

Analyse d'un dispositif de formation professionnelle en métrologie pour le travail

JAMILA MIMOUNI, CHIRAZ BEN KILANI

*Institut Supérieure de l'Éducation
et de la Formation Continue
Université Virtuelle de Tunis
Tunisie
mimouni_djamyala@yahoo.fr
chiraz.kilani@yahoo.fr*

ABSTRACT

Metrology, or the science of measurement, plays a very important role in many professional fields. It is the backbone that guarantees accurate results and reliable products and services. To ensure effective training in metrology, it is essential to design appropriate teaching and appropriate techniques. In this article, we aim to bring visibility to the empirical realities of vocational training in metrology for work. We situate ourselves within the framework of vocational didactics. Drawing on the key concepts of this theoretical framework, we seek to understand how the organization of this type of training promotes learning and meets work needs in terms of developing participants' metrological skills in a professional context. As an example, in this study, we have analyzed a training session entitled "Estimation of measurement uncertainties for physicochemical tests".

KEYWORDS

Vocational training, training systems, apprenticeships, skills development, measurement uncertainty

RÉSUMÉ

La métrologie ou la science de la mesure, occupe un rôle très important dans de nombreux domaines professionnels. En effet elle représente l'épine dorsal qui garantit des résultats précis, des produits et des services fiables. Pour assurer une formation efficace en matière de métrologie, il est indéniable de concevoir des dispositifs pédagogiques et techniques appropriés. Dans cet article, nous visons à apporter de la visibilité aux réalités empiriques de la formation professionnelle en matière de métrologie pour le travail. Nous nous situons dans le cadre de la didactique professionnelle. En nous appuyant sur les concepts clés de ce cadre théorique, nous cherchons à comprendre comment l'organisation de ce genre de formation favorise l'apprentissage et répond aux besoins de travail en termes de développement de compétences métrologiques des participants dans un contexte professionnel. Nous avons pris comme exemple dans cette étude d'analyser une séance de formation intitulé « Estimation des incertitudes de mesure pour les essais physico-chimiques ».

MOTS-CLÉS

Formation professionnelle, dispositif de formation, apprentissage, développement de compétence, incertitude de mesure

INTRODUCTION

La métrologie est une discipline complexe, son enseignement se fait par le découpage en champs de savoirs spécialisés tel que la validation, la traçabilité, l'étalonnage et la vérification, le calcul et l'estimation de l'incertitude de mesure, etc. En fait, elle joue un rôle essentiel dans de nombreux domaines professionnels où des mesures précises sont nécessaires. Que ce soit dans l'industrie, les laboratoires d'analyses ou de recherches, la santé ou dans d'autres domaines, une pratique métrologique rigoureuse est essentielle pour garantir la fiabilité des résultats et la conformité des méthodes de mesure aux normes de qualité. L'enseignement de la métrologie nécessite une expertise technique et des connaissances spécifiques de la part des enseignants, un lien très fort et indispensable à l'expérimentation en plus de la nécessité de faire des travaux dirigés et l'obligation de faire enseigner les guides et les normes de qualité. Or la formation universitaire en matière de métrologie en Tunisie est trop basique, théorique et parfois quasi-absente (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2016). Afin de développer et renforcer les compétences des employés, des dispositifs de formations sont mis en place dans le but de doter les travailleurs des compétences et des habilités nécessaires pour effectuer des mesures précises, savoir interpréter les résultats et surtout à prendre des décisions éclairées basées sur des mesures précises. Dans cet effet, nous examinons en détail un dispositif de formation en métrologie pour le travail et nous analysons son efficacité à travers le cadre théorique de la didactique professionnelle.

CADRE THÉORIQUE

La didactique professionnelle

La didactique professionnelle est une approche théorique qui met l'accent sur l'analyse et la conception des situations d'apprentissage dans les cadres professionnelles. En fait c'est un cadre qui se centre beaucoup sur la spécificité des compétences professionnelles et insiste sur l'importance de l'apprentissage dans le contexte de travail. « La didactique professionnelle a toujours tenu un fil rouge qui n'a pas changé depuis un quart de siècle : analyser l'activité des hommes au travail pour aider au développement de leurs compétences » (Pastré, 2011, p. 1).

