

TANAR 10 : UN AUXILIAIRE DIDACTIQUE PERTINENT POUR L'APPRENTISSAGE DES MESURES PHYSIQUES RÉELLES DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

José-Emmanuel MATA TOMBO

Professeur à l'UPN / Physique et Sciences Appliquées, RD Congo

José INDENGE Y'ESAMBALAKA

Professeur à l'UPN / Mathématiques et informatique, RD Congo

Stéphane N'GUIZANI ZA MAKIONA

Chef de Travaux à l'UPN / Physique et Sciences Appliquées, RD Congo.

RÉSUMÉ

Conçue pour rendre aisé et convivial le calcul sur les approximations des mesures physiques réelles, notées *MPR*, la Table des Nombres réels Arrondis à dix pour cent près – *TANAR 10 en sigle* – permet de recadrer des concepts usuels courants – ambigus à la fois : *les chiffres significatifs* et *les nombres arrondis*.

Pour disposition, une nouvelle table numérique - *TANAR 10* – qui s'offre pour besoin de l'observation empirique en sciences physiques, s'apprête à lever toute équivoque. La recherche de la valeur ohmique des résistors au carbone sert de matière.

MOTS CLÉS

Apprentissage – Chiffres significatifs – *ESN* - Instruments – *MPR* - Ordre de grandeur - *TNR* - *RCA* – *R.10%* – *TANAR 10*.

SUMMARY

Conceived to make easy and convivial calculation on the approximations of real physical measurements, noted *MPR*, the Table of the real Numbers Rounded to ten percent close - noted *TANAR 10* - allows to rehabilitate at these current concepts – but often ambiguous : *significant figures* and *numbers rounded*.

For provision, a new numerical table - *TANAR 10* - which is offered for need for empirical observations in physical sciences is on the point of raising any ambiguity. Then the research of the Ohm value of the carbon resistors is used as matter.

KEYWORDS

Apprentissage - Significant figures - standardized scientific Writing (*ESN*) - Instruments – *MPR* - Order of magnitude - principle running of truncation of numbers (*TNR*) - Current rule of round (*RCA*) - Rule of the ten percent (*R.10%*) - *TANAR 10*.

INTRODUCTION

À l'heure des applications informatiques à outrance, l'ingénierie pédagogique n'a pas encore présenté l'instrument pertinent devant accompagner les prescrits curriculaires élaborés pour des apprentissages de qualité encourageant les mesures physiques réelles – *MPR* en sigle – réputées *toujours entachées d'erreurs*. Pourtant l'enseignement actuel de cette matière, dans bien de systèmes éducatifs du monde, est caractérisé par de petits écarts imprévisibles de mesure qu'il y a lieu d'estimer au mieux.

Face à cette situation de manque, une table numérique a été conçue et est régulièrement testée : la table de nombres réels arrondis à dix pour cent près, *TANAR 10* en sigle (KATUKA et al., 2012 ; MATA TOMBO, 1990, 2006, 2009 et 2013 ; MATA TOMBO et al., 2004 et 2017). *TANAR 10* ambitionne de rendre aisé et convivial le calcul sur les approximations de mesures.

Depuis, *TANAR 10* est restée sur le banc d'essai en terre congolaise, bravant critiques diverses sans être ébranlée de quelque manière. En novembre 2009, comme sur le fond baptismal. Elle va constituer l'un de points focaux dans la présentation et soutenance publique d'un mémoire de DEA, à l'Antenne de Kinshasa / UPN de la CUSEAC / UMNG CUSEAC / UMNG (MATA TOMBO, 2009). Entre temps, de tentatives audacieuses entreprises permettent de numériser ladite table au point d'élargir son champ d'application de 0,5 à 50,0% (MATA TOMBO et KEDI, 2017).

Pour large diffusion et agrément, la version initiale de la table *TANAR 10* est présentée ce jour aux autres scientifiques de l'Afrique, pendant les assises du colloque d'ADiMA 2.

Quid *TANAR 10* ? Quel est son impact dans l'enseignement des *MPR*? Apporte-telle innovation dans le calcul des approximations, en physique expérimentale notamment? Mérite-elle une attention particulière sur les chemins de l'apprendre scolaire et dans la formation des enseignants de sciences physiques ?

Une série d'interrogations auxquelles le présent exposé tentera de répondre, préoccupations qui convergent vers la question essentielle : *Qui du mathématicien puriste et du physicien exploite à suffisance les chiffres significatifs, et ce, avec quel instrument spécifique*, laquelle conséquemment motive comme fondement l'hypothèse de la réflexion en cours :

La nouvelle table numérique *TANAR 10* sert dans l'enseignement des mesures physiques réelles au secondaire. Il est possible de l'intégrer dans la formation initiale de l'enseignant de physique.

