UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE NORMALE SUPERIEURE ANTANANARIVO

DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines en Education »
SPECIALITE : Mathématiques
PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Mathématiques

---

MEMOIRE DE MASTER PROFESSIONNEL

Apprentissage de la propriété de Thalès et de la propriété de Pythagore en utilisant un dessin animé ou Geogebra. Etude de cas.

Présenté par NATOLOTRA Ho Mino Hasina

Membres de Jury :

- Président : RAKOTONANAHARY Mamy Lalao
  Titre : Docteur

- Juge : RASAMIMANANTSOA Victor
  Titre : Assistant d'Enseignement Supérieur et de Recherches

- Directeur : RATOMPOMALALA Harinosy
  Titre : Docteur HDR.

Date de la soutenance :09 août 2021 ;
N° d'ordre : 06 / FPSM / FRHE

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent au Dieu Tout Puissant de nous avoir donné la santé et l'intelligence qui nous a permis d'achever ce mémoire de fin d'études.

Je tiens à remercier également toutes personnes, sans exception, qui ont porté intérêt à ce travail, notamment aux personnes suivantes :

- Monsieur RAKOTONANAHARY Mamy Lalao, Docteur, qui a bien voulu accepter de présider la soutenance de ce présent mémoire.
- Monsieur RASAMIMANANTSOA Victor, Assistant d'enseignement supérieur et de recherches, qui, malgré ses nombreuses occupations, a accepté d'être le juge de ce mémoire.
- Madame RATOMPOMALALA Harinosy, Maître de conférences HDR, directeur de ce mémoire, qui m'a aidé pour la réalisation de ce mémoire. Malgré ses multiples occupations, elle a bien voulu me guider et encadrer au cours de l'élaboration de ce travail.
- Tout le personnel enseignant et administratif de l'Ecole Normale Supérieure qui a contribué à notre formation initiale tout au long de ces cinq années d'études.
- A toutes les personnes qui m'ont aidé à l'élaboration de ce mémoire : le personnel enseignant et administratif du lycée Andohalo Antananarivo et lycée privé SomiafaraAmbohitrimanjaka.

Je souhaite témoigner ma reconnaissance particulière envers les personnes suivantes :

- Mes parents, mes frères et sœurs et toute ma famille pour leur soutien matériel et morale.
- Mes collègues de la promotion KIASY.

Je tiens à remercier finalement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce mémoire.

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

DREN	Direction Régionale de l'Education Nationale
HDR	Habilitation à Diriger des Recherches
QCM	Questions aux Choix Multiples

INTRODUCTION

Parmi les facteurs d'un échec scolaire dans les classes scientifiques secondaires figure la non maîtrise des Mathématiques.

L'enseignement théorique de cette matière pourrait être l'une des causes de difficultés auprès des élèves. Les explications des enseignants de cette discipline se concentrent trop sur les concepts et non leurs applications pratiques, si bien que les apprentis sont incapables de comprendre le lien entre les deux. De ce fait, certains d'entre eux disent que les théorèmes mathématiques ne servent à rien dans leur vie quotidienne. Ainsi, les outils numériques peuvent aider les élèves à visualiser ces notions géométriques abordées en classe. Or, dans le programme scolaire en vigueur du collège à Madagascar(1999), il n'est pas exigé aux enseignants d'utiliser des matériels informatiques.

Cependant, nos constats pendant le stage pratique professionnel au lycée confirment qu'en géométrie, la moitié des élèves n'arrivent pas à répondre aux exercices et n'arrivent pas à obtenir la moyenne. L'utilisation des outils numériques comme supports de l'apprentissage pourrait être alors une solution afin d'améliorer les résultats. Ce qui amène à poser la question : **l'utilisation des outils numériques en géométrie peut-elle être une solution pour concrétiser les mathématiques et conduire à une amélioration des résultats?**

Pour répondre à cette question, nous avons évoqué l'hypothèse selon laquelle« l'utilisation du dessin animé et /ou le logiciel Geogebra permet d'améliorer les résultats des élèves en classe de troisième et de concrétiser les mathématiques ».

Comme les propriétés de Thalès et de Pythagore font partie de l'objet d'études de ce mémoire, alors nous allons aborder :

En premier lieu, le cadrage théorique où nous avons illustré que l'utilisation de la propriété de Pythagore et de celle de Thales remonte à l'époque de l'Egypte antique. Ensuite , nous avons relaté dans le cadrage théorique didactique la transposition didactique et la pratique sociale de référence. Enfin, nous avons répondu à la question : « comment intégrer la Technologie de l'Information et de la Communication dans l'apprentissage des Mathématiques ? ».

En second lieu, afin de tester notre hypothèse, nous avons présenté notre méthodologie de recherche, d'analyse et d'exploitation des données et la conclusion.

Partie 1 : Cadrage théorique

1. CADRAGE THEORIQUE

Dans cette partie, le cadrage théorique mathématique et le cadrage théorique didactique seront évoqués.

1.1. Cadrage théorique en mathématiques

Selon Laguerre (2008), les Babyloniens et les Egyptiens avaient déjà utilisé ces théorèmes sans les démontrer formellement mais ils se contentent simplement de faire des calculs empiriques dépourvus de raisonnement mathématique.

Ce qui a amené Euclide à écrire dans son livre intitulé « éléments d'Euclide » les démonstrations de ces théorèmes.

D'où, dans cette section, nous avons repris la démonstration déjà effectuées par Euclide car nous avons jugé qu'elle parait la plus abordable aux élèves de la classe de troisième.

1.1.1. A propos de la propriété de Thalès

Modélisation et mise en œuvre

Thalès est né à Millet, en Asie Mineure, sur les côtes méditerranéennes vers l'année624avant J.-C. Il avait étudié la philosophie ainsi que plusieurs disciplines scientifiques comme les mathématiques et la physique en particulier, il s'est intéressé à l'astronomie.
Pendant son voyage en Egypte, Thalès a voulu mesurer la hauteur d'une pyramide d'Egypte.

La figure suivante illustre le procédé qu'il a suivi :

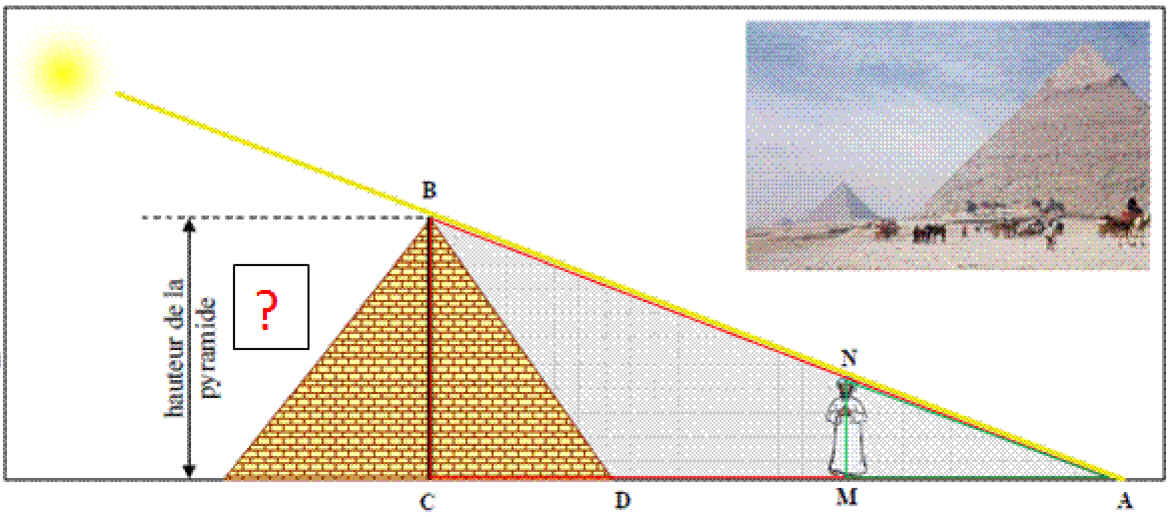


Figure 1: Illustration de l'expérience de Thalès pour mesurer la hauteur d'une pyramide

CD : demi-largeur de la base de la pyramide

MA : longueur de l'ombre du disciple

DA : longueur de l'ombre du pyramide

MN : la taille du disciple

Notons que ces longueurs sont accessibles à la mesure et que BC, la hauteur de la pyramide, est l'inconnue à calculer.

La figure nous montre « comment Thalès a pu former les deux triangles semblables ABC et AMN nécessaires pour l'application de son théorème ? ».

Pour ce faire, il a placé un de ses disciplesau point M de telle sorte que :

- l'ombre de la pyramide et l'ombre du disciple se coïncident en un point (ici noté A).

- l'un des triangles (ABC) a comme côté la hauteur[1] de la pyramide.

