LA MESURE EN GÉOMÉTRIE
CONFIANCE ET UTILISATION
UNE EXPÉRIENCE EN CLASSE DE SECONDE[1]

Sylvain THIZON
Collège de Lis Isclo d'or

I. INTRODUCTION

Cet article, issu d'un mémoire professionnel, porte sur l'étude des connaissances d'élèves de classe de seconde à propos du thème de la mesure des longueurs en géométrie.

Il a pour objet de déterminer, à partir d'une expérimentation, le statut que l'élève accorde à cette mesure. Cela concerne :

- d'une part la nature du nombre représentant la mesure effectuée à l'aide d'un instrument (règle graduée). Est-ce un nombre décimal positif tel qu'on l'écrit généralement ou bien un intervalle, ce qui nécessite de définir sa longueur ?

- d'autre part la confiance accordée à cette mesure, en particulier son utilisation dans la résolution de problèmes géométriques.

Deux raisons principales ont motivé cette étude :

- la mesure est abordée à l'école élémentaire et au collège en liaison avec l'introduction des nombres (entiers, décimaux, fractionnaires). A l'inverse, elle n'est plus étudiée en seconde alors que certaines parties du programme sont concernées par cette notion (intervalles, nombres réels, démonstration).

- elle est fondamentale dans les disciplines scientifiques et technologiques.

[1] L'expérience a été conduite en classe de seconde : elle aurait pu tout aussi bien se faire au collège.

II. QUESTIONNEMENT

II.1. Les définitions

En mathématiques, la mesure est une application f des parties d'un ensemble E dans R vérifiant certaines propriétés : par exemple, si A et B sont deux parties disjointes de E, $f(A \cup B) = f(A) + f(B)$. En physique, la mesure est un résultat obtenu à l'aide d'un instrument.

Pour lever l'ambiguïté de ces deux significations, nous définissons ainsi les termes de mesure, mesure exacte et précision de la mesure :

- mesure : résultat obtenu en mesurant une grandeur à l'aide d'un instrument (par exemple, la mesure d'une longueur est obtenu à l'aide d'une règle graduée)
- mesure exacte : valeur exacte de cette grandeur

Par exemple, pour une unité donnée, soit un segment ayant pour mesure exacte $\sqrt{3}$. En mesurant avec une règle graduée, on peut obtenir une mesure : $1,6 \leq L \leq 1,8$. La mesure sera ici l'intervalle [1,6 ; 1,8], la mesure exacte $\sqrt{3}$.

- précision de la mesure : longueur de l'intervalle obtenu.

Dans l'exemple précédent la précision de la mesure est : 1,8 - 1,6 = 0,2.

Remarque : la mesure exacte représente la mesure qui serait effectuée sur une figure "idéale" par un instrument "idéal" dont la précision serait nulle. L'intervalle serait alors réduit à un singleton.

II.2. Enseignement de la mesure

a - École primaire et collège

La notion de mesure est abordée au cours élémentaire et au collège (jusqu'en 5ème). Elle apparaît comme liée à l'étude des nombres.

Deux articles de la revue "Grand N" (n° 27, septembre 1982) fournissent des exemples d'activités concernant les niveaux du CE2 au CM2.

Un premier problème (CE2 et CM1) consiste à dénombrer les lentilles d'un paquet de 500 grammes à l'aide de récipients gradués et d'une balance avec des masses marquées. Il permet aux élèves de découvrir la notion de proportionnalité sur les nombres entiers. Un deuxième problème (CM2) permet aux élèves de déterminer l'aire de pièces de carton de formes variées (carré, triangle, cercle, ...) en comparant la mesure de leur masse ou de leur superficie à partir de papier quadrillé. Il porte sur des nombres décimaux.

La brochure de l'I.R.E.M. de Université Paris VII intitulée "Mesure des longueurs et des aires" propose l'enseignement de la mesure de longueur à travers une suite de situations-problèmes. Il permet de découvrir, au travers de la mesure, les nombres fractionnaires, la comparaison de ces nombres, les opérations d'addition et de soustraction des fractions.

On trouvera dans la revue "Grand N", n° 50 (1991-1992) d'autres exemples d'activités, organisées en une séquence d'enseignement sur la mesure pour le CM.