Entre autres moyens d'études, la mise à disposition principalement des résultats d'études antérieures élaborées et/ou publiées.

Pour ce, le plan de textes élaborés se présente, outre l'Introduction et la Conclusion (Considérations + Perspectives), comme suit :

- 1. Les mesures physiques réelles. Quid?
- 2. Essentiels de calcul et protocole pour chiffrer les *MPR*
- 3. *TANAR 10* pour le recadrage des notions *MPR* usuelles. Discussions

1. Les mesures physiques réelles. Quid?

Le contenu relatif aux incertitudes de mesure – c’est nous qui disons *mesures physiques réelles*, et notons *MPR* – est sujet à des imprécisions de mesure qu’il y a lieu d’estimer nécessairement par un calcul spécifique. Lequel contenu paraît pourtant rebuté par la multitude, alors que le progrès technico-scientifique de l’heure est tributaire de l’exploitation minutieuse de petits écarts de mesures.

1.1. Formulation requise et spécifications des *MPR*

De différentes formulations préconisées et proposées, nous avons opté pour le modèle (F-1.1) de BRASSEUR et al. (1973), dont justifications et motivations suivent en termes de spécifications.

$$G \pm \Delta G = (X \pm Y) \text{ unité de mesure} \quad (\text{F.1-1})$$

1.2. Spécifications et caractéristiques des *MPR*

Les incertitudes de mesure ou incertitude dans les mesures, nous disons *MPR*, est un contenu de la sous-branche métrologie, codé CDU 530.083. Déjà en classe d’initiation scientifique au lycée, son enseignement n’affiche ni qualité ni attraction manifeste chez les apprenants (MATA TOMBO, 2009 : 32).

Ci-dessous relevées les principales caractéristiques des *MPR*

- a) $G = X \text{ un. mes}$, le mesurande ou la composante observable de la mesure ($X \in \mathbb{R}$).
- b) $\Delta G = Y \text{ un. mes}$ est l’erreur de mesure sur G ($Y \leq \frac{X}{10}$).
- c) G et ΔG s’expriment avec la même unité de mesure (celle de ΔG servant de référent).
- d) L’ordre de grandeur²⁶ de ΔG est un prévalue exigible au su de la *précision* (**notée ε_G**), fixée sur des observations chiffrées - opérées et gérées.

Dans l’enseignement général, de nombreux scientifiques – dont BRASSEUR et al. (1973), DEBOT al. (1953), D’HAINAUT (1968), HAELTERMAN et al. (2012), KANE et al. (1992) ; TAYLOR (2000) – observent un taux d’erreur (= *précision*) n’excédant pas **10** %.

²⁶ L’ordre de grandeur représente la valeur arrondie d’un nombre, exprimée en termes de puissance de 10 (D’Hainaut, 1968).

- e) Le mesurande ne peut que contenir des chiffres significatifs (0, 1, 2, ..., 8 ou 9), comptés au plus égal à l'ordre de grandeur de l'erreur ΔG qui l'affecte (BRASSEUR et al., 1974).

2. Essentiels de calculs et protocole pour chiffrer les *MPR*

Pour les mêmes auteurs, généralement l'estimation de l'erreur de mesure (ΔG) précède l'évaluation du mesurande (G). Pour cela, nous nous appliquons avec deux outils de calcul : *TNR* et *TANAR 10*²⁷, pour dire respectivement le principe de troncature des nombres réels et la table de nombres réels arrondis à dix pour cent près (KATUKA et al., 2012 ; MATA TOMBO, 2006, 2009 et 2013).

2.1. Le principe de troncature des nombres réels (*TNR*)

En lieu et place de la règle courante d'arrondi (*RCA*), nous suggérons le terme *TNR* - préféré - car justifié par l'action qu'il génère : *circonscrire* (= couper l'écriture du) le coefficient Y à un rang donné (MATA TOMBO 2006 et 2009). Et, *TNR* y concourt en abrogeant pas à pas la suite de la partie non significative de chiffres composant le mesurande (G).

Après ses études primaires, l'élève s'exerce à *tronquer* les nombres décimaux (aux rangs des unités, des dixièmes, voire de centièmes) dans les calculs courants, alors que les sciences physiques n'ont pas encore résolument pris forme dans le cursus du secondaire. Des directives officielles sont édictées sur des chiffres significatifs, au point de ne faire plus tard de la physique un beau champ de mathématiques (MINEPSP-1, 1988 ; MINEPSP-2, 2009).

La figure 2,1 - reprise de même MATA TOMBO – dessine le schéma illustratif de l'applicabilité de *TNR*. Un exemple chiffré est présenté dans la suite.