Pailhous signale que le développement des adultes constitue un point aveugle entre les théories de traitement de l'information et les théories ontogénétiques (Pastré, 2011). Les travaux de Donald Schön à propos du développement professionnel consistent à « penser l'action professionnelle au plus près, y compris dans ses composantes les moins visibles ». Cette théorie met l'accent sur l'apprentissage des professionnels qui se produit dans leur pratique au travail réel. Schön considère le développement des compétences professionnel en tant qu'un processus continu qui se fait sous la lumière de deux composantes : la réflexion de l'acteur sur son action et l'expérimentation de nouvelles stratégies au travail réel. Selon cette approche, les dispositifs de formation qui intègrent la composante de réflexivité, de partage d'expériences au travail et d'expérimentation pratique sont des dispositifs qui favorisent le développement de compétences chez les professionnels. Toujours dans le même propos, David Kolb a développé la théorie de l'apprentissage expérientiel, cette théorie se centre sur l'apprentissage qui provient de l'expérience professionnelle et de l'expérimentation pratique, l'observation réfléchie, la conceptualisation abstraite et l'expérimentation active. Selon Kolb, « l'apprentissage expérientiel suppose une double relation du savoir par rapport à l'expérience : d'une part, le savoir tire son origine des expériences vécues ; d'autres part, il se valide dans de nouvelles expériences vécues » (Kolb, 1984, p. 27).

Pour définir la notion de compétence, nous nous sommes trouvées dans la complexité du grand nombre de définitions attribuées dans la littérature. Pour Montmollin (1984, p. 122)

« les compétences sont des ensembles stabilisés de savoirs et des savoirs faire, de conduites types, de procédures standard, de types de raisonnement, que l'on peut mettre en œuvre sans apprentissages nouveaux et qui sédimentent et structurent les acquis de l'histoire professionnelle : elles permettent l'anticipation des phénomènes, l'implicite dans l'instructions, la variabilité dans la tâche ». Bien que Pastré qualifie cette définition de très fine il souligne qu'elle contient beaucoup d'informations, multiples et variées. Nous avons trouvé que le modèle « competency » de Samurçay & Rabardel (2004) visait à mieux structurer la notion de compétence et ce en distinguant pour cette notion trois plans ; le plan des représentations, le plan des organisateurs de l'activité et le plan des instruments. Pastré (2011) explique que malgré cette structuration que les deux chercheurs ont faite, la notion de compétence reste multifacette dont on a du mal à saisir l'unité et pour cette raison il a choisi de partir du point de vue de Vergnaud (1999). Ce dernier ne considère pas le concept de la compétence en tant qu'un concept scientifique et n'a pas cherché à lui attribuer une définition mais qu'il commence à en faire un concept pragmatique, au sens où tout le monde se comprend quand on en parle, mais personne n'est capable de la définir (Pastré, 2011, p. 65). De notre part, nous rejoignons Vergnaud dans sa quatrième réponse à la question quand est-ce qu'une personne A est plus compétente qu'une personne B ; « A est plus compétent s'il est moins démuné devant une situation nouvelle, jamais rencontrée auparavant » (Pastré et al., 2006, p. 151). Notre choix n'est pas aveugle ni arbitraire, plutôt il trouve sa cohérence et sa justification dans la nature du travail d'un métrologue ou d'un opérateur qui exerce des opérations de mesure dans une situation professionnelle déterminée. Ce professionnel, dans un tel contexte, et, pour réaliser la tâche qui lui est confiée, il est souvent confronté par des aléas qui peuvent non seulement modifier les conditions opératoires mais qui peuvent aussi influencer le résultat de ses mesures et généralement ces aléas sont sous forme d'imprévu qu'il devrait trouver de solution ou de réponse immédiate en fonction de ses singularités et les contingences de la situation. Donc la preuve de compétence pour cet opérateur n'est pas réductible au pouvoir d'être plus rapide ou plus fiable dans la manière de faire ou encore s'il dispose des ressources alternatives pour ce faire, mais avec tout ça, c'est la capacité de s'adapter aux nouvelles exigences ou situations et qu'il doit être le moins démuné devant les nouvelles situations professionnelles et lorsqu'il résout les problèmes. Les habilités mobilisées dans ce cas-là prouvent l'acquisition de compétences pratiques et un apprentissage nouveau instantané, trop contextuel provenant d'un savoir d'action dans un moment t certainement s'inspirant des expériences précédentes aussi. Pour expliquer la capacité d'apprentissage, Pierre Pastré avait exprimé sa conviction dans son livre *La didactique professionnelle Approche anthropologique du développement chez les adultes* « Pour moi, la capacité d'apprentissage est une des propriétés anthropologiques fondamentales des humains. Car dès qu'un humain agit, il apprend des situations, des autres et de lui-même. Il ne faut surtout pas confiner l'apprentissage dans les écoles » (Pastré, 2011. p. 7).

