DIFFICULTÉS D'EXTRACTION DE LA MOYENNE ARITHMÉTIQUE À PARTIR D'UN GRAPHIQUE STATISTIQUE : CAS DE L'HISTOGRAMME

ROUAN* Omar – EL IDRISSI** Abdellah

Résumé- L'article vise la mise en évidence de difficultés d'interprétation des graphiques statistiques chez les élèves marocains du secondaire. Pour ceci 140 étudiants sont appelés à estimer la moyenne à partir d'un histogramme. Aucun n'est arrivé à l'extraire à partir de la forme globale du graphique, mais tous ont eu recourt à la formule de la moyenne ou à des formules semblables. En plus, cette dernière n'était que rarement maitrisée, surtout lorsqu'il s'agit de son adaptation à l'histogramme.

Mots clés : Graphiques, statistiques, lecture, interprétation, difficultés

Abstract- The article aims to highlight difficulties in interpreting statistical graphs among Moroccan high school students. For this 140 students are asked to estimate the average from a histogram. None managed to extract it from the overall form of the graph, but all used the average formula or similar ones. In addition, the latter was only rarely mastered, especially when it comes to its adaptation to the histogram.

Keywords: Graphs, statistics, reading, interpretation, difficulties

I. POSITION DU PROBLEME

En statistique, l'analyse descriptive des données relatives à une seule variable passe par plusieurs étapes dont la collecte, l'organisation, la représentation et le résumé des données. De même, les outils et les concepts statistiques conçus pour la réalisation de ces étapes sont nombreux et variés. Parmi ces outils, les graphiques statistiques tels que le diagramme en bâtons, l'histogramme ou le polygone des fréquences, jouent un rôle important dans la modélisation des distributions statistiques et dans l'organisation et la simplification de l'accès à l'information.

Avec Janvier (1978), et comme nous l'avons souligné (Rouan, 2001), nous considérons que l'exploitation de ces graphiques repose sur deux processus essentiels, la lecture et l'interprétation. En effet, la lecture d'un graphique revient à un décodage de ses composantes syntaxiques. C'est la reproduction verbale de ce qui est effectivement écrit sur le graphique, elle ne fait appel à aucun élément externe à la syntaxe du graphique. Son interprétation est un processus interactif où interagissent les représentations que le sujet s'est construites autour des éléments du graphique et ceux de la situation. Ce processus peut prendre la forme d'un questionnement continu qui part, soit du graphique, soit de la situation. Dans le premier cas, il peut être question d'expliquer un maximum ou une décroissance pour une fonction numérique à variable réelle. Dans le deuxième cas, il peut s'agir de voir comment s'explique le caractère mixte de la population statistique dans le graphique. L'interprétation nécessite donc un raisonnement qui se réfère continuellement et de manière concomitante aux éléments du graphique et au contexte de la situation.

Pour rendre opérationnel ces deux processus, nous les avons liés aux aspects d'un modèle de compréhension proposé par Lamrabet (1992, 1993) et inspiré du modèle de Bergeron et Herscovics (1982, 1988, 1989). Ainsi, la lecture peut être associée aux deux aspects, structural et opératoire du modèle. Ces derniers auraient pour objectif de répondre à des

---

*ENS, UCA, Marrakech, omarrouan@gmail.com
**ENS, UCA, Marrakech, abdellah_elidrissi@yahoo.fr

questions du type : Quelle est la grandeur utilisée pour représenter la variable figurant sur l'axe des ordonnées? Est-ce une longueur? Est-ce une surface? Est-ce une autre grandeur? Quels sont les signes et les symboles utilisés dans ce graphique? Quel type de données statistiques peut représenter ce graphique? Quels sont les concepts statistiques qui interviennent dans ce graphique? Y a-t-il des conventions liées à ce graphique? Comment les données sont-elles organisées? Est-ce sous forme d'une distribution? Est-ce des données individuelles? Y a-t-il des choix arbitraires, relatifs à l'organisation des données ou aux signes graphiques, à faire avant la construction de ce graphique? Si oui, lesquels? Y a-t- il des cas à distinguer dans la construction de ce graphique? Quelles sont les différentes configurations que peut avoir ce graphique? Faut-il choisir une échelle pour chacun des axes? Quelles sont les conventions liées à la construction de ce graphique?