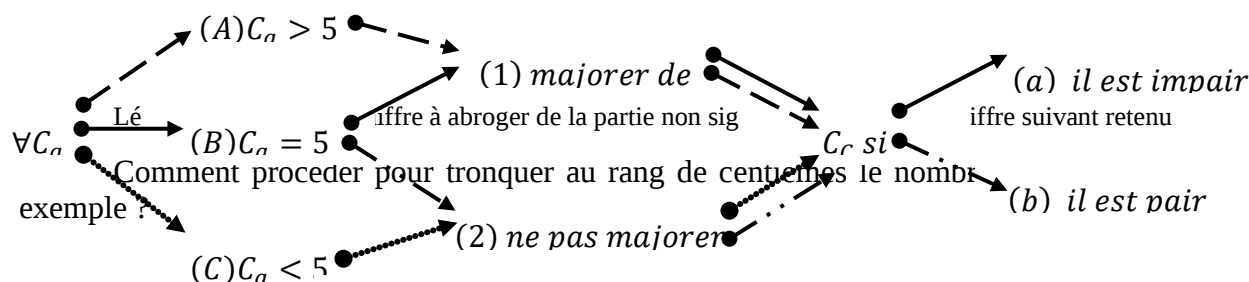


Figure 2,1 : Processus d'applicabilité du

²⁷ Transfuge de la règle des dix pour cent (R.10 %, telle que discutée par les scientifiques de UCL (DEBOT et al., 1953 ; BRASSEUR et al., 1974)

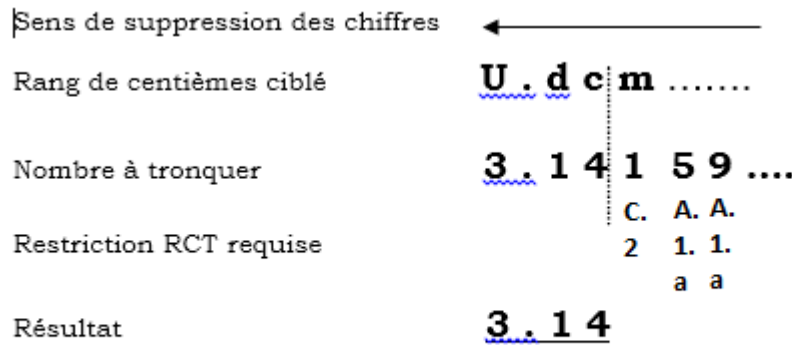


Figure 2 : Application de TNR sur l'irrationnel π tronqué à 3.14

2.2. La table des nombres réels arrondis à dix pour cent (TANAR 10)

Le projet du logiciel *MAKE 2* (Figure 2,3) s'ouvre sur la gamme de tables numériques *TANAR*, dont *TANAR 10* (Figure 2,4), applicable dans les classes d'initiation scientifique au lycée, pour l'approximation de nombres à 10 % près.

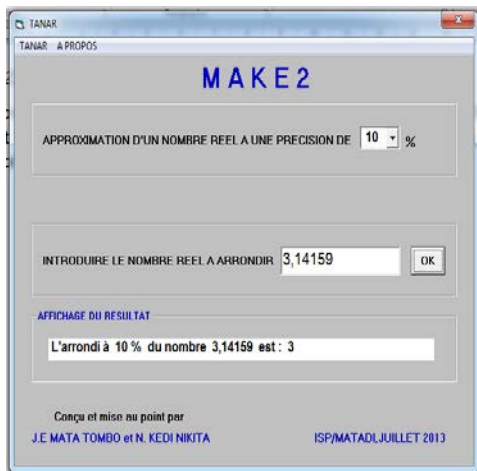


Figure 2,3 : Page d'accueil du logiciel MAKE 2

TANAR 10

d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2
2	2	2	2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3	3
3	3	3	3	3	3,4	3,5	3,6	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4,5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9
9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10

Figure 2,4 : Format structural de TANAR 10

Les seuls arrondis $A_o = U.d$ affichés dans la table *TANAR 10*, avec un maximum d'au plus deux chiffres significatifs, sont ainsi libellés : $\forall$ réel Y , en format décimal, est arrondi à au plus deux chiffres marqués, soit :

$$A = U.d \quad (F.2-1)$$

$$\text{Pour peu que } U = \quad d \in$$

$$1 \quad]1,12 \quad 1,81]$$

Tableau 2-1 : Arrondis A_o à 02 chiffres significatifs et intervalles de

2]2,23 2,72]

3]3,34 3,63]

4]4,45 4,54]

Comment procéder pour arrondir à 10% près l'irrationnel π ?