- l'autre triangle (AMN)soit semblable à ABC. Celui-ci n'est autre que la réduction du premier triangle.

Une fois que la situation réelle est modélisée[2], et que les hypothèses du théorème sont vérifiées, alors nous sommes en mesure de l'appliquer. Ainsi, le calcul se déroule comme suit :

$$\frac{AM}{AC} = \frac{MN}{BC}$$

D'où l'on tire :

$$BC = \frac{MN \times AC}{AM}$$

Application numérique :
Sachant que CD =115 m, DM=163,4m et AM=3,5m, on a AC = AM + MD + CD = 279,9m
MN=1,8m, la hauteur BC de la pyramide est BC = 145m.

Démonstration de la propriété de Thalès par Euclide

Les mathématiciens Euclide (300 avant J-C), Antoine Arnauld (1612-1694), Gilles-personne de Roberval (1602-1675), LAMY (1640-1715), Gulmin (1812-1884) ont démontré le théorème de Thalès, mais nous avons choisi celle d'Euclide pour la raison évoquée précédemment.

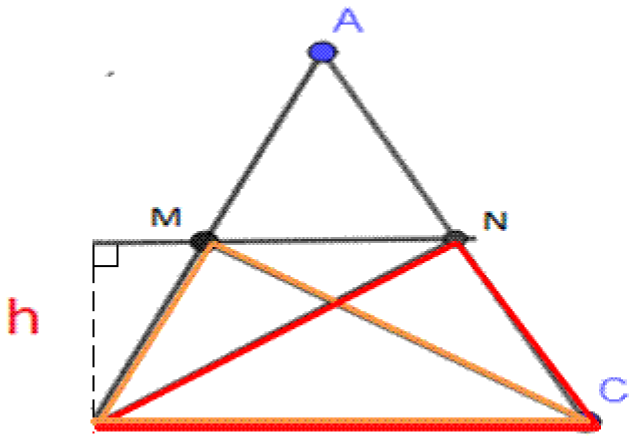
Elle se base uniquement sur l'égalité des aires des triangles (Suquet, s.d), comme l'expliquent les figures ci-après.

Supposons qu'on ait deux triangles semblables notés ABC et AMN qui peuvent être obtenusen coupant l'angle de sommet A par deux droites parallèles MN et BC.

[1] La distance entre le sommet de la pyramide et son centre.
[2] Représentée d'une manière simple par des objets mathématiques

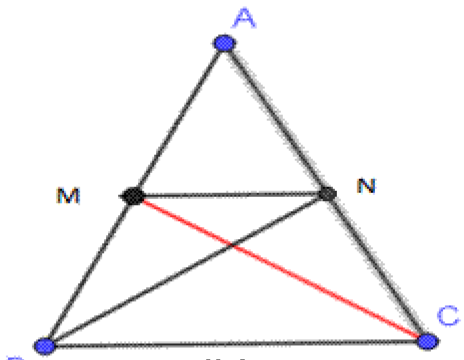
Démontrons que :

$$\frac{AM}{AB} = \frac{AN}{AC}$$



$$\text{Aire (MBC)} = \text{Aire (NBC)} = \frac{\text{BC} \times \text{h}}{2}$$

(a)



(b)

Figure 2: Démonstration de la propriété de Thalès

Etape 1 : Montrons que les triangles **MBC** et **NBC** ont même aire

La premier figure montre qu'ils ont même base (côté commun [BC]) et même hauteur notée h relative à ce côté.

D'où Aire (MBC)=aire(NBC) (équation 1)

Etape 2 : Montrons que les triangles **AMC** et **ABN** ont même aire

D'après la figure 2-b, on a :

$$\text{Aire (AMC)} = \text{Aire (ABC)} - \text{Aire(MBC)}$$

$$Aire(ABN) = Aire\ (ABC) - Aire(NBC)$$

D'après l'étape 1, on a $Aire(MBC) = Aire(NBC)$

D'où, $Aire(AMC) = Aire(ABN)$(équation 2).

Etape 3

Considérons les figures suivantes :

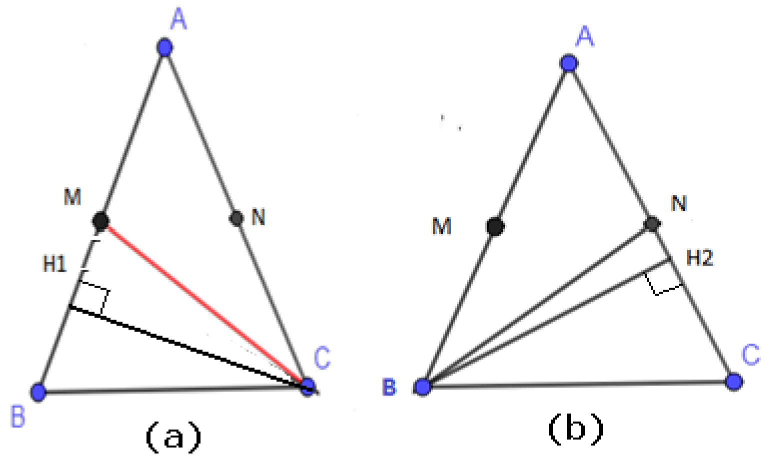


Figure 3: Les triangles semblables dans la démonstration de la propriété de Thalès

D'après la figure 3,

$$\text{Aire (AMC)} = \frac{\text{AM} \times \text{CH1}}{2}$$

Et

$$\text{Aire (ABN)} = \frac{\text{AN} \times \text{BH2}}{2}$$

En utilisant l'équation 2, on a :

$$\frac{\text{AM} \times \text{CH1}}{2} = \frac{\text{AN} \times \text{BH2}}{2}$$

En divisant membre à membre cette équation par la quantité aire (ABC), on a:

$$\frac{\text{AM} \times \text{CH1}}{\text{aire (ABC)}} = \frac{\text{AN} \times \text{BH2}}{\text{aire (ABC)}}$$

Pour obtenir le résultat attendu, il nous reste à exprimer de deux façons l'aire (ABC) comme suit :

$$\text{Aire(ABC)} = \frac{\text{AB} \times \text{CH1}}{2} \text{(figure 3 - a) et Aire(ABC)} = \frac{\text{AC} \times \text{BH2}}{2} \text{ (figure 3 - b)}$$

Enfin, on a :

$$\frac{AM}{AB} = \frac{AN}{AC}$$

1.1.2. A propos de la propriété de Pythagore

Pythagore est né à Samos(Grèce) vers l'année 570avant J.-C. Comme Thalès, Pythagore était pluridisciplinaire c'est-à-dire il était à la fois un mathématicien, astronome, et philosophe.

Nous allons présenter une trace de l'utilisation de la propriété de Pythagore dans l'histoire, ainsi que sa démonstration.

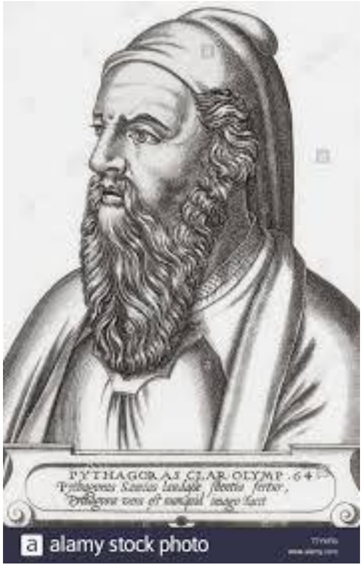


Figure 4: Portrait de Pythagore (wikipédia)

Une tablette d'argile, datée de 1800 avant J.-C., appelée tablette de Plimton, et qui illustre ce théorème, est conservée à l'université de Columbia à New York (Etats-Unis). Sur cette tablette, il y a un tableau de nombres en caractères cunéiformes et en base 60. Ce tableau est composé de 4 colonnes et de 15 lignes avec des en-têtes. Les colonnes représentent successivement le carré de la diagonale dont on soustrait 1 (première colonne), le plus petit côté d'un triangle rectangle (pour la seconde colonne), la longueur de l'hypoténuse (troisième colonne), et la numérotation des lignes de 1 à 15 (quatrième colonne). Sur cette tablette, il y a des nombres formant des triplets (a,b,c) d'entiers naturels non nuls vérifiant la relation de Pythagore $a^2+b^2=c^2$. On les appelle des triplets pythagoriciens. Le triplet pythagoricien le plus simple est (3 ; 4 ; 5) car $3^2+ 4^2=5^2$; d'autres, figurant sur cette tablette sont plus compliqués, comme par exemple (119 ; 120 ; 169) car $119^2+120^2=169^2$, ainsi que (4961, 6480, 8161).