Au collège, l'étude des fractions et des nombres relatifs est également liée à la mesure. La mesure de température en degré Celsius permet d'introduire en classes de 6ème et de 5ème les nombres relatifs. La mesure de longueur est utilisée pour constater des propriétés mathématiques. Par exemple pour montrer qu'une droite dans un repère a pour équation $y = ax + b$, on constate sur un exemple qu'un certain nombre de points dont les coordonnées vérifient l'équation sont alignés. Cette opération conduit à lire des longueurs (abscisse et ordonnée). En fait l'activité de "mesure" est extrêmement réduite, et pour ainsi dire évitée en classe de mathématiques au collège.

b - Programme de seconde

Le programme de seconde ne contient pas d'étude particulière sur la mesure de longueur. Certaines parties sont cependant concernées par cette notion :

- *l'étude des ensembles de nombres et en particulier des réels.* R est présenté comme un ensemble pré-construit . On parle de nombres irrationnels sans démontrer leur existence. Ils sont introduits sous la forme de racine carrée d'entiers (en général).

En conséquence, nous nous interrogeons sur la représentation que se fait l'élève de seconde d'un nombre décimal, d'un rationnel et d'un irrationnel. Concernant la mesure, nous pressentons qu'un élève de seconde a des difficultés à admettre que la mesure exacte d'une longueur puisse être un nombre irrationnel.

- *les intervalles.* Le résultat d'une mesure est un intervalle ou bien un nombre associé à un intervalle. Cela signifie que la valeur exacte de la grandeur concernée n'est pas déterminée, mais seulement incluse dans un intervalle. Nous dirons par la suite que cette "mesure exacte" est un nombre défini dans un intervalle.

Le programme de seconde contient une étude des intervalles. Exemple : "donner un encadrement de x+y, x-y, xy pour $-2,7 \leq x \leq -2,6$ et $27,3 \leq y \leq 27,4$ ". Là encore, nous pressentons des difficultés de l'élève à traiter ce type de problème déconnecté de la notion de mesure. On peut se demander si celui-ci saisit bien l'intérêt d'une telle activité.

A noter que l'élève de seconde a rarement utilisé des nombres définis dans un intervalle. En physique, la mesure d'une grandeur ne fait pas apparaître clairement d'intervalle. Par exemple, la mesure dont la valeur x est notée 9,7 est différente de celle dont la valeur y est notée 9,70 : pour la première, cela signifie $9,6 \leq x \leq 9,8$ et pour la seconde $9,69 \leq y \leq 9,71$.

- *la démonstration en géométrie.* Pour résoudre un problème géométrique, l'élève de seconde valide souvent les propriétés demandées en les constatant sur un dessin plutôt que par un raisonnement logique. Il utilise alors la mesure de longueurs. Sur un tel problème, un élève pourra se dire : "pourquoi démontrer que tel quadrilatère est un carré ! il est si facile de le constater sur la figure en le mesurant !"

II.3. Questionnement

Jean DHOMBRES dans son livre "Nombre, mesure et continu. Epistémologie et histoire" (I.R.E.M. de Nantes) décrit le rôle joué par l'opposition concret-abstrait dans le développement des concepts mathématiques à l'époque de la Grèce antique. Par exemple, Plutarque (45 - 125 ap. J.C.) trouvait avantage à utiliser des analogies issues du monde matériel (mécanique, art de l'ingénieur) comme l'avait pratiqué peu de temps auparavant Archimède. Platon (427 - 347 av. J.C.) à l'inverse, faisait la distinction entre le monde des objets sensibles, imparfaits et surtout changeants, et le monde de leurs modèles éternels, à savoir les Idées, parfaites et immuables. Citons un passage du livre pour illustrer ce propos : lorsque Platon envisage une figure géométrique qu'il dessine sur le sable, par exemple un cercle, ce n'est pas le support matériel bien imparfait qu'il considère, mais le cercle idéal, celui qui répond à la définition du cercle. Ainsi parlant de ceux qui s'occupent de géométrie (La République, Livre VI) :

"... Tu sais aussi qu'ils se servent de figures visibles et qu'ils raisonnent sur ces figures, quoique ce ne soit point à elles qu'ils pensent, mais à d'autres auxquelles celles-ci ressemblent. Par exemple, c'est du carré en soi, de la diagonale en soi qu'ils raisonnent, et non de la diagonale telle qu'ils la tracent, et il faut en dire autant de toutes les autres figures."

La lecture de ce passage conduit à s'interroger sur la conception que se fait un élève de seconde du signifié mathématique d'une figure "visible", par exemple dans la conception géométrique de $\sqrt{2}$.