Tableau 1
TANAR 10 appliquée sur le nombre irrationnel $\pi = 3.141\ 59\dots$

Phase	Action	Application	Observation
P 1	Mettre Y en écriture scientifique normalisée (ESN)	$Y \in \mathbb{R} \mid Y = A \times 10^n$ (F-2.2) avec $1 \leq A < 10$ et $n \in \mathbb{N}$	$\pi = 3.141\ 59\dots \times 10^0$ $A = 3.141\ 59\dots$; $n = 0$
P 2	Tronquer A au rang de dixièmes, soit : A_t	$A \rightarrow A_t = U.d$ (F-2.3) <u>Légende</u> : U = unité d = dixième	$A_t = 3.1$ $U = 3$ et $d = 1$
P 3	Dans la table, lire l'arrondi A_o de A à la croisée de U et d	$d \downarrow$  (Figu	$A_o = 3$
P 4	Résultat (à convertir en format décimal)	$Y_o = A_o \times 10^n$ (F-2.2')	$\pi_o = 3 \times 10^0 = 3$ Note : $10^0 = 1$

Certes, la démarche ici étayée simplifie significativement la règle des dix pour cent (R.10 %), conseillée et appliquée par les mêmes auteurs (BRASSEUR et DEBOT ; D'HAINAUT), pour arrondir à ce taux d'erreur les nombres réels.

Toute activité humaine d'envergure est un travail de suite, dit-on. TANAR 10 prend appui sur R.10% et elle constitue l'un des attributs du logiciel MAKE 2 (MATA TOMBO et al., 2018).

Déjà sur le chemin de l'apprentissage en République Démocratique du Congo (RDC), la table *TANAR 10* fait tâche d'huile dans l'estimation à 10% près des mesures physiques réelles en classe d'initiation scientifique.

De ce fait, sa contribution est manifeste dans la formulation aisée et conviviale des mesures physiques réelles, réputées *toujours entachées d'erreurs*, exploitables au niveau terminal du secondaire sciences.

2.3. Application de notions

L'électronique fonde principalement sur des composants électroniques actifs et passifs, dont les résistors au carbone à quatre anneaux ou bandes (Figure 2,4). Les anneaux *D*, *U*, *E* et *T* permettent de chiffrer la valeur ohmique de cette réalité physique, pouvant de facto être calquée suivant la formulation requise (F-1.1), évoquée plus haut.

1° Décodage des anneaux d'un résistor au carbone

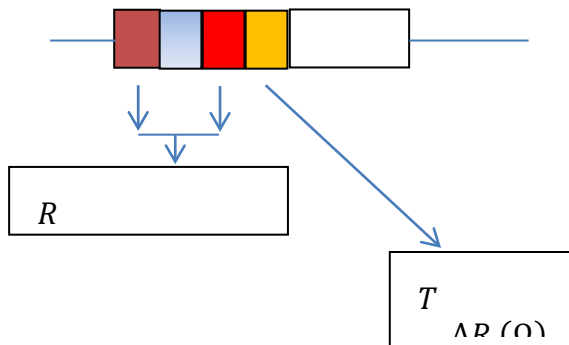


Figure : 2,5 : Bandes de

(F-3.1)

(F-3.2)

Se référer respectivement aux expressions (F.3-1) et (F.3-2) pour :

- spécifier les couleurs des trois premiers anneaux conférés au mesurande R ,
- chiffrer (en pour cent) la couleur du dernier anneau, relative à la tolérance.

En effet, le chiffre *D* / *U*, marque le rang des unités / dixièmes, indiquant la couleur du premier / deuxième anneau, tandis que l'exposant *E* signale la couleur du troisième anneau.

2° Le code de couleurs pour résistors au carbone à 4 anneaux

Tableau 2
Code de couleurs pour résistors au carbone à 4 bandes

ande	oir	arron	ouge	range	aune	ert	leu	iolet	ris	lanc	r	rgent	ncolore
											1	2	3
			%	%							%	0 %	0 %
e	anger	ien	u	eûner	oilà	ien	otre	rande	êtisé	u	lors	nsolite	

(Tiré de MATA TOMBO, 2013, p. XXXVI)

Note : La dernière ligne du tableau 2 est une astuce en vue de la mémorisation du code de couleurs. Nous ajoutons : *ou – alors – insolite*,

3. *Tanar 10* et la reformulation des notions *mpr* usuelles

Nous discutons, dans cette section, de la formulation requise (F-1.1) de MPR et de ses chiffres significatifs. Les résistors au carbone servent de nouveau comme situation ou matière-support, en explicitant lesdits concepts.

3.1. **TANAR 10 et l'expression requise de MPR**

E-1 : Soit la mesure :

$$F \pm \Delta F = 7.992\,354\,5 \pm 0.047\,8\,N$$

Il y a lieu de corriger conséquemment cette expression, conformément à (F-1.1).