Figure 5: Tablette de Plimton 322

Cette tablette fut décodée par Otto Neugebauer, un mathématicien autrichien, en 1945 . Les nombres en caractères cunéiformes sont représentés par les deux symboles suivants :

Figure 6 : Ecriture cunéiforme

<u>Par exemple</u>

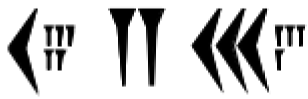


Figure 7: Exemple d'une écriture

Ce nombre se lit 15 2 34 et signifie $15 \times 60^2 + 2 \times 60 + 34$ soit 54154 en base 10.

Quant à la fraction d’écriture cunéiforme , Ce nombre peut signifier aussi

$$15 + 2 \times \frac{1}{60} + 34 \times \frac{1}{60^2}$$

Les nombres marqués sur la tablette peuvent être représentés dans le tableau suivant :

Le carré de la diagonale, duquel 1 est soustrait, et dont la largeur est issue	La largeur	La diagonale	Sa ligne
[1.59]. .15	1.59	2.49	N°1
[1.56.56].58.14.50.6.15	56.7	3.13*	N°2
[1.55.7].41.15.33.45	1.16.41	1.50.49	N°3
1.5[3.10].29.32.52.16	3.31.49	5.9.1	N°4
1.48.54.1.40	1.5	1.37	N°[5]
1.47.6.41.40	5.19	8.1	[N°6]
1.43.11.56.28.26.40	38.11	59.1	N°7
1.41.33.59*.3.45	13.19	20.49	N°8
1.38.33.36.36	9*.1	12.49	N°9
1.35.10.2.28.27.24.26.40	1.22.41	2.16.1	N°10
1.33.45	45	1.15	N°11
1.29.21.54.2.15	27.59	48.49	N°12
1.27. .3.45	7.13	4.49	N°13
1.25.48.51.35.6.40	29.31	53.49	N°14
1.23.13.46.40	56*	53	N°[15]

Figure 8 : Décodage de tablette de Plimton 322

Selon Müller (2008), les nombres en base 60 peuvent être transcrits en base 10 comme suit:

1.9834	119	169	1
1.9492	3367	11521 *	2
1.9188	4601	6649	3
1.8862	12709	18541	4
1.8150	65	97	5
1.7852	319	481	6
1.7200	2291	3541	7
1.6928	799	1249	8
1.6427	541 *	769	9
1.5861	4961	8161	10
1.5625	45	75	11
1.4894	1679	2929	12
1.4500	25921 *	289	13
1.4302	1771	3229	14
1.3872	56	53 *	15

Nombres corrigés (de haut en bas): 4825, 481, 161, 106.

Figure 9 : Tablette de Plimton en base 10

Les trois premières colonnes de la figure 9 ne sont autres que la représentation en base 10 des trois premières colonnes de la figure 8.

Par exemple, à la première ligne, $119 = \overline{1.59}_{60} = 1 \times 60 + 59$ et $169 = \overline{2.49}_{60}$qui s'écrit 2×60+49.La première colonne de la figure 9 représente le carré du rapport entre l'hypoténuse et l'autre côté du triangle (autre que la largeur et l'hypoténuse).

Prenons l'exemple de la ligne 1, l'hypoténuse est égale à 169, l'un des côté est égale à 119, et en utilisant la propriété de Pythagore, on a :

La longueur du troisième côté est égale à 120 car $120 = \sqrt{169^2 - 119^2}$.

La première colonne de la première ligne est obtenu en faisant le calcul de$\left(\frac{169}{120}\right)^2 = 1{,}9834 = \overline{1.59.0.15}_{60} = 1 + \frac{59}{60} + \frac{0}{60^2} + \frac{15}{60^3}$.

Nous pouvons faire la même constatation sur toutes les autres lignes. Ce qui signifie que sans connaitre le théorème, il n'avait pas pu établir ce tableau.

b)<u>Les démonstrations du théorème de Pythagore</u>

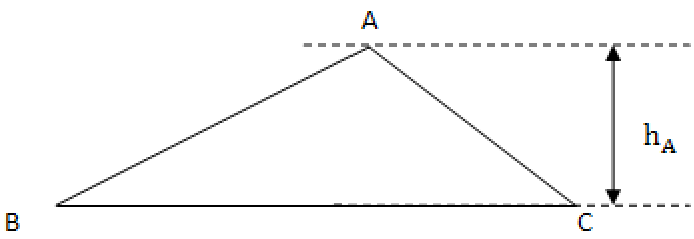
Nous allons considérer deux démonstrations du principe de Pythagore découverts dans l'histoire.

Rappelons que :

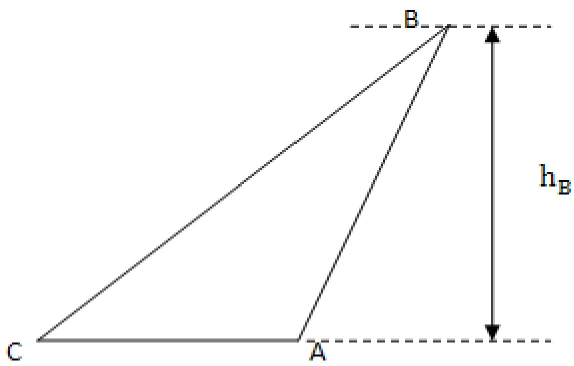
- Intuitivement, la base d'un triangle est le côté sur le lequel il est censé posé, d'où on peut prendre pour base l'un quelconque des côtés.

Nous savons depuis les petites classes que, si la base d'untriangle ABCest BC et que h_A est la hauteur issue du sommet A, alors son aire est égaleà la moitié du produit BC et h_A.Et comme l'un quelconque des côté peut être pris comme base et à chaque base correspond une hauteur, alors l'aire du triangle peut s'exprimer de trois façons différentes :

$$Aire(ABC) = \frac{BC \times h_A}{2}$$



$$Aire(ABC) = \frac{AC \times h_B}{2}$$



$$Aire(ABC) = \frac{AB \times h_c}{2}$$

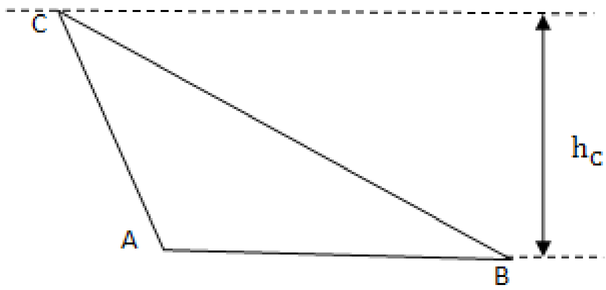


Figure 10 : Aire d'un triangle

Cette méthode de calcul va nous servir à comprendre la démonstration de la propriété de Pythagore.

Démonstration selon Euclide

Soit ABC un triangle rectangle en A.

PosonsAFGB le carré de côté qui a la même longueur que AB,

ACJL le carré de côté qui a la même longueur que AC et

ECBD de carré de côtéqui a la même longueur que BC.

Notre objectif est de montrer que :

$$\text{aire (ECBD)} = \text{aire(AFGB)} + \text{ aire (ACJL)}$$

Car cette égalité est équivalente à BC X BC= AB X AB + AC X AC

$BC^2=AB^2+AC^2$ (propriété de Pythagore)

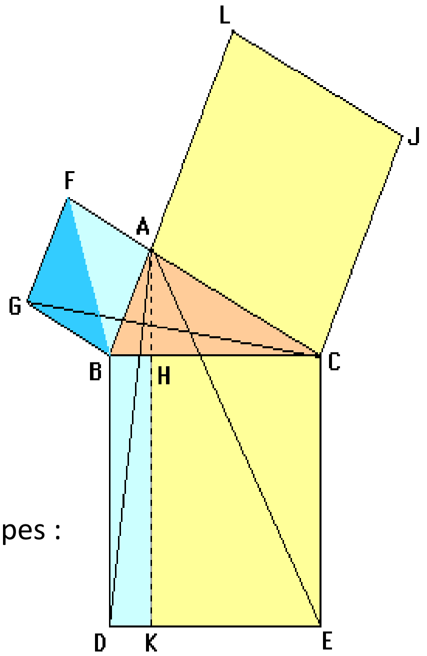


Figure 11: Démonstration d'Euclide

Pour atteindre cet objectif, cette démonstration comporte 3 étapes :

D'abord, démontrons que

$\textbf{aire (FGBA)} = \textbf{aire (BHKD)}$ (Quadrilatères bleus)

Ensuite, démontrons que

$\boldsymbol{aire(ACJL) = aire\ (HCEK)}$(Quadrilatères jaunes)