Nous avons élaboré un questionnement sur la conception que se fait l'élève de seconde de la mesure et de l'objet mathématique représenté par une figure (visible) géométrique :

Quel statut un élève de seconde donne-t-il à la mesure d'une longueur en géométrie?

Plus précisément :

- l'élève de seconde fait-il la distinction entre la mesure et la mesure exacte ?
- à quel ensemble fait-il appartenir ces deux résultats (N, D^+, Q^+, R^+, intervalles de R) ?
- quelle précision donne-t-il à la mesure d'une longueur ?
- quelle confiance accorde-t-il à la mesure pour conjecturer et valider une propriété mathématique ?
- quelle conception se fait-il de l'objet mathématique d'une figure géométrique ?

Nous prenons ici "figure géométrique" dans le sens de "figure visible" comme l'écrit Platon dans la citation ci-dessus.

II.4. Intérêt extra mathématique de la question

Cette question est liée :

- d'une part à l'utilisation de nombres définis dans un intervalle. Cela concerne la mesure de toute grandeur effectuée au cours d'expériences dans des domaines variées (physique, chimie, ...). Cela concerne également toute activité industrielle liée à la conception et à la réalisation de pièces mécaniques (dessin industriel, usinage, ...). Dans tous ces exemples, on est amené à déterminer les résultats des mesures en définissant des intervalles.

- d'autre part à la place importante occupée par la notion de mesure pour l'obtention de la qualité des produits fabriqués dans le secteur industriel. Elle concerne les entreprises organisées suivant des systèmes qualité conformes aux normes ISO 9000 (normes pour la gestion de la qualité et l'assurance de la qualité) et intéresse en particulier les mesurages dans le cadre de la production et des contrôles.

III. Le problème posé

Nous avons cherché à poser le problème de l'existence d'une relation entre les longueurs d'une figure géométrique.

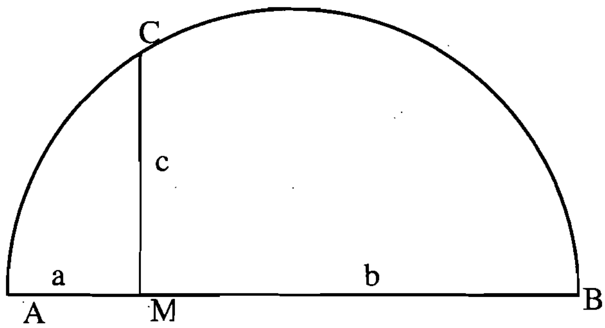
Notre projet est :

- dans un premier temps, de faire travailler les élèves à partir de mesures (sans donner d'indications sur le résultat obtenu) ;
- dans un deuxième temps, de les amener à se rendre compte que les mesures ne permettent pas de valider la relation supposée, qu'il faut pour cela utiliser une démonstration.

III.1. Énoncé du problème

Soient A et B deux points distants de 20 cm. On considère le demi-cercle de diamètre [AB] et un point M du segment [AB]. La droite perpendiculaire à (AB) passant par M coupe le demi-cercle au point C.

Le but du problème est de trouver, si elle existe, une relation mathématique liant les longueurs AM, BM et CM. On posera a = AM, b = BM, c = CM.



Remarque : la relation à trouver est $c = \sqrt{ab}$.

III.2. Recherche d'une relation entre a, b et c

L'expérimentation était prévue en deux parties.

La première partie avait pour objectif de faire conjecturer aux élèves une relation liant les valeurs a, b et c. Pour cela il leur a été demandé :

a) de construire la figure sur papier millimétré,

b) de remplir un tableau donnant les valeurs de b et c pour des valeurs de a égales à 0, 2, 4, ..., 20 cm (bien entendu, la valeur de c est mesurée),

c) de préciser toutes les remarques à faire sur les résultats obtenus,

d) de rechercher une relation directement à partir de ces résultats.

Le calcul de c par la relation à établir pour a = 2 cm et a = 4 cm donne respectivement c = 6 cm et c = 8 cm. Ce sont des valeurs entières. Ce constat laissait espérer que les élèves pourraient envisager la relation recherchée. Cependant un préalable était une construction géométrique suffisamment correcte.

Le but de la question c) était que les élèves fassent apparaître la symétrie du problème et ressortir les valeurs entières de c.