Quant à l'interprétation, elle peut être associée aux aspects descriptif et fonctionnel de ce modèle. Les questions susceptibles d'être évoquées à cet égard sont du type : Quelles sont les propriétés caractéristiques de ce graphique? Quelles sont les différentes formes qu'il peut prendre? Quelles sont les propriétés mathématiques (géométriques, analytiques...) qu'il peut présenter? Quels sont les concepts mathématiques auxquels il est lié? Quels sont les concepts statistiques qu'il peut illustrer, approcher ou donner directement? Comment se manifeste chacun de ces concepts? Quels sont les problèmes statistiques que ce graphique peut aider à résoudre ? Peut-il aider à estimer une probabilité? Une proportion? Une moyenne? Un écart-type? Une fonction de densité? Comment? Peut-il servir à donner le nombre ou le pourcentage d'individus ayant une certaine caractéristique donnée? Peut-il servir à prendre des décisions? A prévoir la valeur d'un certain caractère statistique? Ou prévoir des résultats? Lesquels?

L'extraction de la moyenne à partir du graphique, et qui nous intéresse dans cet article sera donc considérée davantage parmi les questions d'interprétation de ce dernier.

En fait, la moyenne arithmétique est un outil particulier de description des données statistiques. C'est une des valeurs centrales possibles d'une variable statistique, qui donne l'ordre de grandeur des observations statistiques, une valeur autour de laquelle se situe l'ensemble de ces observations. C'est un paramètre qui essaie de résumer avec plus ou moins de fidélité, l'information contenue par les observations.

La formule élémentaire de la moyenne arithmétique ($\bar{x}= \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$, n étant la taille de l'échantillon) part des différentes observations individuelles et, comme le rapporte Gal (1995), met en évidence un procédé d'addition et de division. Comme nous allons le voir vers la fin de ce texte, c'est ce procédé qui est le plus retenu de l'enseignement de cette notion par nos élèves du secondaire.

Cette formule traduit le fait que la moyenne arithmétique est la valeur qu'aurait chaque individu de l'échantillon (ou de la population), si l'on supposait que tous ont la même valeur. C'est le partage équitable de la masse totale obtenue par tous les individus. Donc la définition de la moyenne arithmétique repose sur une hypothèse implicite d'équité -ou plutôt d'équitabilité- du partage de la masse totale des observations. Ceci représente une première interprétation de la moyenne.

Une deuxième interprétation de la moyenne est soutenue par la formule de « la moyenne pondérée » donnant la moyenne à l'aide des fréquences et des modalités. Cette formule est liée à la distribution des fréquences, qui est une organisation avancée des données statistiques.

Cette seconde interprétation revient à considérer la moyenne comme la valeur qu'aurait chaque individu si les modalités étaient également partagées entre les individus. Ainsi chaque individu aurait une part f_1 de la modalité 1, une part f_2 de la modalité 2, une part f_3 de la modalité 3, et ainsi de suite. La moyenne sera alors égale à:

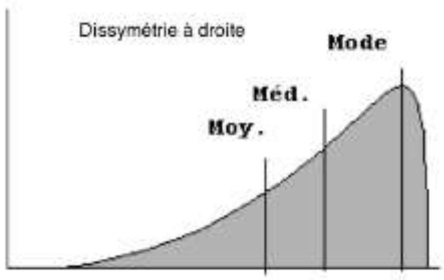
$$f_1x_1 + f_2x_2 + \ ... + \ f_kx_k$$

Une troisième interprétation de la moyenne arithmétique revient à associer à chaque modalité une masse égale à sa fréquence, qu'on placerait sur un axe à la position exacte de cette modalité. La moyenne correspond alors au centre de masse. C'est le point où l'axe va être en équilibre horizontal.