Enfin, l'aire du quadrilatère (ECDB) est

$$aire(ECDB) = aire(BHKD) + aire(HCEK)$$

Or, $\textbf{aire (FGBA)} = \textbf{aire (BHKD)}$ **et**

$$\boldsymbol{aire(ACJL) = aire\ (HCEK)}$$

$\textbf{Donc aire (ECBD)} = \textbf{aire(AFGB)} + \textbf{ aire (ACJL)}$

Ces étapes seront détaillées ci-dessous :

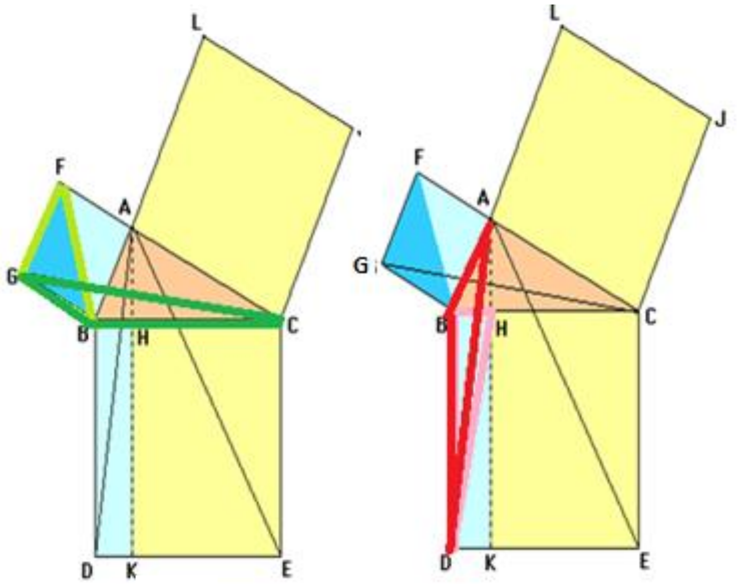
Étape1 consiste à démontrer que

$\mathbf{aire\ (FGBA) = aire\ (BHKD)}$ (Quadrilatères de couleur bleu)

Afin de prouver cette égalité, nous allons procéder comme suit :

Nous allons montrer l’égalité des triangles (GBC) et (ABC) tracés en gras dans la figure 12.

Ensuite, l’égalité des triangles GBC et FGB dans la figure 12-a et celle des triangles BHD et ABD dans la figure 12-b seront démontrées



(a) (b)

Figure 12: Démonstration de Pythagore

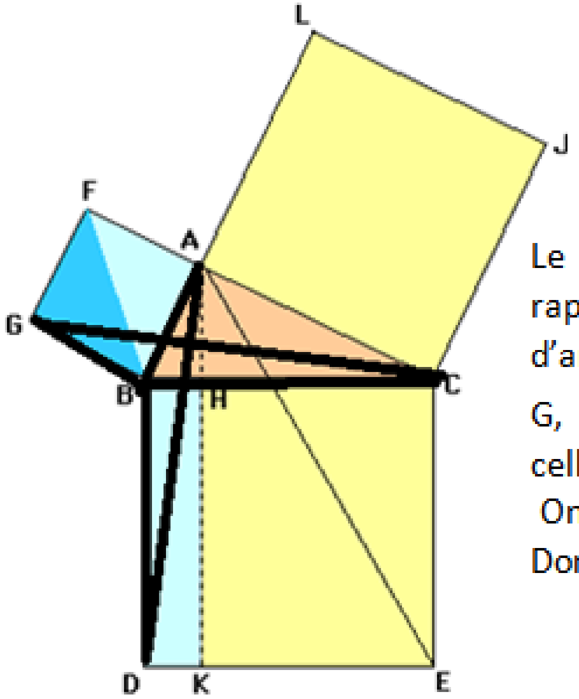
Enfin, nous utiliserons l’égalité des triangles (GBC) et (ABC) et les deux autres égalités évoquées ci-dessus.

Par transitivité, aire (FGB)=aire(BHK).Et Comme FG et DH sont les diagonales respectives des quadrilatères AFGB et BHDK.

Ainsi l’étape 1 s’achève.

La démonstration détaillée sera évoquée ci-dessous :

- Démontrons en premier lieu que aire (GBC)= aire (ABD).



Le triangle GBC est l'image de ABD par rapport à la rotation r de centre B et d'angle $\frac{\pi}{2}$ l'image de A par rapport à r est G, l'image de D par rapport à r est C et celle de B est elle-même.

On a $BD = BC$ et $BA = FG$

Donc,

$$aire(GBC) = aire(ABD)$$

Figure 13: Etape 1 de la démonstration de Pythagore

- Ensuite démontrons que aire(FGB) = aire(GBC) et Aire (ABD)= aire (BHK)

Les triangles (FGB) et (GBC) ont même aire car ils ont même base BG et même hauteur FG.

$aire\ (ABD) = aire\ (BHK)$ car ils ont même base BD et même hauteur DK.

- Enfin, on sait que
  $aire(BHK) = \frac{BD \times BH}{2}$, en prenant comme base BD et hauteur BH et
  $aire\ (FGB) = \frac{FG \times GB}{2}$ car la base de ce triangle est FG et son hauteur est GB.

  Or,$aire\ (BHKD) = BD \times DK$et $aire(FGBA) = FG \times GB$
  D'où :$\boldsymbol{aire(BHK)} = \frac{\boldsymbol{BD \times BH}}{\boldsymbol{2}} = \frac{\boldsymbol{aire(BHKD)}}{\boldsymbol{2}}$ et $\boldsymbol{aire\ (FGB)} = \frac{\boldsymbol{FG \times GB}}{\boldsymbol{2}} = \frac{\boldsymbol{aire(FGBA)}}{\boldsymbol{2}}$

D'après la figure 12, on a$aire\ (GBC) = aire(ABD)$

Or $aire(FGB) = aire(GBC)$ et $aire\ (ABD) = aire\ (BHK)$

Alors par transitivité $aire\ (FGB) = aire(BHK)$

En remplaçant, ces aires par ses expressions, on a :

$$\frac{\mathrm{aire(BHKD)}}{2} = \frac{\mathrm{aire(FGBA)}}{2}$$

Donc $\mathrm{aire(BHKD)} = \mathrm{aire(FGBA)}$

<u>Étape 2</u> consiste à démontrer que$aire(ACJL) = aire\ (HCEK) = b^2$de la même manière que celle de la précédente que :

Étape 3

Comme$aire(ECBD) = aire(BHKD) + aire(HCEK)$,

$aire\ (BHKD) = aire\ (FGBA) = a^2$et

$aire\ (HCEK) = aire(ACJL) = b^2$.

Alors

$$aire\ (ECDB) = aire\ (FGBA) + aire\ (ACJL) = a^2 + b^2$$

C'est la propriété de Pythagore.

Démonstration selon Bhaskara (mathématicien indien de 1184-1185)

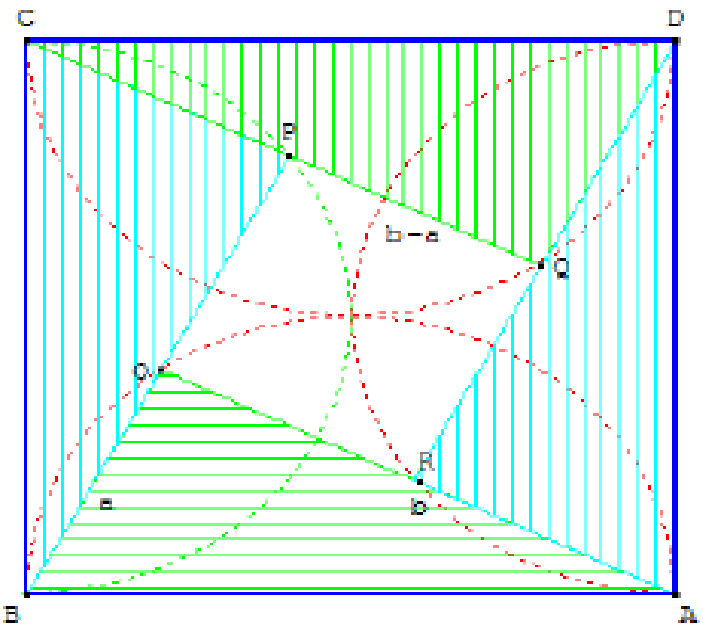


Figure 14: Démonstration selon Bhaskara

Supposons qu'on ait ABCD qui est un carré de côté c, formé par 4 triangles rectangles égaux de côtés perpendiculaires a et b tels que (b> a) ; leur hypoténuse est c. Il apparait au centre de la figure un carré ORPQ de côté b-a.