1^e correction : les deux composants F et ΔF devront s'e
avec la même unité de mesure (N) :

cf. Spécifications de
composantes d'une MPR /. paragraphe
1.2c

$$F \pm \Delta F = (7.992\,354\,5 \pm 0.047\,8)\,N$$

Arrondir ΔF à 10 % près

2^e correction : Appliquer *TANAR 10* sur l'erreur de mes

Passer en revue les différentes
étapes du processus y afférent (cf. Tableau
1)

Mettre ΔF en format décimal

$\Delta F = 0.0478 N$, estimant au taux de 10 % près
son coefficient chiffré ($Y = 0.0478$).

En effet,

- a) $Y = 4.78 \times 10^{-2}$ ($A = 4.78$ $n = -2$)
- b) Du facteur libellé (A) au tronqué A_t :
 $A \Rightarrow A_t = 4.8$ ($U = 4$ $d = 8$)
- c) L'arrondi $A_o = 5$ est lu à la croisée de
 $U = 4$ et $d = 8$, dans la table TANAR 10
- d) $Y_o = 5 \times 10^{-2}$

De lors, l'erreur de mesure estimée est :

$$\Delta F = 0.05 N$$

arrondie au rang de centièmes de l'unité de mesure.

3e correction : Au su de l'ordre de grandeur ainsi estimé
circonscrire la valeur chiffrée du mesurand
 F au rang de centièmes de l'unité de mesure N , des restrictions TNR concourant.

Troncature du coefficient de
 F au su de l'ordre de grandeur de ΔF

7 . 9 9 2 7 5 4

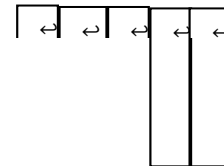
5

$$X = 7.9927545 \Rightarrow X = 7.99$$

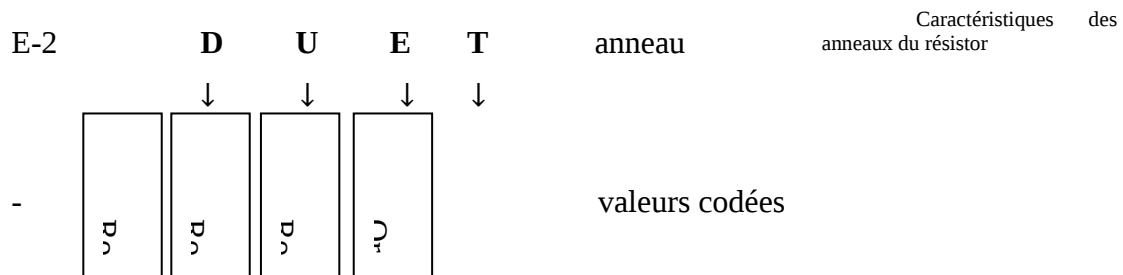
D'où, le résultat

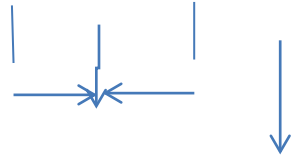
$$\underline{F + \Delta F = (7.99 \pm 0.05) N} \quad (F-1.1)$$

$$(\varepsilon_F = 0.62 \%)$$



Les deux exercices de la suite portent sur les résistors au carbone,
tels qu'évoqués plus haut (Figure 2,5).





$$R_1 = 22 \times 10^2 \Omega \quad (\text{F-3.1a})$$

$$\Delta R_1 = \frac{5 \times 2\,000 \Omega}{100} = 100 \Omega \quad (\text{F-3.2a})$$

$$\underline{R_1 + \Delta R_1 = (2\,200 \pm 100) \Omega}$$

$$(\varepsilon_{R_1} = 4.6 \%)$$

Pour compter les chiffres significatifs dans la mesure obtenue, la formuler en écriture scientifique normalisée (ESN), soit :

$$R_1 \pm \Delta R_1 = (22 \pm 1) 10^2 \Omega$$

Ainsi, les 2 chiffres marqués du **mesurande** R_1 sont significatifs (2 et 2), étant au moins de même ordre de grandeur que ΔR_1 .

Certes, il s'agit ici d'un point de vue du physicien, plus explicite que la vision formaliste du mathématicien puriste (Vanhamme, 1973 ; www.mathematiquesfaciles.com).

En effet, déjà à l'origine du concept, nous noterions que rien n'a été dit sur cette interrogation, aussi simpliste que fondamentale - formulée comme suit : **significatifs par rapport à quoi ?** Pourtant en physique expérimentale, cette préoccupation trouve bonne réplique :

*Des chiffres **significatifs** du mesurande au su de l'ordre de grandeur de l'erreur de mesure qui l'affecte* (BRASSEUR et al., 1973 ; D'HAINAUT, 1978 ; KANE et al., 1997 ; KATUKA et al., 2012 ; MATA TOMBO, 2006, 2009 et 2013).