Du fait qu'elle tient compte de toutes les observations, la moyenne arithmétique peut être biaisée par quelques valeurs extrêmes et ainsi, elle perd son caractère de représentativité quand la distribution est **fortement** dissymétrique.

En effet, si on se situe sur un axe, une valeur très élevée (resp. très faible) entraînera un glissement de la valeur moyenne vers la droite (resp. vers la gauche) et alors la valeur obtenue pour la moyenne peut ne pas refléter la valeur générale obtenue par la majorité. Ce constat nous informe sur la façon dont la moyenne est sensible aux valeurs extrêmes ; il nous informe également sur les conditions sous lesquelles la moyenne peut refléter une « bonne image » de la réalité de la distribution.

En d'autres termes, une dissymétrie vers la gauche (resp. vers la droite) situera la moyenne à droite (resp. à gauche) du mode et donnera ainsi une valeur qui ne correspond pas à la majorité (mode) des individus.



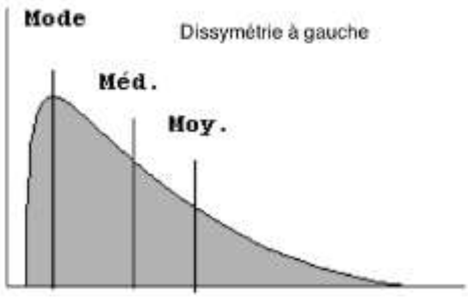


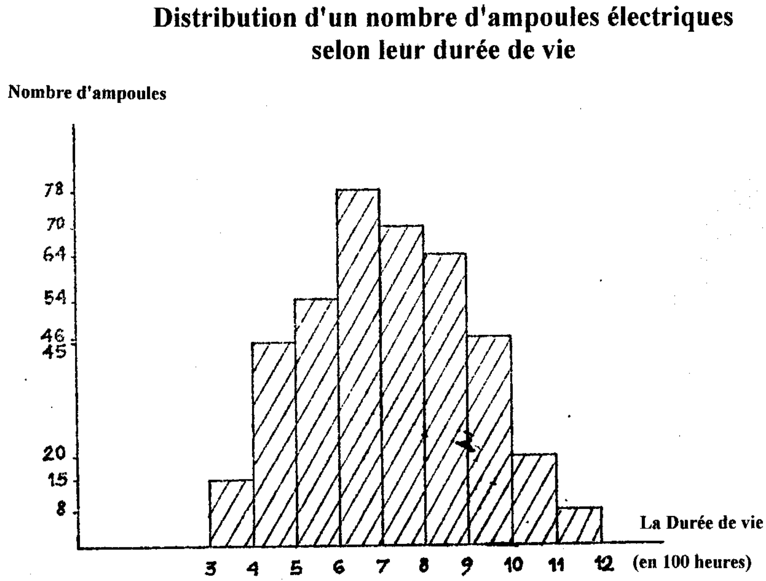
Figure 1*-Distributions dissymétriques*

Ainsi, dans un contexte statistique, la représentativité de la moyenne ne dépend pas seulement de celle de l'échantillon utilisé, elle est aussi tributaire de la nature ou de l'allure de la distribution.

Dans le cas de graphiques tels que le diagramme en bâtons ou l'histogramme, présentant un modèle fonctionnel, nous aboutissons à une certaine correspondance entre la configuration graphique de la distribution statistique et la position de la valeur moyenne sur l'axe des abscisses du graphique. En effet, pour ce type de graphiques il y a des situations où la moyenne arithmétique peut être déduite directement, c'est le cas d'une distribution uniforme ou d'une distribution uni modale symétrique. Dans ce dernier cas, les trois paramètres, la médiane, le mode et la moyenne sont égaux, et se confondent au milieu de la distribution. Dans le cas d'une distribution asymétrique à gauche, la moyenne se situe à droite du mode, c.à.d. entre le mode et la valeur maximale. Alors que dans le cas d'une distribution asymétrique à droite, elle se situe entre le mode et la valeur minimale. Enfin, pour certains autres graphiques tel que le diagramme circulaire, cette extraction de la moyenne ne peut se faire directement à partir du graphique.

