessaires ;
- Choisir une stratégie heuristique (analyse moyen-fin, analogie ou essai-erreur) ;
- Formuler des sous-problèmes ;
- Élaborer pour chaque sous-problème un plan de résolution ;
- Vérifier la pertinence et la cohérence des sous-problèmes ;
- Formuler un ou d'autres sous-problèmes pertinents et cohérents ;
- Choisir les meilleurs sous-problèmes ;
- Concevoir un plan détaillé de résolution ;
- Essayer de faire une analyse critique du plan élaboré et corriger si nécessaire.

Étape 3 : Exécuter un plan

- Établir les expressions littérales ;
- Mettre les valeurs des grandeurs en unités convenables (le plus souvent en unités du système international) ;

- Effectuer les calculs numériques ;
- Réeffectuer les calculs numériques de manière différente à la précédente puis refaire ce même calcul une troisième fois si nécessaire ;
- Mentionner l'unité de la grandeur et vérifier son exactitude.

Étape 4 : Vérifier la solution

- S'assurer de l'exactitude des démarches entreprises et procéder à des corrections, si nécessaire ;
- Vérifier l'ensemble des étapes de la résolution ;
- Vérifier si le but du problème est atteint ;
- Vérifier si toutes les données utiles ont été utilisées.

3. Méthodologie

Cette étude est une recherche quasi-expérimentale avec une approche quantitative. Elle concerne les élèves des séries C et D du second cycle du secondaire (2^{de}, 1^{ère} et terminale). Ces élèves proviennent de six établissements (dont un établissement privé) de deux villes du Niger (Niamey et Dosso). Nous avons utilisé la technique d'échantillonnage probabiliste. Le type d'échantillonnage utilisé est l'échantillonnage à plusieurs degrés. Le premier degré est le choix des villes (Niamey et Dosso). Le deuxième degré est le choix des établissements. Le dernier degré est le choix des classes dont les enseignants en charge de l'enseignement de physique-chimie ont signé notre fiche de consentement éclairé.

Nous avons utilisé la formule suivante de Krejcie et Morgan (1970) pour calculer la taille minimale de l'échantillon :

$$n = \frac{X^2 \cdot N \cdot P(1-P)}{e^2(N-1) + X^2 \cdot P(1-P)} = 382; \text{ avec } X=1,96 ; N=59837 ; P=0,5 ; e=0,05$$

La taille minimale de l'échantillon est 382, mais nous avons adopté une taille plus grande car certains participants peuvent abandonner l'étude avant sa fin. L'échantillon est donc composé de 477 élèves répartis en groupe expérimental (234 élèves) et groupe de contrôle (243 élèves).

Chaque niveau (2^{de}, 1^{ère}, et terminale) est représenté dans les deux groupes. Ainsi, notre recherche a concerné au total quatorze classes.

Cette recherche comporte trois étapes : le pré-test, la mise en œuvre et le post-test. Le pré-test consiste à soumettre un problème de physique aux élèves participants afin de déterminer leur performance individuelle (note chiffrée sur dix points). Les participants d'un même niveau sont soumis au même problème. La durée de chaque test est de 30 minutes. Les thèmes sur lesquels portent les problèmes des niveaux 2^{de}, 1^{ère} et terminale sont respectivement l'électrocinétique (loi de mailles), la mécanique (énergie cinétique) et la vibration (propagation vibratoire).

La phase de mise en œuvre consiste dans un premier temps à former les enseignants à notre modèle de résolution de problèmes pendant une journée. Dans un second temps, les enseignants formés enseignent aux élèves du groupe expérimental ledit modèle pendant quelques semaines (4 à 6 selon les écoles) lors des séances de résolution de problèmes. Ces derniers appliquent le modèle sous la supervision de leurs enseignants pour résoudre des problèmes.

Le post-test consiste à soumettre aux élèves après la mise en œuvre, un autre test portant sur la résolution de problèmes. La durée du test et les thèmes des contenus sur lesquels portent les problèmes, restent inchangés.

Après les trois phases, nous avons corrigé les copies et procédé à l'analyse statistique des données (les notes chiffrées des élèves) avec le logiciel SPSS version 25. Nous avons choisi le test t pour tester nos hypothèses. Les tests d'hypothèse permettent « de mesurer l'effet d'une variable indépendante sur une variable dépendante, en fonction du nombre d'échantillons et en fonction de la nature des variables étudiées » (Carricano et *al.*, 2010 : 41).