Il faut toutefois reconnaître que les considérations mathématiques tout-à-fait orientent le physicien dans ses observations du réel vécu - *contextualisées et contextualisables*. Les deux exemples précédents étayés confirment cette allégation, de même la situation (E-3) qui suit :

$$\text{E-3 :} \quad 50 \text{ k}\Omega (\pm 20 \%) \quad (\text{F-3.3})$$

C'est là une autre manière d'exprimer couramment les résistors au carbone. Dans le cas d'espèce, retrouvons la formulation conviviale (F-1.1) : $R_2 \pm \Delta R_2 = (X \pm Y) \Omega$

Restriction 1 : retrouver l'erreur de mesure ΔR_2 , partant de (F-3.2),

avec $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ et $T = 20 \%$

$$\Delta R_2 = T (20 \%)$$

mieux,

$$\Delta R_2 = \frac{20 \times 50\,000 \Omega}{100} = 1\,000 \Omega$$

TANAR 10 appliquée sur 1 000 ne modifie nullement la mesurande

Restriction 2 : reformuler enfin le résultat $R_2 \pm \Delta R_2$:

$$\underline{R_2 \pm \Delta R_2 = (50\,000 \pm 1\,000) \Omega}$$

$$(\varepsilon_{R_2} = 20 \%)$$

ou

$$R_2 \pm \Delta R_2 = (50 \pm 1) 10^3 \Omega$$

Combien de chiffres significatifs y'a-t-il dans le mesurande R_2 ?

D'où, **5** et le zéro (**0**), qui le suit, sont les seuls chiffres significatifs du mesurande R_2 , au regard de l'ordre de grandeur de l'erreur de mesure ΔR_2 qui l'affecte.

En effet, certains zéros alignés dans $R_2 = 50\,000 \Omega$ ne servent qu'à compléter les rangs, ils ne sont nullement significatifs dans le présent contexte (les trois derniers!).

Spécifier les quatre couleurs d'anneaux caractéristiques du résistor sous examen est cet exercice que pourra aisément opérer le lecteur, en misant sur les algorithmes (F-3.1) et (F-3.2) et, de facto, vérifier que la valeur nominale [marquée : $R_2 (\pm T \%)$] et la valeur ohmique calculée du résistor ($R_2 \pm \Delta R_2$) soient identiques aux erreurs expérimentales près, en considérant l'intersection (F-3.4), repris de MATA TOMBO (2018, p. 24-25).

$$[R (\pm T \%)] \cap (R \pm \Delta R) \neq \{0\} \quad (\text{F.3-4})$$

3.2. Deux notions *MPR* ambiguës : *RCA* et nombres arrondis

C'est l'occasion de justifier l'objection faite plus haut (cf. Paragraphe 2.1) de considérer raisonnablement le néologisme *TNR* plutôt que la règle courante d'arrondi (*RCA*), l'attribut *arrondi* faisant débat !

Dans le résultat de E-1, le coefficient 799 serait-il logiquement un nombre *arrondi* (pour y avoir appliqué *RCA*) ? C'est bel et bien *un nombre tronqué* généré par application consécutive de *TNR*.

Quel serait, par ailleurs, l'arrondi à 10 % près de l'irrationnel $\pi = 3.141\ 59 \dots$? Certes, l'effet de la suite sera différent du résultat que va afficher – pour ce faire – le croquis illustratif (Figure 2,2), modélisant le processus *TNR*.

De même pour le cas du résistor dont la valeur ohmique est :

$$R_3 \pm \Delta R_3 = (340 \pm 17) \Omega$$

L'erreur de mesure affichée est en fait marquée par un nombre arrondi à 10 % près, *TANAR 10* (Figure 2,2) s'impliquant.

Bref, tout nombre réel arrondi au taux d'approximation de 10 % n'est pas nécessairement marqué par *un zéro* en fin de l'écriture. Avec *TNR*, on ne peut que *tronquer* un nombre réel. Ainsi, serait-il moins ambigu de dire *tronquer un nombre réel au rang de dixièmes* que de *l'arrondir au dixième*.

4. Considérations et perspectives

De ce qui précède, il y a intérêt manifeste que le mathématicien puriste et le physicien adoptent une attitude conciliante, face au vocable *chiffres significatifs*.