Démontrons que :

$$c^2 = a^2 + b^2$$

L'aire du carré ABCD est donc équivalent à la somme de l'aire de ces 4 triangles et du petit carré soit

$$aire(ABCD) = \left(4 \times aire(PCB)\right) + aire(ORPQ)$$

$$Aire(ABCD) = \left(4 \times \frac{a \times b}{2}\right) + (b-a)^2$$

$$aire\ (ABCD) = 2ab + (b-a)^2$$

$aire(ABCD) = 2ab + a^2 - 2ab + b^2$

$$aire\ (ABCD) = a^2 + b^2$$

Donc, $\boldsymbol{c^2 = a^2 + b^2}$

1.2. Cadrage théorique didactique

Nous évoquerons dans cette partie la transposition didactique, et l'enseignement/ apprentissage avec les Technologies de l'Information et de la Communication.

1.2.1. Transposition didactique mathématiques selon Chevallard (1985)

Suivant la théorie de Chevallard (1985), la transposition didactique permet le passage de savoir savant mathématique au savoir enseigné. C'est en effet le fait de transformer un savoir compréhensible par les scientifiques en un savoir qui est plus facile à élucider pour les apprenants.

Selon Grenoble cité par Khaldi (2011), « un contenu de savoir, désigné comme savoir à enseigner, subit un ensemble de transformations adaptives qui vont rendre apte à prendre sa place parmi les objets d'enseignement ». Le « travail » qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement est appelé transposition didactique.

Chevallard a évoqué deux points importants dans la théorie de la transposition didactique en mathématiques : la légitimation des contenus d'enseignement et l'écart qu'il y a entre le savoir savant et le savoir à enseigner (Perrenoud, 1998)

a) **A propos de la légitimation des contenus d'enseignement,**

Le savoir enseigné doit être « acceptable » pour les savants et légitime pour la société mais aussi éloigné du savoir commun dans le but d'éviter sa banalisation. Il se doit d'être justifié et démontré dans le but que les scientifiques puissent l'approuver ; A part cela il doit être discutable non seulement pour les noosphères[3] mais également auprès de la société.

Cela signifie que celle-ci peut donner son avis concernant ce que les programmes scolaires doivent contenir ou non mais le savoir enseigné doit obligatoirement être éloigné du savoir des parents.

b) **L'écart entre savoir savant et savoir à enseigner** peut-être dû aux contraintes temporelles et spatiales auxquelles sont soumis les systèmes éducatifs.

Le temps d'apprentissage en classe est subdivisé en années, en semestres, en semaines et en périodes dans l'emploi du temps.

Il existe inévitablement une adaptation du savoir savant au temps d'apprentissage disponible, au niveau des enseignés (Arsac, 1991). Ce qui réduit les contenus des programmes à enseigner car les savoirs des scientifiques ne peuvent être enseignés à un temps limité. D'où, le savoir à enseigner qui forme une partie des savoirs savants.

[3]Les universitaires s'intéressant aux problèmes d'enseignement, les représentants du système d'enseignement, les auteurs de manuels, les inspecteurs scolaires

Certes, l'écart peut aussi provenir de l'évolution du savoir savant engendrant l'évolution du savoir à enseigner. Chevallard a pris à titre d'exemple la notion de « distance ». Soit E un ensemble ; par définition, une distance dans l'ensemble E est une application de E X E vers IR^+. Au début du XIXème siècle, les mathématiciens ont introduit cette notion dans les espaces fonctionnels et les espaces de dimension infinie.

Or dans l'enseignement des mathématiques modernes, en 2000 à Madagascar, on apprend aux élèves de treize ans la notion de distance sur une droite réelle.

1.2.2. Transposition selon Martinand (1986)

Sur le plan didactique, c'est Martinand qui est à l'origine du concept de pratiques sociales de référence. Le mot « sociale » englobe tout ce qui concerne« l'ensemble des secteurs sociaux ou non des rôles individuels »et on entend par « référence », le lien avec les activités didactiques sans aucune relation d'identité, puisque les situations quotidiennes des élèves dépendent de leur environnement.

Ainsi, « ce sont des situations quotidiennes, vécues, connues ou imaginées, auxquelles peuvent se référer un élève qui peuvent donner un sens à ce qu'il apprend, et l'enseignant, à ce qu'il enseigne » (Segui, 2006).

Selon Martinand, l'apprentissage se définit comme un acte social, car il existe des liens entre le savoir familial ou environnemental et le savoir scolaire ; cela signifie que les buts et les contenus de l'enseignement devront être liés à des tâches de pratiques existantes en dehors de l'école (Segui, 2006). Par exemple, la biologie qui est l'étude des êtres vivants est liée à l'identité d'un vétérinaire.

D'après Develay, cité par Segui (2006), « Il convient de toujours se souvenir que les élèves vivent un certain rapport au savoir dans leur milieu familial avant d'être en contact avec le savoir scolaire ».Donc il faut exploiter leur savoir au sein de leur milieu familial pour leur servir de référence.

La transposition didactique et la pratique sociale de référence peuvent être complémentaires. Un savoir à enseigner peut à la fois provenir d'un savoir savant et peut avoir une pratique sociale de référence. Par exemple, la trigonométrie a été fondée par Hipparque[4]au II^{ème} siècle et a aussi une signification sociale dans le métier d'un arpenteur[5].

Dans ce mémoire, le dessin animé met en scène des problèmes concrets qui peuvent servir de référence aux élèves par rapport aux savoirs savants mathématiques telle que la propriété de Thalès et de Pythagore.

[4] Hipparque de Nicée (-190 ; -120) est un mathématicien et astronome Grec qui a construit les premières tables trigonométriques.

[5] Professionnel de la mesure des terrains et des surfaces.

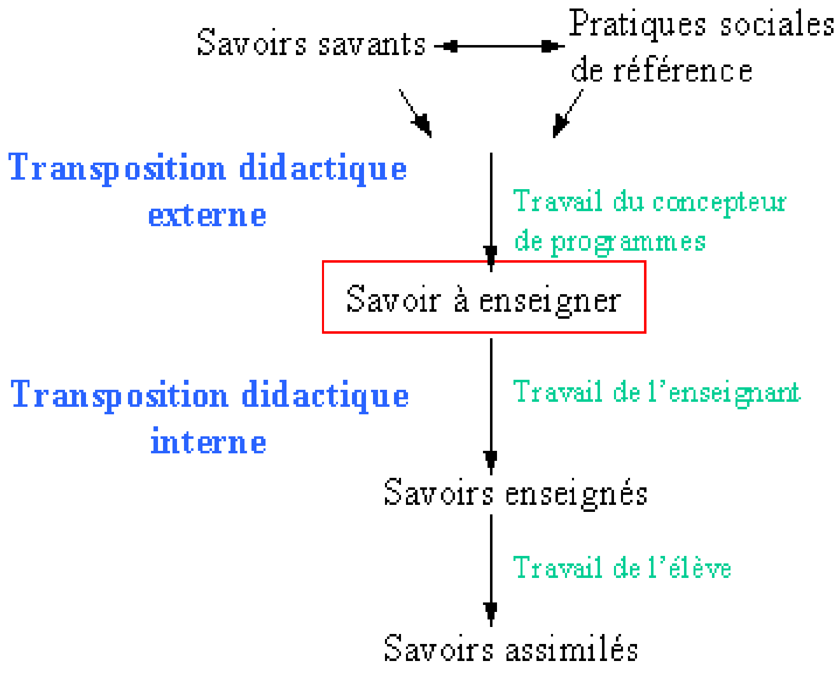


Figure 15: Schéma explicatif de la transposition didactique Develay (1993, p. 25).

D'abord, un savoir savant complémentaire aux pratiques sociales de référence, subit une transformation afin de se constituer en tant qu'objet d'enseignement. Cette transformation s'appelle transposition didactique externe car elle se trouve en dehors de l'école. Les responsables de ce fait sont les concepteurs du programme scolaire.

Ensuite, le passage du contenu du programme d'enseignement au contenu enseigné fait partie de la transposition didactique interne. Les enseignants en sont les responsables.

Enfin, l'assimilation du contenu enseigné est l'un des rôles des élèves.

1.3. L'apprentissage avec les Technologies de l'Information et de la Communication

Dans cette section, nous allons aborder l'enseignement/l'apprentissage des mathématiques utilisant le dessin animé et l'enseignement/l'apprentissage utilisant l'outil Geogebra.

1.3.1. L'apprentissage avec un dessin animé

L'utilisation de l'audiovisuel pour l'enseignement a débuté dans les années 1950, et c'est dans les années 1960-1970 qu'elle a été intégré dans le système éducatif (Ouasti, 2016).

D'après Tardy cité par Ouasti (2016),« L'essentiel de l'activité de l'enseignement sera de stimuler, d'encourager, d'aider à effectuer les bons choix d'activité, d'utiliser l'image pour faciliter la compréhension ».