Ainsi, nous avons utilisé le test t à échantillons appariés pour comparer les moyennes des élèves du groupe expérimental en pré-test et posttest. Ce test a pour but de vérifier notre première hypothèse. Aussi, nous avons choisi le test t pour échantillons indépendants pour comparer les progressions du groupe expérimental et du groupe de contrôle. Ce test statistique a pour but de vérifier notre deuxième hypothèse. Pour ce faire, nous avons d'abord vérifié les conditions de réalisation du test t qui sont la normalité et l'homogénéité. Puisque ces conditions ne sont pas remplies, nous avons effectué le test non paramétrique à échantillons

indépendants (test U de Mann-Whitney). Ce test est « la version non paramétrique du test t paramétrique » (McKnight & Najab, 2010 : 1).

Pour nous assurer que les deux groupes ont des performances semblables au pré-test, nous avons fait la comparaison en utilisant encore le test U de Mann-Whitney. Puisqu'il y avait déjà une différence significative entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle au pré-test, nous avons alors appliqué la méthode de différence des différences pour interpréter les résultats des test U. Plusieurs auteurs (Gertler & *al.*, 2011 ; Bozio, 2018 ; Chaudey & Dessertine, 2018 ; Maatala, 2018 ; Nkoumou Ngoa, 2020 ; Ronchetti & Terriau, 2020 et Housni & Hasnaoui, 2023) ont utilisé cette méthode dans leurs études quasi-expérimentales. Selon White et Sabarwal (2014 : 8) :

La méthode de la double différence (DID), aussi appelée méthode de la "différence de différence", évalue l'impact en comparant les changements en matière d'effets directs observés au fil du temps entre le groupe expérimental et le groupe témoin ... L'application de la méthode DID efface la différence de résultat initiale entre le groupe expérimental et le groupe témoin.

Afin d'appliquer cette méthode, nous avons comparé aussi les moyennes des élèves du groupe de contrôle en pré-test et post-test. Cette comparaison a pour but de vérifier si les performances des élèves du groupe de contrôle aussi ont évolué entre le pré-test et le post-test.

4. Résultats

Le tableau 1 présente les résultats du test des échantillons appariés pour le groupe expérimental et le groupe de contrôle. Il s'agit des résultats concernant l'évolution des performances de chaque groupe (expérimental et contrôle) entre le pré-test et le posttest.

Tableau 1 : Tests des échantillons appariés

		Différences appariées (Intervalle de confiance de la différence à 95 %)		t	ddl	Sig. (bilatéral)
		Inférieur	Supérieur			
Note post-test - Note pré- test	Groupe expérimental	1,980	3,053	9,254	179	0.000
	Groupe de contrôle	0,680	1,416	5,618	186	0.000

Source : auteurs

Les performances des élèves de chaque groupe augmentent s'améliorent significativement entre le pré-test et le post-test. Le tableau 2 montre les résultats de la comparaison entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle aux deux tests. Il y a une différence significative entre les deux groupes et au pré-test et au post-test. De façon plus précise, les élèves du groupe expérimental ont des performances meilleures dans chaque test comparativement à ceux du groupe de contrôle.

Tableau 2 : Tests non paramétriques (Test de Mann-Whitney)

	Note posttest	Note pré-test
U de Mann-Whitney	10646,000	12103,000
W de Wilcoxon	28224,000	29681,000

Z	-6,182	-4,940
Sig. asymptotique (bilatérale)	0,000	0,000

Source : auteur

Le tableau 3 présente le résultat de la différence de différences qui permet de confirmer le test non paramétrique. Les élèves du groupe expérimental ont réalisé des progrès plus considérables dans l'amélioration de leurs performances que ceux du groupe de contrôle.

Tableau 3 : Différence de différences (DiD)

Groupes	Moyenne au pré-test	Moyenne au post-test	Écart de moyennes	Différence de différences
Groupe expérimental	2,04	4,23	+2,19	DiD=2,19-1=+1,19
Groupe contrôle	1,29	2,29	+1	

Source : auteur

5. Discussions

La présente étude a vérifié une hypothèse double selon laquelle les élèves ayant suivi un enseignement sur notre modèle de résolution de problèmes de physique améliorent leurs performances et mieux que ceux du groupe de contrôle.