Les dispositifs de formation

Les dispositifs de formation sont toujours considérés des occasions qui favorisent l'apprentissage et le développement de compétences des employés. Un dispositif de formation est un ensemble structuré et planifié de processus, de procédure, d'outils, de ressources et d'activités visant à favoriser l'apprentissage et le développement de compétences chez les humains. Il pouvait être sous formes d'ateliers, des cours directs ou en lignes, enregistré sous forma de tutoriels, des simulations, des programmes de formation, etc. Dans la littérature plusieurs définitions ont été attribuées au dispositif de formation et ce pour mettre l'accent sur son organisation, sur les ressources mobilisées, sur les objectifs et les activités menées dans le processus d'apprentissage.

« Un dispositif de formation est une organisation relationnelle de moyens matériels et

humains selon un ensemble cohérent de buts et d'objectifs en vue d'un résultat précis ». (Albero, 2010, p. 3). Donc c'est un projet qui vise la réalisation des buts et favorise l'apprentissage des humains à travers le couplage des instruments et des activités des humains. Selon Peraya (2006), un dispositif de formation désigne un agencement d'éléments pédagogiques, matériels, humains, institutionnels et technologiques permettant d'organiser l'apprentissage dans un contexte donné.

Problématique

La métrologie est une activité très pointue et peu connue (Drouilleau & al., 2017). Les professionnels dans ce domaine sont ainsi confrontés à diverses problématiques pour produire des produits confirmés. Toutefois, une spécificité des métiers d'ordre technique et scientifique réside dans la nécessité d'avoir une formation initiale de haut niveau, alternant une dimension théorique et pratique. Or la formation produite à l'université tunisienne semble non suffisante pour que les étudiants diplômés acquièrent les compétences nécessaires pour qu'ils soient opérationnels dans le monde du travail (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2016). Les centres de formation professionnelle ont bien remarqué la timidité de la formation académique dans ce domaine ainsi que le grand besoin à l'échelle industriel pour les compétences en matière de métrologie pour l'assurance qualité. Pour cela ils ont développé des packs de formation en la matière pour faire face à ce manque en compétence professionnel en métrologie.

Nous avons filmé des séances d'une formation réalisée dans un cabinet de formation privé qui se situe à la région de Tunis. Notre ambition à travers cette recherche est d'apporter de la visibilité aux réalités empiriques de cette formation. Nous cherchons à analyser cette formation dans la perspective de comprendre comment l'organisation de ce genre de formation favorise l'apprentissage et le développement des compétences des participants en situation de travail réel et ce en se basant sur le cadre de la didactique professionnelle qui s'intéresse à l'analyse d'un dispositif de formation pour le travail (Pastré, 2011). Pour répondre à cette problématique nous avons soulevé les sous-questions suivantes auxquelles nous répondons dans notre analyse.

- Dans quelle mesure le dispositif de formation en métrologie intègre-t-il les caractéristiques clés de la didactique professionnelle, exemple le contexte de la contextualisation des activités d'apprentissage et l'authenticité des tâches proposées ?
- Quelles sont les compétences métrologiques spécifiques visées par le dispositif de formation et comment sont-elles évaluées ?

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Afin de répondre notre question de recherche, nous avons opté à une recherche qualitative dans laquelle nous avons analysé des traces que nous avons déjà obtenu lors d'un pack de formation professionnelle en matière de métrologie. Notre objectif est d'étudier l'effet de cette formation sur l'amélioration du processus d'apprentissage et sur le développement des compétences professionnelles en se basant sur les concepts clé de la DP en tant qu'une base théorique. L'intitulé de la séance choisis dans notre analyse est « Estimation des incertitudes de mesure pour les essais physicochimiques ».

Recueil de données

Pour le recueil de données nous avons utilisé la méthode de l'observation participante, l'enregistrement vidéo, l'analyse documentaire et des questions spontanées à la fin de chaque session de formation.