II. OBJECTIF, METHODOLOGIE ET ANALYSE PREALABLE

Dans le but d'évaluer la compréhension de la moyenne arithmétique chez des élèves, Gal (1995) propose une activité qui consiste à estimer cette dernière à partir d'une représentation graphique des données statistiques. Rouan (2001) qualifie cette activité comme une activité d'interprétation de la RGDS en question. Dans cet article, nous nous situons dans le prolongement de cette étude en nous focalisant sur l'histogramme. Notre objectif est d'explorer particulièrement les difficultés qu'affrontent les élèves du secondaire lors de l'extraction de la moyenne à partir de l'histogramme. Ainsi, nous avons présenté à 140 élèves de tronc commun, ($10^{ème}$année de scolarité, 16-17 ans) un histogramme représentant la distribution d'un nombre d'ampoules électriques selon leur durée de vie. Les élèves sont appelés à ressortir la valeur de la moyenne à partir du graphique. Voici l'histogramme proposé ainsi que les questions qui l'accompagnent :



Question

La durée de vie moyenne des ampoules représentées par ce graphique est :

a) 650 heures

b) 714 heures

c) 717 heures

d) 1000 heures

e) autre réponse

Laquelle? ....

Justifier votre réponse : ....

Figure 2 *- Histogramme et questions posées*

Notons d'abord que ces élèves ont tous suivi un cours de statistique descriptive comportant une unité sur les graphiques statistiques dont l'histogramme, tandis qu'une autre unité porte sur les paramètres de position, dont la moyenne arithmétique. L'objet de la question étant de donner une valeur approchée de la moyenne relative à l'échantillon proposé, cette valeur peut provenir directement du graphique, résulter d'un calcul effectué à partir d'une formule de la moyenne arithmétique, objet du cours, ou provenir d'un autre procédé que l'élève devra justifier en montrer la convenance.

En fait, le calcul de la moyenne à partir de l'histogramme peut s'articuler autour de trois composantes : 1) la connaissance des caractéristiques du graphique, 2) la connaissance de la formule de la moyenne, et 3) la connaissance de la correspondance des éléments constituant cette dernière avec les informations représentées par l'histogramme.

Dans la question nous demandons la durée de vie moyenne relative à l'échantillon étudié. Il n'a pas précisé qu'il s'agit de la moyenne arithmétique. Mais c'est le seul type de moyenne, étudié et connu par les élèves de la première année de la section « sciences expérimentales » ici concernés. Nous estimons que la réponse à cette question devra reposer,

a) soit sur l'utilisation de la formule, ce qui demande de passer du graphique au tableau de données avant d'appliquer la formule,

b) soit, sur l'allure symétrique de la distribution, où la moyenne se rapproche du mode et de la médiane et se situe au milieu, entre la valeur minimale et la valeur maximale.

La bonne réponse à la question est le choix « c », soit 717.

III. RESULTATS ET ANALYSES

Les résultats recueillis sont résumés dans le tableau suivant (S.R.: sans réponse):

réponse	a	b	c*	d	e	S.R.
%	18	2	13	7	49	10

***Tableau 1** – tableau des résultats*

Dans les résultats rapportés dans cette question, on notera que 13% des sujets seulement ont fait le bon choix de réponse en utilisant correctement la formule de la moyenne. 18% ont donné le premier choix (650 heures), 50% ont opté pour des réponses hors des quatre choix proposés (le choix « e »), alors que 10% n'ont pas donné de réponse.