III.3. Les relations proposées

Dans la deuxième partie, les relations trouvées par les élèves ont été recensées : la relation attendue et des relations "non attendues" pouvaient être proposées par les élèves. Ce sont :

- la relation R1 :	$c = \sqrt{ab}$	
- la relation R2 :	$c = -1{,}4a^2 + 5a - 0{,}8b + 16$	$0 \leq a \leq 2$
	$c = (1/180).(a^3 - 31a^2 + 364a + 26b)$	$2 \leq a \leq 10$
- la relation R3 :	$c = 4(a - b/10) + 8$	$0 \leq a \leq 1$
	$c = a.b/10 + (5/18).(10 - a)$	$1 \leq a \leq 10$

En raison de la symétrie, nous avons limité l'étude de ces relations aux valeurs de a prises dans l'intervalle [0 ; 10]. En effet, lorsque $a \geq 10$, b varie entre 0 et 10; on définit alors les relations R2 et R3 en inversant les rôles de a et b dans leur définition de base.

Remarque : R2 et R3 sont des approximations de R1. Elles ne permettent pas d'établir une définition unique pour toutes les valeurs de a sur [0 ; 10].

Il a été demandé aux élèves pour chacune des relations :

- d'indiquer si oui ou non elle est solution du problème,
- de donner tous les arguments qui leur ont permis de répondre à la question précédente.

Cette partie avait pour objectif de déterminer les critères des élèves qui permettent de valider ou d'invalider chaque relation. En particulier, face à ces trois relations, toutes susceptibles d'être solution, vont-ils en déduire que la mesure n'est pas suffisante et rechercher une validation portant sur l'objet mathématique et non plus sur la figure géométrique ?

IV. EXPERIMENTATIONS ET ANALYSE

IV.1. Les expérimentations

L'expérimentation était prévue sur une durée totale de deux heures, la durée de chaque partie étant d'une heure.

Deux expérimentations de deux heures consécutives ont été effectuées au lycée Gabriel Faure à Tournon (07):

- la première en classe de 2ème1 le 8/02/94,
- la seconde en classe de 2ème5 le 18/02/94.

Ce travail a été effectué par neuf groupes de trois ou quatre élèves. Afin d'inciter les élèves à échanger leurs idées, il leur a été demandé de donner une seule réponse par groupe.

IV.2. L'analyse des données

Dans ce paragraphe, nous allons analyser les réponses d'élèves en suivant la chronologie de l'expérimentation.

a - Construction de la figure

Malgré la confiance accordée à la mesure, six groupes ont construit une figure incorrecte. Pour cinq de ces groupes, le rayon du cercle est légèrement différent de 10 cm, et la mesure de c pour a = 2 cm et a = 4 cm ne fait pas ressortir des valeurs entières (exemple: pour a = 2 cm, c = 6,1 cm au lieu de 6 cm). Cependant, les mesures entières ont bien été trouvées, ces groupes ayant arrondi les nombres aux valeurs entières proches.

Cette démarche nous amène à penser que, conformément au contrat didactique habituel sur la mesure des longueurs en classe de mathématiques, l'élève de seconde cherche des approximations entières proches des mesures effectives.

b - Recherche d'une relation

Tous les groupes ont réussi à conjecturer la relation R1. Cette recherche s'est principalement effectuée à l'aide de la calculatrice en utilisant les opérations connues (+, -, x, ÷, $\sqrt{\ }$,...).

Trois groupes ont recherché à démontrer la relation en utilisant le théorème de Pythagore. Deux n'y sont pas parvenus et ont renoncé par la suite à faire une démonstration. Le groupe trois de la classe 2ème1 y est parvenu pour une valeur donnée de a. Il n'a pas généralisé par la suite sa démonstration.

Certains groupes ont recherché une relation utilisant des notions de proportionnalité (écarts entre les valeurs de c, produit en croix, ...). D'autres, au contraire, ont compris que la relation n'est pas affine. Ils écrivent que a et b ont une augmentation régulière alors que c évolue irrégulièrement.

c - Écriture de la mesure et du calcul de c

Pour tous les groupes, l'écriture de la mesure est un nombre décimal avec au maximum un chiffre après la virgule.

Tous les groupes, sauf un, ont écrit un nombre décimal comportant au moins deux chiffres après la virgule pour la mesure de c. Certains précisent que la calculatrice ne donne pas tous les chiffres après la virgule, prenant ainsi conscience qu'elle arrondit la valeur exacte du calcul.

d - Unicité de la solution

Sept groupes sur neuf ont accepté que le problème posé ait plusieurs solutions.