Les chiffres significatifs composent en fait le mesurande dans une mesure physique réellement observée. Pour BRASSEUR et al. (1973), D'HAINAUT (1968), KANE et al. (1997), il s'agit de *l'un ou l'autre chiffre (0, 1, 2, ..., 8 ou 9) y marqué, ayant au moins le même ordre de grandeur que l'erreur de mesure correspondant* (repris par KATUKA et al., 2012, p. 137 et MATA TOMBO, 2006, p. 09 et 2009, p. 116);

Il vaut aussi de reprendre ici *in extenso* les propositions faites jadis par KATUKA et al. (2012, p. 139), pour lever l'équivoque sur un verbe *MPR* usuel, mais ambigu : *arrondir*.

Tableau 4
Des corrections à opérer sur l'action MPR courante arrondir

Dire	En lieu et place de	Le procédé évoqué	Vocabulaire proposé
<i>Tronquer un nombre réel au rang de dixièmes</i>	<i>Arrondir un nombre réel au dixième</i>	<i>RCA</i>	<i>TNR</i>
<i>Estimer un nombre réel à 10 % près</i>	<i>Arrondir à 10 % près un nombre réel</i>	<i>R.10 %</i>	<i>TANAR 10</i>

(Tiré de MATA TOMBO et al., 2017 : 21 et complété).

Autant qu'il y a des méthodes pour observer, autant qu'il y en a des procédés, dit-on souvent. Pourtant, il est possible de cheminer à l'unisson – toute la classe entière – quant à l'apprendre consensuel les notions y afférentes. La didactique actuelle l'exige !

Certes, toutes les mesures sont entachées d'erreurs et il est bon de le faire savoir aux élèves et de le faire pratiquer, dès les premières applications numériques.

La physique est une science exacte, mais qui n'ignore jamais les limites de sa précision. Chaque nouveau chiffre significatif représente un progrès de méthodes de mesure et beaucoup de recherche, de temps ... et de l'argent (MINEPSP-1, 1988, p. 06 ; MOREAU, 2001; ZADOU-NAISKI, 1954).

La table numérique TANAR 10 – ici présentée – s'offre pour rendre aisée et conviviale l'estimation des mesures physiques réelles. Son intégration dans la formation initiale de l'enseignant de physique au secondaire le rendrait compétent, lors de l'appropriation des savoirs cognitifs et savoir-agir expérimental par les apprenants, exploitant en situations les mesures physiques réelles (www.cudc.uqam.ca-cahier33, p. 29). Qu'elle serve alors utile !

Où situer alors la présente communication qui traite de l'auxiliaire *TANAR 10*, spécifique en physique expérimentale ? Certes, en plein **dans le champ du didactique** ; en effet, *non pas par un simple effet cumulatif, mais parce que ce débat ouvert nous fait atteindre un degré de généralité, ... d'inter-disciplinaire et de trans-disciplinaire ...*, mieux *d'inter-didactique et de trans-didactique ...*, pour reprendre le propos fédérateur de RAISKY et al. (1996, p. 15).

Faudra-t-il, quant à ce, rappeler que la vision de vouloir confronter les résultats de recherche de didacticiens de disciplines différentes a fait du chemin depuis les premières assises du réseau Recherches en Education et Formation (REF), tenues à Liège en 1991?

En formation initiale, les futurs enseignants de sciences de mathématiques pour les lycées de la RDC ont, durant leur cursus universitaire, des enseignements de physique avec des séances de laboratoire, en vue de l'observation effective du réel vécu. De lors, une initiation conviviale aux mesures physiques réelles ne peuvent qu'ouvrir des perspectives louables rassurantes et souhaitables. Nous souscrivons et nous engageons *mordicus*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRASSEUR, R. et al. (1973). Travaux pratiques de physique. Liège : : ULg / Institut de Physique (inédit)
- DEBOT, R. et FALLA, L. (1953). Travaux pratiques de physique. Liège : ULg / Institut de Physique (inédit).
- D'HAINAUT, L. (1968). Arrondir et estimer pour mieux calculer. Paris : Classiques Hachette.
- HAELTERMAN, M., DEWANDRE, A., GONZE, A. et al. (2012). Notes de laboratoires du cours de Physique générale. Bruxelles : ULB / Fac. Sciences appliquées – Service OPERA (Tapuscrit du cours). https://www.mathematiquesfaciles.com/chiffressignificatifs_2_88414.htm (consulté le 13 juillet 2018). [http://www.cudc.uqam.ca-\[CUDC/UQAM, Cahier 33\]](http://www.cudc.uqam.ca-[CUDC/UQAM, Cahier 33]) (consulté le 01 décembre 2015).
- KAMBALE, M. G. (2009). Appropriation des mesures physiques réelles par les élèves de 3^e et 4^e scientifique. TFC de graduat. Kinshasa : UPN (inédit).
- KANE, J. et STERNHEIM, M. (1997). Physique. Paris : Masson / InterEditions
- KATUKA, O. G., KITENGE, O. S., MATA-TOMBO, M. I. et NGUIZANI, M. S. (2012). *Un néologisme français qui vient de la mesure scientifique*. In **CRUPN** n° 051b (2012) : Avril – Juin 2012 : 131-41.
- LUVEMBA N. S. (1994). Les chiffres significatifs – Place et impact dans l'enseignement de la physique. TFC de graduat. Mbanza-Ngungu : ISP (inédit).
- MARLIER, P. (1985). Approximations. *in* Mathématiques et Pédagogie n° 53 (1985) : 67 -78.
- MATA TOMBO, J-E. (1990). Réflexions sur l'enseignement des incertitudes de mesure au secondaire. *in* Scientia n° Vol V n° 2 (1990) : 114 – 139.
- MATA TOMBO, J-E. (2006). TANAR 10 et l'estimation à 10 % près des mesures physiques réelles / Fiche technique d'une invention (monographie revue). Anvers : EPO.
- MATA TOMBO, J-E. (2008). Les tables de nombres réels arrondis à 05, 10 et 20 près – Mémoire descriptif. Soumis pour agrément au Ministère congolais de l'Economie et PME.
- MATA TOMBO J-E. (2009). Restructuration curriculaire des mesures physiques réelles enseignées dans les lycées scientifiques *Math-Physique* (à Kinshasa, dans la Lukaya et