Les réponses alternatives données en "e" quant à elles sont nombreuses et différentes. Quelques-unes sont d'ailleurs difficilement compréhensibles. Nous y avons repris ci-dessous en particulier les réponses numériques suivantes : "1200"; "7500"; "5700"; "133,3"; "833,33"; "243"; "638"; "750"; "900"; "600" ; "entre 300 et 1200". A ces réponses il faut ajouter deux réponses standards : « *je ne sais pas* » et « *impossible de donner une réponse* »

Ces résultats sont pour la majorité, justifiés soit par le recours à une formule de calcul, soit que les élèves confondent la moyenne avec un autre paramètre statistique. En effet, plus de 20% des sujets ont donné comme « moyenne de l'échantillon »la valeur 600 ou la valeur 650, en soulignant que ces valeurs sont les plus fréquentes. Une autre catégorie importante de ce type de réponses manifeste une confusion entre « la moyenne » avec « la valeur maximale observée » (1200 heures). D'autres sujets considèrent que la moyenne doit se situer au milieu, entre la valeur maximale et la valeur minimale. Toutefois, les arguments évoqués à propos de cette réponse ne font pas de référence explicite à la symétrie apparente du graphique.

"Parce que 750 est le milieu entre 1200 et 300"

"Parce la moyenne dans ce cas, est égale à la demi-solde de la plus grande et de la plus petite valeur"

Certains ont même confondu « la moyenne » avec « l'étendue » de la distribution, qui elle est plutôt une mesure de dispersion qui s'apparente davantage à une distance et ne peut pas correspondre à une valeur spécifique de la variable statistique étudiée.

En fait, ni les formules, ni les paramètres utilisés n'ont été amplement justifiés. Seulement 6% des sujets ayant opté pour le choix « e », ont utilisé correctement la formule de la moyenne, alors que plus de 90% des réponses fausses ont utilisé des formules autres que celles données dans le cours. Le tableau suivant présente ces dernières, aussi bien que certaines des justifications qui les accompagnent. Dans le tableau qui suit, chaque justification est accompagnée de la réponse correspondante. Pour la lisibilité du tableau, les notations suivantes sont utilisées:

Les e_i sont les extrémités des classes.

Les c_i sont les centres des classes.

Les n_i sont les effectifs des classes.

M est le nombre de classes.

	Procédé	Formules et justifications
1	$\sum e_i$	7500 car 300+400+500+ ...+ 1200= 7500
2	$\sum c_i$	5700 car 350+450+550+ ... + 1150 = 5700
3	$\sum n_i$	243 car 32+33+47+63+14+54=243
4	$\frac{\sum c_i}{M}$	638 car $\frac{350+450+550+650+750+850+950+1050+1150}{9} = 638$
5	$\frac{\sum e_i}{M}$	833,3 car la moyenne est : $\overline{X} = \frac{\sum dur\acute{e}edevies}{\sum nombrederectangle}$
6	$\frac{\sum e_i}{\mathrm{Sup}(n_i)}$	$\frac{300+400+500\ +600+700+800+900+1000+1100+1200}{78}$
7	$\frac{\sum e_i n_i}{\mathrm{Sup}(e_i)}$	$\frac{[(300x15)+(400x46)+\ldots+(1200x8)]}{1200}$
8	Milieu	750 car $\frac{1200+300)]}{2}$ = 750
9	Mode	650 car c'est le milieu de la classe qui a le plus grand effectif
10	Sup (e_i)	1200 « car les durées de vie ne dépassent pas 1200 heures » « car c'est la plus grande durée de vie »
11	Sup(e_i)– Inf(e_i)	900 car 1200 - 300 = 900

***Tableau 2** – tableau récapitulatif des résultats obtenus*

Les six premières formules semblent utiliser de façon partielle et/ou erronée la formule élémentaire de la moyenne qui est le rapport de la somme des observations brutes sur leur nombre total (taille de l'échantillon). Elle est différente de la formule de la moyenne pondérée.

Ainsi considérée, cette formule ne s'adapte pas à l'histogramme, parce que ce dernier ne représente pas les données brutes, mais part des regroupements de ces dernières en classes. Pour être appliquée à l'histogramme, cette formule doit subir des adaptations et des changements qui tiennent compte de la structure de l'histogramme, c'est-à-dire de l'organisation des données sous forme d'une distribution, de leur regroupement en classes et de la perte d'informations engendrée par ce regroupement.