La méthode de l'échantillonnage que nous avons opté à une méthode d'échantillonnage

aléatoire simple, l'échantillon sur lequel nous avons travaillé est composé de 12 participants dont une étudiante en mastère ingénierie de la qualité inscrite dans une université privée, trois nouveaux diplômés spécialisés en agroalimentaire et en chimie, une enseignante universitaire en chimie (maître assistante chevronnée), deux participantes qui occupent des postes de responsables qualité dans des entreprises spécialisées dans la fabrication pièces pour les automobiles, deux participants qui sont dotés de diplôme de brevet de technicien professionnel en maintenance industrielle et en chaud froid et qui travaillent dans le domaine de l'automobile et trois participants qui proviennent de la vie professionnelle dans divers domaines (domaine de l'aéronautique et l'environnement).

Nous considérons que notre échantillon est pertinent pour répondre à notre question de recherche pour plusieurs raisons parmi lesquelles nous citons sa cohérence et sa représentativité par rapport à l'échantillon sur lequel nous avons effectué notre diagnostic de l'état de la métrologie à l'université tunisienne en 2019 (première étape de notre recherche en thèse de doctorat). Autre raison cette (panoplie) multitude de profils justifie que tous les acteurs du domaine ont besoin de faire des formations pour assurer son apprentissage et développer leurs compétences.

Contenu de la formation

Nous allons présenter le contenu de toute la formation en mettant l'accent particulièrement sur le contenu du module observé « Estimation des incertitudes de mesure pour les essais physicochimiques ». Nous présentons également les exercices proposés et la manière dont les formés l'ont traité. Nous discutons à la fin les caractéristiques de ce dispositif de formation.

La séance de formation que nous avons observée et filmée porte sur un sujet que les praticiens de la métrologie le considèrent en tant qu'un point nodal dans le travail d'un métrologue ou d'un praticien au laboratoire, c'est l'estimation des incertitudes de mesure. Mais avant d'entamer ce module, les participants ont eu déjà acquis d'autres modules qui auront pour outils et base pour estimer cette incertitude pour leurs résultats.

Au début de la formation, ils ont suivi une formation sur la norme en vigueur qui la Norme ISO 17025 version 2017 applicable aux laboratoires. A la fin de ce module (Norme ISO 17025), les participants doivent être capables de : maîtriser la documentation selon les principes de la revue documentaire (procédures d'essai, modification, enregistrement, etc.), définir le système qualité dans contexte de laboratoire, connaître les exigences de la norme ISO 17025 :2017, puis ils ont assuré des workshops dans lesquels ils ont discuté des exemples et des contextes pour application de la norme. Ensuite ils ont été en mesure de connaître, gérer et traiter les anomalies et les actions correctives suivant les exigences de la norme dans la perspective d'amélioration continue du système qualité. Par la suite, ils ont suivi la formation sur la présentation de la validation des méthodes d'essai analytique (définition et objectifs de la validation d'une méthode, détermination des exigences normatives, préparation et caractérisation du dossier de validation, assurer la traçabilité du mesurage, etc.). Ensuite, ils ont été appelés à bien présenter les rapports de validation (traçabilité informatique, l'amendement aux rapports et aux certificats d'étalonnages, etc.), à connaître la notion d'accréditation selon la norme étudiée. Ces étapes de la formation ont été suivies par une autre formation qui porte sur les bonnes pratiques de la métrologie dans les laboratoires de chimie auxquelles les participants doivent être en mesure de connaître les références normatives et les documents de références en métrologie, les organisations de la métrologie au niveau national, régional et international, en mesure d'élaborer un dossier matériel (fiche de vie, signalétique, etc.), établir un planning d'étalonnage et de vérification des moyens de mesure et ils ont assuré un TP au sujet de la vérification des balances (ou bien des IPFNA). Pendant ce TP, les participants sont accompagnés par le formateur qui leur guide pour concevoir un modèle de fiche de vérification d'un équipement de mesure (la balance dans cet exemple), autre chose ils sont formés à faire la

vérification journalière de la balance, former sur les bonnes pratiques pour faire l'étalonnage, la vérification, le stockage des masses de travail ou les masses étalons. Des questions sont toujours posées de la part des participants pour éclaircir ce qui n'est pas clair et de temps en temps des questions sont aussi posées par le formateur pour qu'il s'assure que les participants sont appropriés par rapport aux connaissances nouvelles.