Le dessin animé peut être utilisé pour aider les élèves à appréhender des théories mathématiques comme le théorème de Pythagore et de Thalès.

Plusieurs dessins animés ont déjà servi pour l'enseignement dans d'autres disciplines que les mathématiques. En Algérie, dans le domaine de la langue française, le dessin animé intitulé « chat botté » a été utilisé pour améliorer la compréhension orale en classe des élèves 5ème année primaire. D'après cette recherche, cette pratique permet aux apprenants d'accroître leur capacité de compréhension, de reformulation, et de synthèse. (Zeghba, 2019).

Dans le domaine de la science, l'animation télévisée « il était une fois …la vie » a été utilisée entant que support d'activités pour construire des savoirs en science sur le fonctionnement du corps humain**(**Saout, 2016).

Dans le domaine mathématiques, l'animation « Bip-Bip et Vil coyote **»**a été utilisée en classe de seconde au lycée Jacques Prévert de Taverny (France), pour l'apprentissage de la notion de fonctions. Dans cette animation, le coyote veut rattraper bip-bip, et les élèves doivent réaliser une simulation de la poursuite sur Geogebra. La fonction à étudier est la vitesse en fonction de temps de Bip-Bip et Vil coyote. Cette recherche a permis la mise en jeu de plusieurs registres tels que : le registre numérique avec Geogebra, le registre graphique et le registre algébrique (Caze.et.*al*., 2014)

C'est pourquoi, nous avons pensé à utiliser le dessin animé Simplex comme un moyen de concrétiser l'enseignement des Mathématiques, afin d'illustrer la pratique des mathématiques dans la vie quotidienne. En effet, les personnages de ce dessin animé utilisent des raisonnements mathématiques pour avoir des résultats concrets. Il est d'ailleurs proposé dans un article du site pédagogique d'enseignants du collège Jules Ferry en 2016[6].

1.3.2. Approche avec l'outil Goegebra

A Madagascar, Randrianasolo(2019) a enseigné la notion de « symétrie orthogonale » à l'aide du logiciel Geogebra. Il a effectué l'expérimentation de son mémoire à la classe de la cinquième au collège Fifanampiana Malagasy Ampandrana.

L'utilisation de ce logiciel a produit un bon résultat auprès des élèves de la classe de cinquième sur l'apprentissage classique. La moyenne du groupe des élèves témoins le prouve, vu que l'on est passé de 4,82 sur 10 pour celle du groupe témoin, à 6,82 sur 10au groupe test. L'utilisation du logiciel Geogebra a donc permis d'améliorer les notes des élèves. Elle peut aussi apporter un changement de point de vue des élèves sur la matière mathématique.

.

[6] http://googleweblight.com/i?u=http://www4.ac-nancy-metz.fr/clg-j-ferry-neuves-maisons/spip/spip.php?articles518&hl=mg-MG

Partie 2 : Méthodologie et analyse des données

2 METHODOLOGIE DE RECHERCHE, ANALYSE ET EXPLOITATION DES DONNEES

Ce chapitre concerne la méthodologie qui a pour le but de présenter l'analyse et l'exploitation de données. Ainsi, il est basé principalement de l'expérimentation des différentes méthodes d'apprentissages au niveau des élèves de la classe de seconde

2.1 Méthodologie de recherche

Nous allons présenter dans cette partie le public cible, la stratégie et l'outil statistique de traitement de données.

2.1.1 Public cible

La propriété de Pythagore et de Thalès figurent dans le programme officiel de la classe de troisième (Programme scolaire national, 2019). Mais l'expérimentation n'a pas pu être faite à ce niveau car les élèves de ce niveau devront passer leur examen de BEPC et les séances d'expérimentation allongeraient leurs programmes scolaires.

Au total, l'expérimentation a été faite dans 4 classes de seconde : les deux classes au lycée Andohalo (87 élèves), et les deux classes du lycée Somiafara (57 élèves).

Les travaux pratiques ont donc été réalisés au niveau de la classe de seconde, dans deux établissements différents qui sont : le lycée Somiafara Ambohitrimanjaka et le lycée Andohalo Antananarivo. Ces établissements se trouvent dans la DREN Analamanga. Les choix du lycée Andohalo s'est fait par rapport à nos observations durant notre stage pratique dans ce lycée; quant au lycée Somiafara, il s'agit de vérifier la capacité des étudiants appartenant à d'autres institutions et de comparer ces capacités. Ces établissements possèdent les matériels nécessaires aux travaux sur terrain.

2.1.2 Stratégie de conduite de l'étude

La stratégie peut se résumer en 4 étapes : l'évaluation diagnostique, l'enseignement par les outils numériques (le logiciel Geogebra et le dessin animé SIMPLEX), l'évaluation sommative et l'outil de traitement de données.

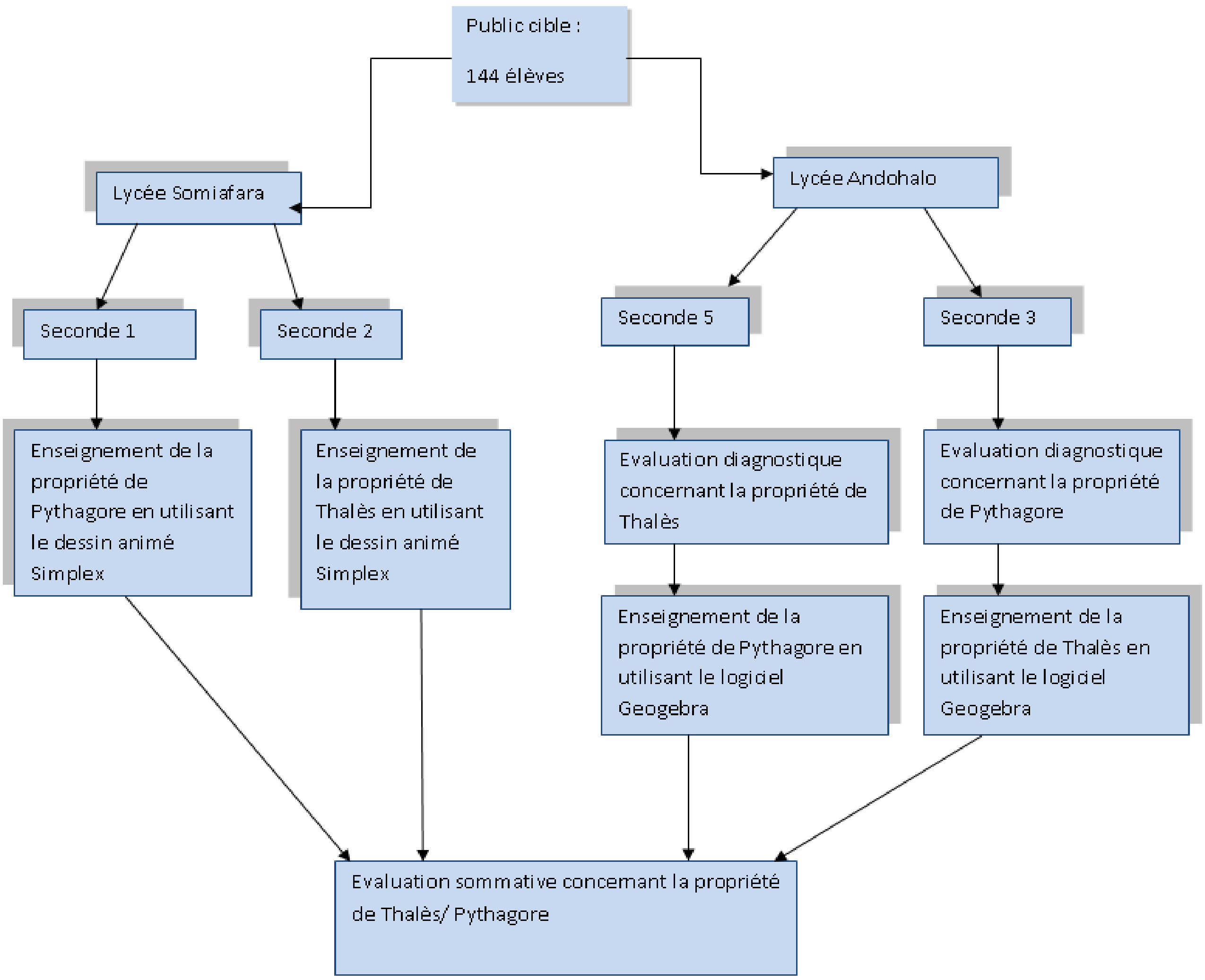


Figure 16: Etape de la méthodologie

L'expérimentation concernant l'apprentissage utilisant l'outil Geogebra a été fait dans deux classes de seconde du lycée d'Andohalo, car la salle d'informatique de ce lycée disposede23 ordinateurs, en nombre suffisant pour les 22 groupes d'élèves, ce qui a permis à chaque groupe d'élèves de manipuler le logiciel. L'apprentissage utilisant le dessin animé Simplex a été réalisé dans deux classes du lycée Somiafara, car bien que sa salle d'informatique ne soit pas encore fonctionnelle, cet établissement possède un vidéoprojecteur.