Les différentes réponses ont montré que cette formule est utilisée tantôt avec une seule variante, tantôt avec deux variantes. Pour les trois premières lignes du tableau, les calculs se limitent respectivement à la somme des extrémités des classes (e_i), de leurs centres (c_i), et des effectifs partiels (n_i) sans s'occuper aucunement de la division. Néanmoins, pour les deux lignes suivantes, ou la moyenne est calculée par un rapport, il y a un recourt aux centres ou aux extrémités des classes avec leur nombre pour les deux première, et aux extrémités des classes avec le sup des effectifs (n_i).La dernière formule de la moyenne semble utiliser la forme de la moyenne pondérée, mais avec un dénominateur inapproprié.

Soulignons que ces six procédés de calcul nous laissent supposer, voire conjecturer que les élèves ont une conception discrète et localisée de l'histogramme, contrairement à sa vocation qui demeure de permettre un traitement fonctionnel, continue et global de la situation.

Plus encore, il ressort des résultats présentés que les sujets ont des difficultés à reproduire la formule de la moyenne pondérée, et surtout lorsque les modalités doivent être remplacées par les centres des classes. Remarquons le recours au mode discret de lecture de l'histogramme, qui prend les extrémités des classes pour les modalités de la variable statistique étudiée et leur nombre pour effectif global.

A part le milieu et le mode (formules 8 et 9) qui peuvent coïncider avec la moyenne dans le cas d'une distribution symétrique, les autres formules (10 et 11) nous éloignent de la formule de la moyenne et du sens qu'elle incarne.

Donc, l'extraction de la moyenne à partir du graphique se fait dans un grand nombre de cas, par un recours à la formule apprise en classe. Ce recours n'est pas toujours réussis, car les élèves ne s'en rappellent pas ou ne réussissent pas à en faire une application judicieuse et appropriée sur un histogramme. Dans les autres cas, la moyenne est assimilée à des paramètres tels que le mode, le milieu, une extrémité, ou l'étendu de la distribution. Les résultats ont donc illustré que la notion de moyenne interfère, chez les élèves, avec un grand nombre de paramètres (mode, sup, inf, (max + min)/2, étendu, etc), qui sont quelquefois de nature complètement différente de la moyenne.

Nous pouvons donc affirmer que la notion de moyenne n'a pas chez les sujets, une signification qui permette de la distinguer des autres paramètres, de retrouver les différentes versions de sa formule, et de la reconnaître sur un graphique tel que l'histogramme. En plus, les réponses et les arguments donnés montrent que les propriétés graphiques de la distribution statistique (symétrie, dispersion ...) ne sont pas exploitées par les élèves. En effet, ces propriétés ne sont explicitement signalées dans aucun des arguments fournis.

IV. DISCUSSION

Dans la question posée, la tâche d'interprétation consiste à déduire du graphique une valeur qui n'est pas directement lisible sur le graphique, à savoir celle de la moyenne. Cette valeur représente une information globale qui peut, dans certains cas, être anticipée à partir du graphique. Son extraction ou sa déduction du graphique peut aussi faire appel à un processus de réorganisation des informations issues de l'histogramme en une distribution statistique sous forme de tableau ou par le biais de la formule de la moyenne.

Les difficultés mises en évidence par les résultats que les élèves ont donnés à cette question, comme le révèle notre analyse, sont variées et peuvent être situées à trois niveaux de compréhension différents :

Le premier type de difficultés concerne la signification du concept de moyenne et le sens que l'élève associe à sa formule. Il concerne donc tous les concepts statistiques figurant sur le graphique (variable statistique, modalité, effectif ou fréquence, valeurs extrêmes, mode, etc). Il concerne aussi la signification de chacun d'entre eux (problème de sens), l'articulation et les interactions qu'ils peuvent entretenir entre eux, les différentes façons dont ils sont combinés, la différentiation de chaque concept et enfin leur exploitation pour faire des calculs, des comparaisons ou d'autres opérations. Ce type de difficultés peut être lié aux aspects structurel et descriptif de la compréhension de la notion de moyenne.