Description générale de la formation

Estimation des incertitudes de mesure pour les essais physico- chimiques

Pour l'atelier de notre sujet « l'estimation des incertitudes de mesure pour les essais physico-chimiques », le formateur avait commencé l'atelier par présenter les objectifs de l'atelier (qui s'est déroulée sur deux jours soit 6h par jour) qui sont comme suit : identifier et réduire les erreurs de mesure, estimer les incertitude d'un résultat de mesure ou d'essai dans son contexte professionnel en mettant en œuvre la méthode préconiser par le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM), comprendre et appliquer les différentes approches traitant de l'estimation et de l'utilisation des incertitudes de mesure. Puis il a exposé le programme de l'atelier et il a donné les références normatives qui seront d'outils pour le travail (le formateur utilise une métaphore et les qualifie en tant qu'un bouquet de fleurs pour les métrologues) au même temps il les a signalés les versions des Normes qui ont été annulé, en expliquant par référence quelles sont les Normes et les Guides téléchargeables depuis internet gratuitement et ceux qui sont à acheter. Il a expliqué l'utilité de chaque documentation et avait expliqué aussi à quelle spécialité est-elle destinée (exemple : « la documentation très particulière pour les chimistes » qui est le Guide EURACHEM/CITAC). Il est à noter que toutes ces composantes font un dispositif cohérent, complet et cible spécifiquement les compétences métrologiques requises dans le domaine.

Exercices proposés

Tout d'abord, le formateur attire l'attention des participants que toutes les normes de l'incertitude ne parlent pas du calcul de l'incertitude mais plus tôt de l'estimation de l'incertitude « soit en estime l'incertitude, soit en évalue l'incertitude ». Ce n'est pas un calcul exact, c'est une estimation en se basant sur l'estimation des sources d'erreurs et on n'arrive jamais à estimer toutes les sources d'erreurs, c'est presque impossible de le faire.

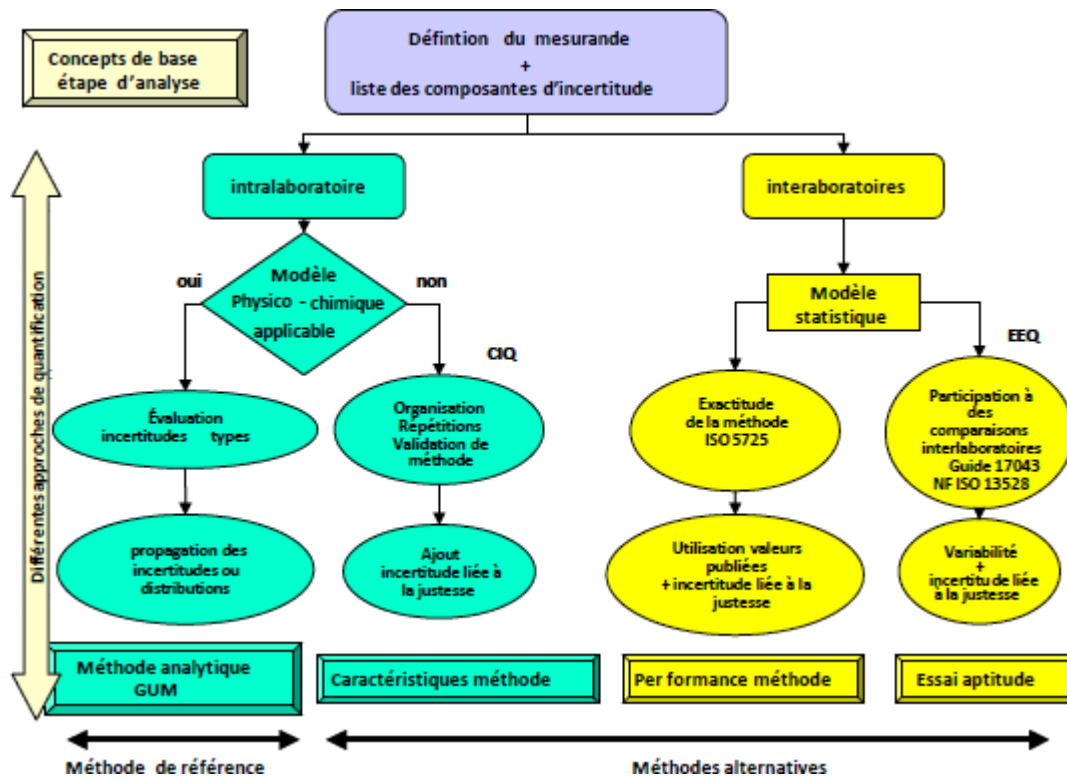
Nous avons mené à évaluer les compétences acquises par les participants à la suite de la formation par le biais des exercices d'application dans le but de déterminer si le dispositif de formation a permis aux participants d'acquérir les compétences nécessaires pour résoudre des problèmes liés à la métrologie tel que la détermination des sources d'erreurs et l'estimation des incertitudes de mesure. La question principale de cet exercice est d'avoir estimé l'incertitude de mesure associée au dosage d'une solution d'acide chlorhydrique (HCL) par une solution de soude (NaOH) de concentration connue.