a) Etape 1 : l'évaluation diagnostique

Une évaluation diagnostique a été faite uniquement au lycée Andohalo. Concernant la propriété de Pythagore, elle a été faite auprès des élèves de la classe de seconde 3 et celle de la propriété de Thalès a été faite auprès des élèves de la classe seconde 5. Elle servira à déterminer la compréhension des élèves de ces deux propriétés et de d'apprécier l'état zéro (où l'outil numérique (dessin animé et Geogebra) n'a pas été utilisé).Cette moyenne va être comparée à la celle des classes utilisant l'outil numérique afin de tester l'amélioration des résultats.

b) *Etape 2 : apprentissage par les outils numériques (logiciel Géogebra, dessin animé SIMPLEX)*

L'apprentissage de la propriété de Pythagore et du théorème de Thalès en utilisant soit le dessin animé Simplex, soit le logiciel Geogebra ont été fait avec une évaluation formative sous forme de QCM.

b.1. L'apprentissage par le dessin animé

Le déroulement de l'apprentissage utilisant le dessin animé Simplex se divise en 6 étapes :

Étape 1

Le dessin animé Simplex a été visionné à l'aide d'un vidéoprojecteur (environ 5 minutes). Il présente une situation-problème pour chaque thème (propriété de Thalès et propriété de Pythagore) :

Concernant la propriété de Thalès : Le dessin animé raconte que Tom veut déterminer la hauteur d'un grand immeuble pour y coller un street art[7] de son choix. L'ombre de l'immeuble mesure 50m. Il a demandé l'aide de ses camarades : Evariste, Inès et Julien. Evariste a une idée : Inès se place à la limite de l'ombre et Julien dans l'ombre de telle façon que l'ombre passe sur sa tête. Inès s'est progressivement écartée de Julien pour cela. Et, la distance entre Julien et Inès a été évalué à 5 m. La taille de Julien est de 1,70m. On veut déterminer la hauteur de l'immeuble.

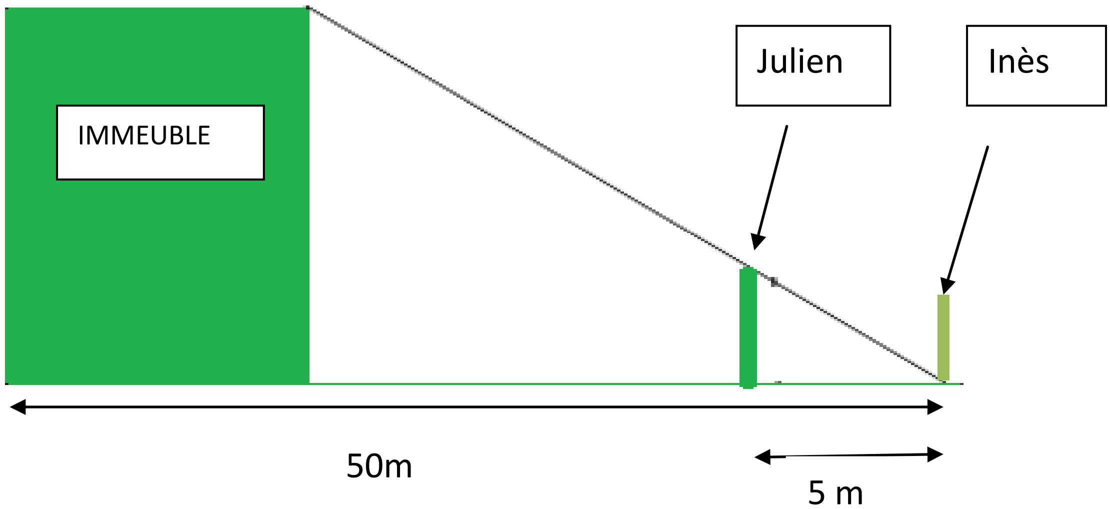


Figure 17 : Situation problème du dessin animé

Les mêmes personnages du dessin animé jouent dans cet épisode concernant la propriété de Pythagore. Cet épisode raconte que Tom et ses amis veulent faire passer un écran plat géant de forme carrée, de côté $220cm$ à travers une porte principale de $1m \times 2m$. Evariste la propriétaire de la maison ne les aide pas. L'écran géant peut-il passer ou non par la porte principale ?

Étape 2

[7] Street art ou art urbain est un art strictement visuel développé dans les espaces publics ou dans la rue

L'enseignant a demandé aux élèves de faire oralement un résumé du dessin animé pour vérifier s'ils l'ont compris.

Étape 3

Le dessin animé Simplex a été rediffusé une seconde fois. Cela a été fait pour permettre aux élèves de mieux comprendre la situation-problème après le résumé de leur camarade et de retenir des informations qui peuvent les aider à répondre aux questions à choix multiples.

Étape 4

Les élèves ont été répartis en 14 binômes. Chaque groupe doit répondre à des questions à choix multiple (QCM) sur papier concernant leur compréhension du dessin animé et de sa relation avec la propriété mathématique étudiée.

Des élèves se sont portés volontaires lors de la correction collective des QCM.

Leurs copies ont été échangées afin que les élèves fassent une autocorrection. Les groupes qui ont trouvé la bonne réponse se sont portés volontaires et ont expliqué aux autres groupes qui n'ont pas compris.

Les questions à choix multiples concernant la propriété de Thalès sont composées de 8 questions et les élèves doivent choisir une réponse parmi les trois réponses proposées.

1. Quel est le principal problème que Tom a rencontré dans l'activité ?
   a) Il doit mesurer la hauteur de l'immeuble ☐
   b) Il doit mesurer l'ombre de l'immeuble. ☐
   c) Il doit connaitre la taille de Julien. ☐

2. Quel est le théorème mathématique utilisé dans l'activité ?
   a) Théorème de l'ombre ☐
   b) Théorème de Thalès ☐
   c) Théorème d'Evariste ☐

3. La hauteur de l'immeuble est dix fois plus grande que la taille de Julien (1,70m) car
   a) La distance parcourue par Inès est dix fois plus grande que la distance entre Inès et Julien. ☐
   b) Inès mesure dix fois de plus que Julien. ☐
   c) Ils connaissent la hauteur de l'immeuble et la taille de Julien ☐

4. Quel est le coefficient de proportionnalité dans cette situation ?
   a) 17 ☐
   b) 10 ☐
   ☐

c) 14

5. Quelle est la hauteur (mètre) de l'immeuble trouvé ?
   a) 10m ☐
   b) 17m ☐
   c) 15m ☐

6. Quelle stratégie a été adoptée pour calculer la hauteur de l'immeuble ?
   a) Ils ont questionné le gardien à propos de la hauteur de l'immeuble. ☐
   b) Ils ont trouvé le plan de l'immeuble. ☐
   c) Ils ont utilisé le triangle dont l'un des côtés est la hauteur de l'immeuble et le second est la distance parcouru par Inès ☐

7. Faire un schéma de la situation, Quelles sont les conditions nécessaires pour l'application du théorème de Thalès ?
   a) Il faut deux droites parallèles dans deux triangles semblables. ☐
   b) Il faut deux droites perpendiculaires dans deux triangles semblables. ☐
   c) Il faut avoir 2 triangles. ☐

8. Si on utilise le théorème de Thalès sur la situation ci-dessous, quelle relation sera correcte ?

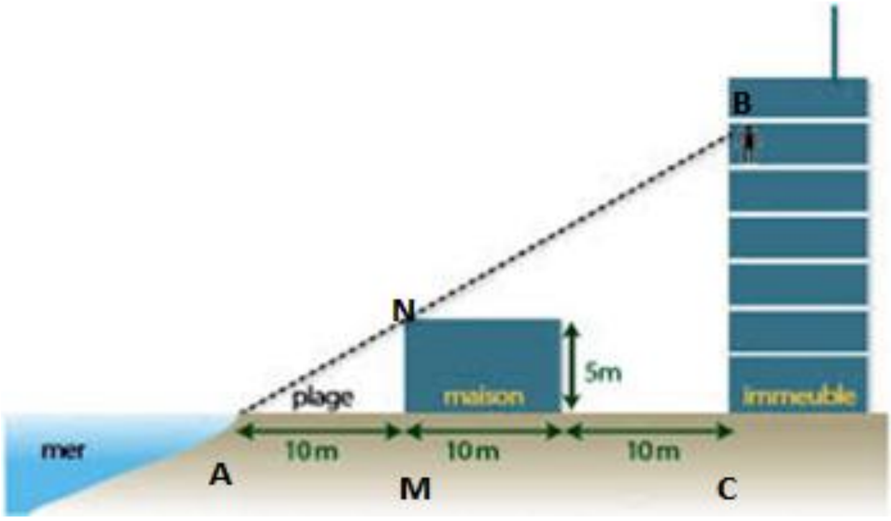


Figure 18 : QCM Thalès

a) $\frac{AM}{CM} = \frac{MN}{BC}$ ☐

b) $\frac{AM}{AC} = \frac{MN}{BC}$ ☐

c) $\frac{AM}{BC} = \frac{AB}{AN}$ ☐

QCM concernant la propriété de Thalès

Comme les questions à choix multiples concernant la propriété de Thalès, celles de propriété de Pythagore sont composés de 8 questions et les élèves doivent choisir une réponse parmi les trois réponses proposées.