Pour les deux autres, nous ne pouvons pas nous prononcer puisqu'ils n'ont validé aucune relation. Cependant, compte tenu que leurs critères de validation ont porté sur les résultats de la mesure, ces deux groupes auraient probablement accepté que deux relations différentes soient solutions du problème.

e - Critères de validation ou d'invalidation d'une relation à partir des résultats de la mesure

La question de la validation a été formulé différemment selon les classes :

Forme 1 (2ème1) : Ces relations sont-elles vraies, c'est-à-dire sont-elles bien la solution du problème posé ?

Forme 2 (2ème5) : Ces relations sont-elles vraies, c'est-à-dire donnent-elles la valeur exacte de c à partir de a et b ?

Les élèves sont toujours parvenus à répondre sur la validité des relations.

Certains groupes n'ont pas fourni de réponses claires. Cela concerne tout particulièrement la classe de 2ème1. Les élèves n'indiquent pas si oui ou non les relations sont vraies, ils se contentent de les comparer : une relation est plus précise ou plus fiable qu'une autre.

On peut alors s'interroger sur l'idée que l'élève se fait de la (ou des) relations à trouver. Ne considère-t-il pas que les réponses oui ou non sont insuffisantes, qu'il existe d'autres réponses correspondant à des relations intermédiaires que l'on peut comparer entre elles ?

Contrairement à notre attente, les élèves qui ont conjecturé R1 dans la première partie, n'ont pas réfuté R2 et R3 qui, pourtant, se présentent sous une forme complexe.

Les critères de validation ou d'invalidation d'une relation ont été :

- la comparaison du calcul et de la mesure de c (sept groupes). Cette comparaison s'est faite :

• à partir des valeurs numériques. Une relation est validée si la mesure et le calcul sont identiques ou bien si ces deux valeurs sont proches. Dans ce dernier cas, il n'a pas été défini de limite au delà de laquelle la relation n'est plus validée.

• à partir de la figure géométrique pour le groupe deux (2ème5) : construction d'un point C tel que la longueur CM soit égale à c "calculée".

- la nature du calcul de c.

• Pour trois groupes, c est un nombre décimal qui peut être lu sur la calculatrice. Cette interprétation a conduit ces groupes à invalider ou à considérer comme moins précise la relation R1 comportant la fonction racine carrée. Cette fonction représente pour l'élève un nombre irrationnel qui ne peut pas s'afficher sur la calculatrice.

• Le groupe 3 (2ème5) considère que les calculs obtenus par la relation R2 sont faussés par les nombres décimaux contenus dans leur définition (-1,4 et 0,8) ; les élèves de ce groupe arrondissent les résultats. A l'inverse des trois autres groupes, ce dernier groupe considère que la mesure exacte ne doit pas toujours être une valeur entière ou décimale simple (1 ou 2 chiffres après la virgule).

- la comparaison des valeurs obtenues par la relation et par la moyenne des trois relations [(1/3).(R1 + R2 + R3)] (groupe 4- 2ème5). Les élèves ont utilisé une démarche statistique.

f - Démonstration de la relation

Aucun groupe n'est parvenu à conclure que la mesure ne permettait pas de répondre à la question, en conséquence la démonstration n'a pas été recherchée.

V. CONCLUSION

V.1. les résultats de la mesure

Il semble que l'élève de seconde ne fasse pas de distinction entre la mesure et la mesure exacte. En effet aucune réponse d'élève ne fait apparaître clairement cette distinction. De plus, pour certains groupes, mesure et mesure exacte sont de même nature : ce sont des nombres décimaux.

D'après les valeurs relevées dans les tableaux, on peut conclure que pour l'élève de seconde, la mesure d'une longueur exprimée en centimètres, lue sur papier millimétré ou bien avec une règle graduée, est un nombre entier ou un nombre décimal à 1 chiffre après la virgule.

On peut se demander si le résultat de la mesure pour les élèves est un intervalle, sans pour autant le faire apparaître dans leurs relevés. Deux constats permettent d'infirmer cette hypothèse :

- en décembre 1993, les élèves de la classe de 2ème1 ont mesuré des longueurs et, comme cela leur avait été demandé dans l'exercice, les valeurs relevées ont été définies à l'aide d'intervalles. A l'expérimentation du 8 février 1994, ces mêmes élèves n'ont pas fait apparaître clairement cette notion enseignée deux mois auparavant.