Les résultats montrent que les performances des élèves du groupe expérimental et du groupe de contrôle s'améliorent significativement ($p=0.000$) entre le pré-test et le post-test (cf. tableau 1). Ce qui signifie que même pour le groupe de contrôle, les notes des élèves au post-test sont meilleures que celles du pré-test. En effet, même à l'absence de la mise en œuvre du modèle, les performances des élèves s'améliorent légèrement. Ce résultat s'explique par le fait que nous avons administré le pré-test et le post-test respectivement comme une évaluation

formative et une évaluation sommative. Entre ces deux tests, les élèves apprennent davantage sur le thème (auquel porte le problème) et corrigent certaines erreurs.

Toutefois, les performances des élèves du groupe expérimental sont meilleures que celles des élèves du groupe de contrôle et au pré-test et au posttest (cf. tableau 2). Ce résultat signifie que les élèves du groupe expérimental et ceux du groupe de contrôle ont déjà des performances différentes avant la mise en œuvre du modèle. Cette différence initiale de performances s'explique par le principe de la méthode quasi-expérimentale. Dans cette méthode, il n'y a pas de randomisation. De façon plus explicite, les participants du groupe de contrôle ne sont pas choisis aléatoirement. Il arrive donc qu'un biais de sélection soit introduit. Ce biais est corrigé en adoptant la méthode de différence de différences. En fait cette méthode a permis d'annuler l'effet de l'avance (au pré-test) du groupe expérimental sur le groupe de contrôle et de ne mettre en évidence que l'effet de la mise en œuvre du modèle de résolution de problèmes. La différence de différences étant positive (+1,19), nous avons conclu que le groupe expérimental a progressé mieux que le groupe de contrôle de 1,19 point entre le pré-test et le post-test. Le test de Mann-Whitney (cf. tableau 2) confirme que cette différence de performance est significative. Notre hypothèse générale selon laquelle la mise en œuvre de notre modèle de résolution de problèmes de physique améliore les performances des élèves en résolution de problèmes de physique est donc confirmée. En effet, les élèves du groupe expérimental ont appris à comprendre d'abord le problème à résoudre avant toute autre initiative, ensuite, élaborer un plan de résolution détaillé, exécuter ce plan en effectuant les calculs littéraux et les calculs numériques et en fin, vérifier la solution de plusieurs façons. Cependant les élèves du groupe de contrôle n'ont pas appris à appliquer une telle démarche. La différence entre les deux groupes d'élève réside au niveau de l'organisation des étapes de résolution. Nous affirmons alors qu'un élève qui adopte un modèle de résolution de problèmes comme le nôtre a plus de chances de réussir à résoudre un problème qu'un autre qui n'adopte aucune.

Nos résultats sont similaires à ceux d'Hanin et Van Nieuwenhoven (2016, 2018 et 2019). Ces études ont déterminé les effets de la mise en œuvre des dispositifs pédagogiques de résolution de problèmes. Les effets sont tous positifs et permettent aux élèves

d'améliorer leurs performances en résolution de problèmes. Même si les méthodologies, le cycle d'étude des élèves, la taille des échantillons de ces études sont différentes des nôtres, nos résultats sont convergents.

La présente étude confirme ainsi l'efficacité de notre modèle de résolution de problèmes de physique (MOREPP). Elle contribue à pallier aux difficultés rencontrées par les élèves et par conséquent à l'amélioration de leurs performances en physique. Elle répond donc à la problématique soulignée par Dumas-Carré et *al.* (1989) concernant la responsabilité de la didactique à l'échec des élèves en résolution de problèmes.

Cette recherche enrichit l'enseignement stratégique de Tardif (1997) en mettant à la disposition des enseignants de physique, un modèle efficace de résolution de problèmes de physique. Ainsi, les enseignants peuvent pleinement accomplir le rôle "modèle" dans l'enseignement stratégique. Plus explicitement, en intégrant le MOREPP dans leur pratique, les enseignants de physique seront en mesure de mener à bien la phase "pratique guidée" de l'enseignement stratégique. Par conséquent, cette pratique permet non seulement aux élèves d'améliorer non seulement leurs performances académiques, mais aussi à les préparer à des situations réelles où la résolution de problèmes est essentielle. En effet, les compétences acquises en enseignement de la résolution de problèmes de physique sont transférables à d'autres disciplines et à des contextes de la vie quotidienne. Ce modèle contribue donc à préparer les élèves à avoir un esprit critique et être des solveurs efficaces de problèmes.