L'estimation de l'incertitude de mesure pouvait se faire selon plusieurs méthodes dont le choix se fait suivant plusieurs critères tels que la spécificité du travail, la méthode de travail si elle est modélisable ou non, etc. le schéma suivant représente un panorama de différentes méthodes d'évaluation de l'incertitude de mesure (Figure 1).

L'exercice que le formateur avait donné aux participants exige à appliquer l'approche modélisation (la méthode GUM) pour estimer l'incertitude de mesure.

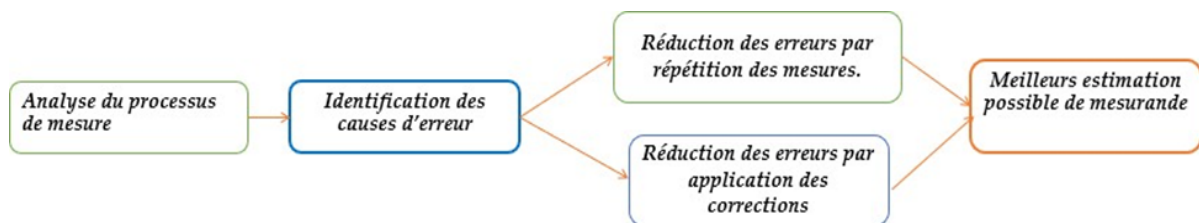
Le modèle théorique pour estimer l'incertitude de mesure suivant l'approche GUM est comme suit (Figure 2).

FIGURE 1



Méthodes d'estimation de l'incertitude de mesure

FIGURE 2



La démarche du métrologue suivant la méthode GUM pour estimer l'incertitude.

L'approche GUM propose une démarche structurée en 4 étapes pour estimer l'incertitude de mesure qui sont comme suit :

- *Etape 1* : le calcul de résultat de mesure et qui inclus impérativement la définition du mesurande, l'analyse du processus de mesure et la mise en œuvre du modèle mathématique du processus de mesure.
- *Etape 2* : le calcul des incertitude-types par deux méthodes ; une méthode dite méthode d'évaluation de type A (pour regrouper les erreurs aléatoires) et une méthode d'évaluation de type B (pour regrouper les erreurs systématiques).
- *Etape 3* : détermination de l'incertitude composée en faisant appel à la loi de propagation des incertitudes de mesure.
- *Etape 4* : détermination de l'incertitude élargie en exprimant le résultat et son incertitude

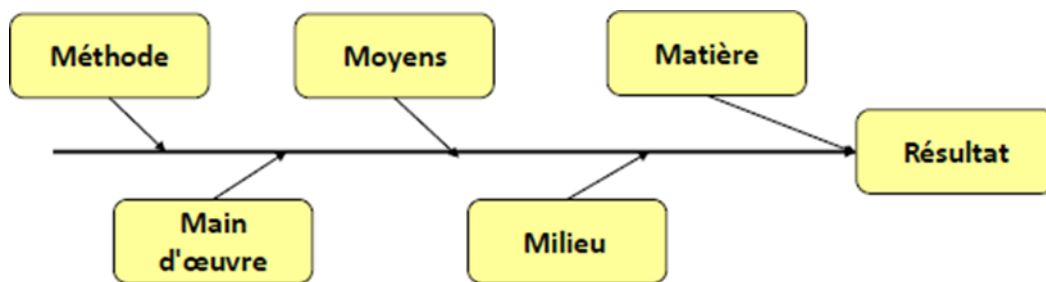
En premier lieu nous avons opter à évaluer la capacité des participants à appliquer savoir décortiquer cette approche. Pour cette raison nous avons mesurer en premier lieu la