les Cataractes) – Impact de TANAR 10. Mémoire de DEA. Brazzaville : UMNG – CUSEAC, Antenne de Kinshasa UPN

MATA TOMBO, J-E. (2013). D3F – TANAR 10 – TSM : Auxiliaires de l'ingénierie pédagogique pertinents dans la formation de l'enseignant de physique compétent en vue de l'appropriation des mesures physiques réelles dans les lycées Math-Physique. Thèse de doctorat. Kinshasa : UPN / Ecole Doctorale.

MATA TOMBO, J-E. (2018a). Physique expérimentale – Techniques et instruments de mesure / Aperçu et appropriation des essentiels. Notes rédigées à l'attention des formateurs de futurs enseignants de physiques et de sciences appliquées dans les lycées scientifiques et techniques. Kinshasa : UPN / Ecole Doctorale. Juin Thèse de doctorat. Kinshasa : UPN / Ecole Doctorale (Inédit)..

MATA TOMBO, J-E. (2018b). Le timing de 2 x 50 minutes requis pour une initialisation conviviale à l'emploi de l'auxiliaire didactique TANAR 10. Article en lecture en vue de sa publication (Professeur Jonnaert Ph. CUDC – UQAM).

MATA TOMBO, J-E. et KEDI, N. N. (2018). Le logiciel MAKE 2 justifiant TANAR 50, 20, 10, 05, 02, 01 et 0.5 - Critère d'applicabilité et tables numériques. Article soumis en lecture (Professeur Jonnaert P. de CUDC – UQAM)

MATA TOMBO, J-E., MATA-TOMBO, M. I. et NGUIZANI, M. S. (2017). Cohérente implication du carré pédagogique et de 02 auxiliaires de l'ingénierie pédagogique dans les travaux pratiques de physique générale. (2013). in CRIDUPN n° 70b. Janvier – Mars 2017 : 251 – 275.

MATA TOMBO, J-E. ; MAKUMBU, N.M. et KITENGE, O.S. (2004). Nombres réels arrondis avec 02 chiffres significatifs au plus – Projet d'un logiciel sur le principe directeur de TANAR 05, 10 et 20. in CRPA Vol. 013 Spécial Physique (Mai – Juin 2004) : 157-178.

MINEPSP / DIPROMAD-1 (1988). Programme National de Physique / Enseignement général. Kinshasa : Dipromad.

MINEPSP / DIPROMAD-2 (2009). Programme National de Mathématiques. Kinshasa : CEREDIP.

MOREAU, R. (2003). *L'expérience de cours*. in La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques. Les Actes de l'université d'été, du 09 au 11 juillet 2001, Cachan. Publiés par le Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche /Direction de l'Enseignement scolaire- Eduscol le 01 avril 2003

RAISKY, C. et CAILLOT, M. (1996). Au-delà des didactiques, le didactique / Débats autour de concepts fédérateurs. Paris, Bruxelles : De Boeck et Larcier S.A. / De Boeck Université.

TAYLOR, J. (2000). Incertitudes et analyse des erreurs dans les mesures physiques. Paris : Dunod

TOKO, M. (2007). TANAR 10 e a estimacao das medidus Fisnas reais numa perspectiv didactica relativamente functionel. Traduction portugaise du Monographie de Mata Tombo (2006).