- six groupes ont considéré comme valide une relation si la mesure et le calcul de c sont identiques ou proches. Dans ce dernier cas, l'écart maximal entre deux valeurs au delà duquel la relation n'est plus valide n'a pas été défini.

V.2. Confiance

Les résultats expérimentaux nous indiquent que :

- tous les groupes sauf un ont conjecturé la relation à partir des résultats de la mesure. Deux groupes ont essayé auparavant d'obtenir la relation par démonstration.

- tous les groupes sauf un, y compris celui qui a démontré R1, ont utilisé les résultats de la mesure pour décider de la validité des relations.

Ces résultats montrent que ces élèves de seconde font confiance à la mesure pour conjecturer et valider une propriété mathématique.

V.3. Conception

Les réponses précédentes ainsi que les résultats des données expérimentales semblent confirmer que les élèves de seconde observés ne parviennent pas encore à concevoir l'objet mathématique idéal, représenté par une figure géométrique, et sur lequel on lui demande de raisonner.

Les arguments de cette affirmation sont :

- la confiance accordée à la mesure pour conjecturer et valider des relations. En effet, les élèves ne sont pas parvenus à choisir comme critère de validation la démonstration au détriment de la mesure, bien que l'un des groupes ait réussi à démontrer R1,

- la confusion entre la mesure et la mesure exacte ; en particulier la nature de la mesure exacte est considérée comme un nombre décimal. Pour trois groupes, la relation R1 est peu précise car elle comporte la fonction racine carrée (fonction représentant le nombre irrationnel).

- le fait que les élèves admettent, d'une part que plusieurs relations distinctes peuvent être solutions du problème et, d'autre part qu'il existe probablement des relations intermédiaires entre celles qui sont solutions et celles qui ne le sont pas (voir § IV.2.e).

Plus ponctuellement, cette affirmation est également confirmée par la méthode de validation employée par le groupe 2 (2ème5) qui a construit des points directement sur la figure. En agissant ainsi les élèves de ce groupe considèrent que le cercle dessiné représente le cercle idéal (celui dont parle Platon), et qu'il peut raisonner dessus.

V.4. Commentaires

La difficulté à distinguer "mesure exacte" et "mesure" pourrait s'expliquer par la nature des exercices concernant les opérations de nombres définis dans un intervalle proposés dans les manuels de mathématiques.

Ne faudrait-il pas assurer une meilleure liaison entre l'enseignement des mathématiques et celui de la physique ? On peut penser en effet que ce qui concerne la mesure des longueurs reste vrai pour la mesure d'autres grandeurs (masse, force, intensité,...). Il serait souhaitable que l'élève puisse retrouver des applications de l'enseignement des intervalles lors des expérimentations en physique.

Deux raisons principales expliqueraient l'échec du traitement correct du problème posé dans notre expérimentation :

- la confiance accordée à la mesure pour valider une propriété mathématique ;
- la conception erronée de l'objet mathématique représenté par une figure géométrique, dont peut résulter la confiance en la mesure : l'élève ne parvient pas à imaginer le demi-cercle formé d'une ligne qui n'a pas de largeur et qu'on ne peut donc pas dessiner. Il en est de même pour toutes les autres figures.

Ce constat n'explique-t-il pas que l'élève de seconde ne comprenne pas l'intérêt de la démonstration en mathématique comme seul outil permettant de valider une propriété mathématique, c'est à dire une propriété d'un objet mathématique ?

BIBLIOGRAPHIE

BROUSSEAU G. et N. (1991-1992). Le poids d'un récipient - étude des problèmes de mesurage, *Revue "grand N"*, n° 50, IREM de Grenoble.

BURGUN M., GUINET R. (1982). Aires et pesées en CM2, *Revue "grand N"*, n° 27, IREM de Grenoble.

DHOMBRES J. (1978). *Nombre, mesure et continu. Epistémologie et histoire*, Publication de l'IREM de Nantes, éd. Cédic/ Fernand Nathan.

DOUADY R., PERRIN M-J. (1983). *Mesure des longueurs et des aires,* Brochure n° 48, I.R.E.M. de l'Université de Paris VII.

GUINET R. (1982). Dénombrement et mesure en CE2 et CM1, *Revue "grand N"*, n° 27, IREM de Grenoble.

Norme internationale ISO 9002 (NF.EN.29002): Systèmes qualités - Modèle pour l'assurance de la qualité en production et installation.