Le deuxième type de difficultés concerne les opérations et les connaissances nécessaires pour le passage des données du graphique à la formule de la moyenne. En effet, ce passage nécessite une étape intermédiaire qui revient à préciser les valeurs de la variable et les effectifs qui leur sont associés et à appliquer la formule en respectant les hypothèses qui sont derrière ce passage. De ce fait, cette difficulté peut être liée à l'aspect sémiotique de la compréhension.

Le troisième type de difficultés est lié à la maîtrise des propriétés graphiques de la distribution statistique (symétrie, dispersion, valeurs extrêmes, etc) et à la capacité de faire le lien de ces dernières avec la notion de moyenne. Ce type se situe donc au niveau de l'aspect descriptif de la compréhension du graphique utilisé, en l'occurrence, l'histogramme.

V. CONCLUSION

Pour le calcul approché de la moyenne à partir de l'histogramme, nous n'avons remarqué aucun recours à la symétrie de ce dernier graphique comme argument soutenant les réponses des élèves. Par contre, nous avons constaté que la moyenne interfère avec plusieurs autres concepts apparentés : milieu, valeurs extrêmes, mode, l'étendu, etc. Ceci semble justifier les difficultés de distinction entre la moyenne et ces autres concepts, difficultés liées à l'aspect sémiotique de compréhension de la moyenne.

Il parait que cette multitude de formules erronées et de confusions provient du fait que la moyenne n'a pas un sens clair chez les élèves. Elle n'a pas une signification de référence qui permette de la reconstruire et de la distinguer des autres paramètres et surtout qui constitue un recours sûr en cas de situation inédite ou ambigüe. Ceci explique en partie, la difficulté de retrouver la bonne formule pour calculer la moyenne. A ce propos, on ne peut ignorer le rôle ou plutôt l'absence de rôle des activités d'enseignement dans le développement d'une signification de la moyenne chez les élèves.

La compréhension de la relation graphique/ moyenne concerne alors 1) le passage du graphique à la formule en identifiant les différentes composantes de cette dernière sur le graphique, 2) l'illustration de la valeur moyenne sur le graphique en recourant à une stratégie pratique ou à une technicité basée sur le sens associé à la moyenne 3) la reconnaissance des différentes *formes* caractérisant le positionnement de la moyenne (inférieure au mode, coïncide avec le mode, supérieure au mode). Ces éléments éclairent les difficultés qui se manifestent chez les sujets questionnés, difficultés liées à l'aspect descriptif de l'histogramme.

RÉFÉRENCES

Gal, I. (1995). Statistical tools and statistical literacy: The case of the average. *Teaching statistics*, 17(3), 97-99.

Bergeron, J. C., Herscovics, N. (1982). Des modèles de la compréhension. *Revue des sciences de l'éducation*, 8(3), 576– 596.

Herscovics, N., Bergeron, J. C. (1988). An extended model of understanding. In *Proceedings of the Tenth Annual Meeting PME-NA*, 15-22. Dekalb, Illinois.

Bergeron, J. C., Herscovics, N. (1989). Un modèle de la compréhension pour décrire la construction de schèmes conceptuels mathématiques. In *Actes de la 41ème rencontre de C.I.E.A.E.M. (commission internationales pour l'étude et l'amélioration de l'enseignement des mathématiques)*, 139-147. Bruxelles, Belgique.

Janvier, C. (1978). *The interprétation of complexcartesian graphs representing situations – studies and teachingexperiment*».Thèse de Doctorat (Ph. D) soumise à l'université de Nottingham.

Lamrabet, Driss (1993). Réflexions sur le problème de la compréhension en mathématiques. *Printemps de la didactique des mathématiques à Fès, Faculté des sciences de Fès- ENS de Rabat* – Ambassade de France, Mars 1993.

Lamrabet, D. (1992). Printemps des mathématiques à Fès du 4 au 8 mai. *Document réalisé par la faculté des sciences de Fès et l'ENS de Rabat en collaboration avec la Coopération éducative*.

Rouan, O. (2001). *Lecture et interprétation des représentations graphiques des données statistiques chez les élèves et les enseignants du secondaire »,* Thèse de Doctorat (Doctorat d'état) soumise à l'université Mohamed V de Rabat.