compréhension et la capacité des participants pour la maîtrise des connaissances théoriques liées à l'application de la méthode GUM (approche modélisation) pour estimer l'incertitude de mesure. L'énoncé de cette application est comme suit : pour les système suivant ($C = m \cdot P / V$) et selon la méthode GUM, 1- spécifier le mesurande, 2- identifier les sources d'erreurs, 3- évaluer les incertitudes-types U_i , évaluer l'incertitude composée, 6- évaluer l'incertitude élargie.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les participants ont pu spécifier le mesurande, le définir, écrire le modèle mathématique, ils ont réussi à identifier les facteurs qui influencent le résultat de mesure (causes d'erreurs), à en dresser une liste aussi exhaustive que possible pour les maîtriser suivant la méthode des 5 M (moyen, main d'œuvre, méthode, matière et milieu). Pour évaluer l'incertitude-type, tout d'abord, ils ont déterminé les incertitudes suivant la méthode d'évaluation de type A. Par la suite, ils ont déterminé les incertitude type B en s'entraîdant entre eux et sous l'assistance du formateur pour arriver à exploiter la loi de propagation des incertitudes. Finalement, les participants ont réussi à déterminer l'incertitude élargie et à lui associer l'incertitude.

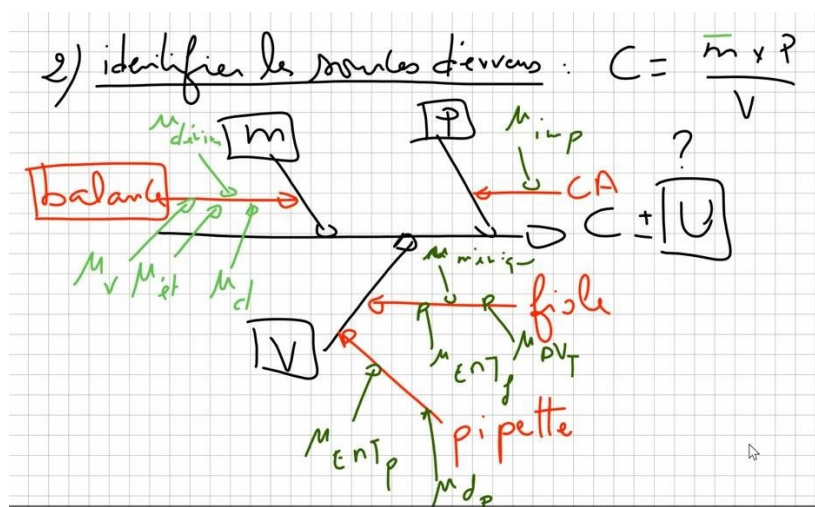
FIGURE 3



La méthode des 5M pour identifier les sources d'erreurs

Par comparaison avec la correction faite par le formateur et les participants et qui été comme suit.

FIGURE 4



Détermination des erreurs suivant les 5M

Nous pouvons en déduire après cette comparaison que les participants ont réussi à décortiquer la méthode GUM dans ses différentes étapes. Il est à noter que pendant la quatrième étape, pour la détermination de l'incertitude composée pour la méthode de type B, les participants ont prouvé des difficultés pour exploiter la loi de propagation des incertitudes et ils ont expliqué ça par la complexité du formalisme mathématique qu'ils doivent mobiliser pour estimer les incertitudes de type B (qui proviennent des erreurs systématiques).

Dans un second niveau de notre évaluation, nous avons opté à mesurer la capacité des participants à identifier et à résoudre des problèmes liés à la métrologie. Nous avons pris comme exemple la détermination des erreurs et l'estimation des incertitudes de mesure.

Dans un exercice d'application dont les composantes du modèle mathématique du mesurande sont différentes par rapport au premier modèle déjà proposé le formateur cherche à évaluer la capacité des participants à utiliser la loi de la propagation pour estimer l'incertitude de mesure liées au dosage d'une solution d'acide chlorhydrique (HCL) par une solution de soude (NaOH) de concentration connue à 24°C. Le mesurande dans cet exemple est la concentration CA de la solution de HCL qui est exprimée par la relation suivante : $CA = CB \cdot VB / VA$.

La loi de propagation des incertitudes exprime la variance composée du résultat de mesure (mesurande), le modèle mathématique est comme suit (Figure 5).