Conclusion

La présente recherche expérimentale a déterminé l'effet d'un Modèle de Résolution de Problèmes de Physique (MOREPP) sur les performances des élèves du second cycle du secondaire au Niger. Ce modèle comprenant quatre étapes (compréhension de problèmes, élaboration de plan, exécution de plan et vérification de solution) vise à faciliter l'opérationnalisation de la phase "pratique dirigée" de l'enseignement stratégique. Déclinée en trois phases qui sont le pré-test, la mise en œuvre et le post-test, cette étude a adopté une approche quantitative qui a permis de constituer un échantillon de deux groupes

(groupe expérimental et groupe de contrôle). Les élèves ayant bénéficié de la mise en œuvre du modèle (groupe expérimental) ont amélioré leurs performances mieux que les non bénéficiaires (groupe de contrôle). Ce modèle s'avère donc efficace pour réduire les difficultés auxquels les élèves sont confrontés lors de la résolution de problèmes de physique. Ainsi, il contribue à développer leurs compétences en résolution de problèmes de physique et par conséquent à réduire leurs échecs en physique. Aussi, il contribue à la mise en œuvre correcte de l'enseignement stratégique par les enseignants ; bref, à améliorer leurs pratiques de classe. À cet effet, nous recommandons la formation des enseignants à ce modèle et son insertion dans les instructions officielles de physique-chimie au secondaire au Niger.

Références

Barrouillet Pierre et Camos Valérie (2002), « Savoirs, savoir-faire arithmétiques, et leurs déficiences, Rapport pour le Ministère de la Recherche, http://leadserv.u-bourgogne.fr/IMG/doc/2003_Kail.doc, consulté le 30 août 2024.

Boilevin Jean-Marie (2013), *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants : regards didactiques*, Bruxelles, De Boeck Supérieur.

Bozio Antoine (2018), « Les méthodes d'évaluation des politiques publiques », *Idées économiques et sociales*, 2, 28-33, <https://www.cairn.info/revue-idees-economiques-et-sociales-2018-3-page-28.htm>, consulté le 30 août 2024.

Carricano Manu, Pujol Fanny et Bertrandias Laurent (2010), *Analyse de données avec SPSS*, Paris, Pearson Education France.

Chaudey Magali et Dessertine Marion (2018), « Impact sur l'emploi de la participation aux projets de R&D des pôles de compétitivité », *Méthode et résultats*, Revue d'économie industrielle, 162, 73-98, <https://journals.openedition.org/rei/7061>, consulté le 30 août 2024.

Coulibaly Baba Antimbé, Madougou Saïdou et Chekaraou Ibro (2024), « Rôles didactiques de l'enseignant en travaux dirigés de résolutions de problèmes de physique au lycée », *Quatorzième symposium malien sur les sciences appliquées*, Bamako, 2, msas editions, 102-107.

Dumas-Carré André, Goffard Monique et Gil-Perez Daniel (1992), « Difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de

résolution de problèmes », *Aster*, 14, <https://doi.org/10.4267/2042/9085>, consulté le 30 août 2024.

Dumas-carré André, Caillot Michel, Martinez-Torregrossa Joaquin et Gil-Perez Daniel (1989), « Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse », *Aster*, 9, <https://doi.org/10.4267/2042/9158>, consulté le 30 août 2024.

Gertler Paul J, Martinez Sebastian., Premand, Patrick., Rawlings Laura B et Vermeersch Christel M J (2011), « L'évaluation d'impact en pratique », World Bank Publications, consulté le 30 août 2024.

Gok Tolga (2010), « The general assessment of problem solving processes and metacognition in physics education », *International Journal of Physics & Chemistry Education*, 2, 2, 110-122, <https://www.ijpce.org/index.php/IJPCE/article/download/186/151>, consulté le 30 août 2024.

Hanin Vanessa, Van Nieuwenhoven Catherine (2019), « Rôle des régulations interactives entre pairs dans le développement d'une démarche experte et réflexive de résolution de problèmes : une étude de cas », *Évaluer. Journal international de Recherche en Éducation et formation*, 5, 87, https://dial.uclouvain.be/downloader/downloader.php?pid=boreal%3A242910&datastream=PDF_01&disclaimer=73121e3d5fc724b1ee5977b1856bf1c942754dac0a9c50055e0ce9a7fd1f5690, consulté le 30 août 2024.