FIGURE 5

Le modèle mathématique

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

La loi de propagation de l'incertitude

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial X_i} \frac{\partial f}{\partial X_j} u(x_i, x_j)$$

La loi de propagation des incertitudes

Les participants ont pu résoudre cet exercice et ont réussi à appliquer la loi de propagation pour déterminer l'incertitude composée après avoir assuré un retour détaillé sur les explications nécessaires de la part du formateur d'où nous pouvons conclure que le dispositif de formation permet d'améliorer la capacité des participants à résoudre des problèmes liés à la métrologie tels que les erreurs de mesure et les incertitudes de mesure.

CONCLUSION

L'analyse de ce dispositif de formation en métrologie met en évidence sa valeur ajoutée pour le développement des compétences métrologiques des participants et ce en ciblant des compétences spécifiques tels que la cohérence du programme et son adéquation par rapport aux besoins des travailleurs, l'amélioration des capacités des participant à décortiquer les normes, savoir mobiliser les connaissances théoriques, le développement de compétences des

participants pour la compréhension et la maîtrise des connaissances théoriques liés à la métrologie tel que le choix de la méthode pour estimer l'incertitude, la maîtrise des concepts fondamentaux, les normes de mesures, etc. La contextualisation des activités et l'authenticité des tâches proposées montrent que ce dispositif offre aux participants une expérience d'apprentissage pertinente et alignée sur leur environnement professionnel. La résolution des problèmes tel que dans le deuxième exercice pour la détermination des erreurs et l'estimation des incertitudes prouvent la capacité des participants à identifier et à résoudre des problèmes liés au domaine de la métrologie. En fait cette analyse approfondie du dispositif a montré un ancrage des connaissances construites et des compétences dans des situations d'apprentissage authentiques aux situations réelles de travail. En outre, ces situations reflètent des défis et des exigences que les travailleurs peuvent rencontrer dans le domaine de la métrologie professionnelle. Cela garantit que les professionnels acquièrent des compétences directement applicables aux situations réelles de travail, renforçant ainsi leur efficacité et leur performance professionnelle. Les participants ont prouvé un niveau de satisfaction pour la qualité de la formation en réponse à leurs besoins et attentes. Cependant, nous recommandons d'envisager des améliorations continues pour renforcer davantage l'efficacité du dispositif de formation et pour assurer sa pertinence continue dans un domaine en évolution continue tel que l'actualisation régulière du contenu de la formation pour tenir compte des dernières avancées en métrologie (exemple les nouvelles définitions des concepts clés et les grandeurs). Également, nous proposons d'ajouter à ce dispositif de formation des visites de terrain aux locaux de travail réel pour vérifier de près l'application des savoirs acquis tout au long de la formation et pour voir les problématiques réelles. Comme limite de ce type de dispositifs c'est qu'il n'est pas construit sur des besoins déclarés mais plutôt sur l'expertise du formateur.

RÉFÉRENCES

- Albero, B. (2010). Une approche sociotechnique des environnements de formation : Rationalités, modèles et principes d'action. *Éducation et Didactique*, 4(1), 7-24.
- Drouilleau, F., Delanoë, A., Ménabreaz, M. & Molinari-Perrier, M. (2017). Les métiers de la mesure : De la métrologie à l'instrumentation. [Rapport Technique]. *Céreq études*, n°10. halshs-02490002.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Montmollin, M. (1984). *L'intelligence de la tâche. Élément d'ergonomie cognitive*. Peter Lang.
- Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle: Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Presses Universitaires de France.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue Française de Pédagogie*, 154, 145-198.
- Peraya, D. (2006). La formation à distance : un dispositif de formation et de communication médiatisées. Une approche des processus de médiatisation et de médiation. *Calidoscópico*, 4(3), 200-204.
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin. (2016). *Diagnostic portant sur les besoins de l'industrie tunisienne en matière de services dans le domaine de la métrologie industrielle et les potentiels de l'offre de formation académique et professionnelle dans ce domaine* (Coopération technique avec la République Tunisienne N° projet : 95096). PTB. (Document interne).
- Samurçay, R., & Rabardel, P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. Dans R. Samurçay & P. Pastré (Dir.), *Recherches en didactique professionnelle*

(pp. 163-180). Octarès.

Vergnaud, G. (1999). Le développement cognitif de l'adulte ». Dans P. Carré & P. Caspar (Dir.), *Traité des sciences et des techniques de la formation* (pp. 189-203). Dunod.