Hanin Vanessa, Van Nieuwenhoven Catherine (2018), « Évaluation d'un dispositif d'enseignement-apprentissage en résolution de problèmes mathématiques : Évolution des comportements cognitifs, métacognitifs, motivationnels et émotionnels d'un résolveur novice et expert », *Évaluer. Journal international de recherche en éducation et formation*, 4, 1, 37-66.

Hanin Vanessa, Van Nieuwenhoven Catherine (2016), « Évaluation d'un dispositif pédagogique visant le développement de stratégies cognitives et métacognitives en résolution de problèmes en première secondaire », *Évaluer. Journal international de Recherche en Education et Formation*, 2, 1, 53-88, <https://journal.admee.org/index.php/ejiref/article/download/72/42>, consulté le 30 août 2024.

Houdement Catherine (2017), « Résolution de problèmes arithmétiques à l'école », *Grand N, Revue de mathématiques, de sciences et*

technologie pour les maîtres de l'enseignement primaire, 100, <https://hal.science/hal-01902810/document>, consulté le 30 août 2024.

Housni Said et Hasnaoui Rachid, (2023), « Essai d'analyse comparative des méthodes d'évaluation de l'impact des politiques publiques, *Alternatives Managériales Economiques*, 5, 3, 497-513, <https://revues.imist.ma/index.php/AME/article/download/41952/21554>, consulté le 30 août 2024.

Krejcic Robert V, Morgan Daryle W (1970), « Determining sample size for research activities », *Educational and psychological measurement*, 30, 3, 607-610.

Maatala Nassreddine (2018), Impact du partenariat public-privé pour la délégation de gestion du service de l'eau d'irrigation : Cas du projet El Guerdane dans la région du Souss-Massa, Thèse, Université de Liège, Belgique,

https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/225674/1/MAATALA-N_Th%0c3%0a8se_Gembloux.pdf, consulté le 30 août 2024.

McKnight Patrick. E et Najab Juluis (2010), « Mann-Whitney U Test », *The Corsini encyclopedia of psychology*, 1-1.

Nkoumou Ngoa, Gaston Brice (2020), « Gratuité des soins et utilisation des services de santé maternelle – une analyse d'impact au Sénégal », *L'Actualité économique*, 96, 2, 159–193, <https://doi.org/10.7202/1076510ar>, consulté le 30 août 2024.

Ouasri Ali (2022), *L'apprentissage en résolution de problèmes : acquisition des connaissances et des compétences*, Belgique, Le livre en papier.

Perez Luis Ernesto Hernandez (2020), « Abordaje teórico de la resolución de problemas matemáticos desde los postulados de Polya. Sinopsis educativa », *Revista venezolana de investigación*, 20, 318-326, https://revistas-historico.upel.edu.ve/index.php/sinopsis_educativa/article/viewFile/8649/5232, consulté le 30 août 2024.

Ronchetti Jérôme et Terriau Anthony (2020), « L'impact du chômage sur l'état de santé, *Revue économique*, 71(5), 815-839 », https://www.researchgate.net/profile/Jerome-Ronchetti/publication/337399123_L'impact_du_chomage_sur_l'etat_d_e_sante/links/5dd55368458515cd48afbc2b/L'impact-du-chomage-sur-letat-de-sante.pdf, consulté le 30 août 2024.

Ronchetti Jérôme et Terriau Anthony (2020), « L'impact du chômage sur l'état de santé, *Revue économique*, 71(5), 815-839 », https://www.researchgate.net/profile/Jerome-Ronchetti/publication/337399123_L'impact_du_chomage_sur_l'etat_d_e_sante/links/5dd55368458515cd48afbc2b/L'impact-du-chomage-sur-letat-de-sante.pdf, consulté le 30 août 2024.

Tardif Jacques (1997), *Pour un enseignement stratégique, l'apport de la psychologie cognitive*, Montréal, Les éditions logiques.

Tardif Jacques (1997), *Pour un enseignement stratégique, l'apport de la psychologie cognitive*, Montréal, Les éditions logiques.

White Howard et Sabarwal Shagun (2014), « Méthodes et modèles quasi expérimentaux », UNICEF, New York.