Tableau 1: QCM concernant la propriété de Pythagore

1. Quel est le théorème mathématique utilisé dans l'activité ?
   a) Théorème de Pythagore ☐
   b) Théorème de Tom et ses camarades ☐
   c) Théorème de Simplex ☐

2. Quel est le principal problème de Tom et ses amis dans l'activité ?
   a) Tom et ses camarades doivent faire rentrer un écran géant. ☐
   b) Tom et ses camarades doivent acheter un écran géant. ☐
   c) Evariste n'aime pas ses amis. ☐

3. Si on applique le théorème dans un triangle ABC rectangle en B, on a :
   a) $AB^2 = AC^2 + BC^2$ ☐
   b) $AC^2 = AB^2 + BC^2$ ☐
   c) $BC^2 = AB^2 + AC^2$ ☐

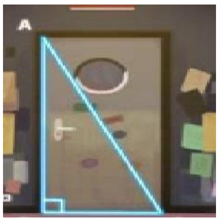


Figure 19 : QCM Pythagore

4. Quelle est la condition nécessaire pour l'utilisation de ce théorème ?
   a) Le triangle doit être un triangle rectangle. ☐
   b) La base du triangle doit être la côté qui a la plus petite mesure. ☐
   c) La hauteur du triangle doit être perpendiculaire à la base. ☐

5. Quelles sont les dimensions de la porte ?
   a) La porte fait 1m par 3m. ☐
   b) La porte fait 1m par 2m. ☐
   c) La porte fait 2m par 2m. ☐

6. Quel calcul on doit faire pour trouver la longueur de la diagonale de la porte dans l'activité ?
   a) $\sqrt{1^2 + 2^2}$ ☐
   b) $\sqrt{2^2 - 1^2}$ ☐
   c) $\sqrt{1^2 - 2^2}$ ☐

7. Quelle est la longueur de la diagonale de la porte trouvée dans l'activité ? ☐
   a) 222 cm ☐
   ☐

b) 224 cm
c) 225 cm

8. Quelle partie du triangle ont-ils mesuré pour avoir la longueur de la diagonale de la porte ?
   a) L'hypoténuse du triangle ☐
   b) La hauteur du triangle ☐
   c) La base du triangle ☐

Étape 5

L'enseignant a réexpliqué la situation-problème présentée dans le dessin animé et sa résolution à l'aide de la propriété adéquate même si la totalité des groupes ont réussi à répondre correctement aux QCM.

b.2. L'apprentissage avec le logiciel Geogebra

L'apprentissage avec Geogebra s'est déroulé en 5 étapes :

Étape 1

Les élèves ont été répartis en 22 binômes. Chaque groupe utilise un des 23ordinateurs disponibles dans la salle d'informatique.

Étape 2

Chaque groupe s'est familiarisé avec la manipulation du logiciel Geogebra, en traçant respectivement : des segments, un cercle, une droite perpendiculaire à un segment passant par un point, afin qu'ils puissent par la suite l'utiliser pour résoudre la situation problème.

Étape 3

Les situations problèmes présentées dans le dessin animé ont été données sous forme de document papier à chaque groupe, et l'enseignant leur a demandé de le résoudre en utilisant Geogebra.

- Concernant l'enseignement de la propriété de Pythagore, l'enseignant a donné un fichier contenant la porte et a demandé aux élèves de donner ses dimensions en centimètres, ensuite d'en mesurer la diagonale, avec la même échelle et de donner sa valeur en mètres.
- Pour ce qui est de la propriété de Thalès, l'enseignant a demandé aux élèves de reproduire le schéma de la situation en utilisant une échelle mathématique et de donner la hauteur de l'immeuble en mètres.

Étape 4

Chaque groupe a répondu aux mêmes Questions à Choix Multiples que celles utilisées lors de l'apprentissage avec le dessin animé (voir ci-dessus). La correction a été faite en suivant la même procédure que celle évoquée dans l'apprentissage utilisant un dessin animé.

Étape 5

Les situations problèmes de l'activité sont déjà résumées dans l'étape 1 de l'apprentissage utilisant le dessin animé Simplex. La résolution de cette activité a été faite en utilisant la propriété mathématique convenable (Pythagore et Thalès).

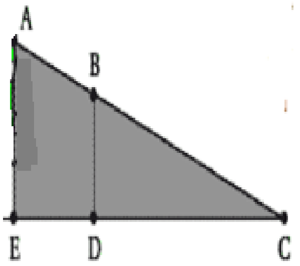
c) Etape 3 : évaluation sommative

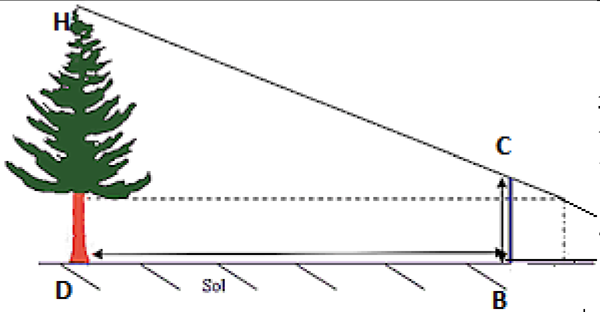
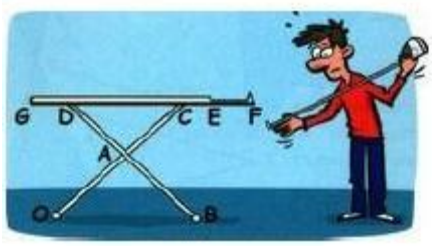
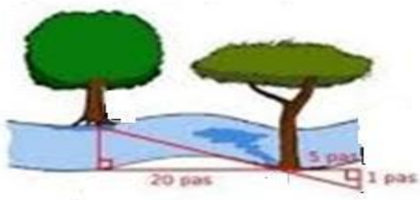
Les élèves ont été réévalués avec le même sujet pour savoir si leurs résultats se sont améliorés

En effet, la moyenne des classes des élèves qui ont appris avec un outil numérique est obtenue à partir de cette réévaluation. De ce fait, le contenu de cette évaluation est la même que celle donnée en début de séance. Il s'agit d'évaluer la capacité des élèves à transposer les acquis dans les dessins animés à des exercices courants.

L'évaluation (diagnostique et sommative) concernant la propriété de Thalès ainsi que le niveau taxonomique de Bloom et les critères d'attribution des notes pour chaque exercice, suivie de l'évaluation concernant la propriété de Pythagore ainsi que le niveau taxonomique et les notes attribuées pour chaque exercice sont présentées dans le tableau ci-dessous

Tableau 2: Evaluation pour la propriété de Thalès

Niveau Taxonomique	**Objectif mathématique : L'élève doit être capable de (d') :**	**Sujets d'évaluation**	**Réponses attendues**	**Points sur 10**
Connaissance	énoncer la condition d'utilisation la propriété de Thalès	**<u>Exercice 1</u>** : Choisir une réponse parmi celles proposés Quelle est la condition d'utilisation de la propriété de Thalès : a) Il faut avoir 3 points b) Il faut juste un triangle c) Il faut deux triangles semblables	c)	1
Connaissance / Compréhension ?	choisir l'égalité correspondant à la propriété de Thalès	**<u>Exercice 2 :</u>** Si on applique la propriété de Thalès sur la figure ci-dessous, quelle égalité est vérifiée  Figure 20 : Exercice Thalès a) $\frac{CE}{CD}=\frac{CB}{CA}=\frac{AE}{BD}$ b) $\frac{CE}{DE}=\frac{CB}{AB}=\frac{AE}{BD}$ c) $\frac{CB}{CD}=\frac{CE}{CA}=\frac{AE}{BD}$	a)	1
Compréhension / Analyse	tracer un triangle de dimensions connues. interpréter un résultat graphique et mathématique.	**<u>Exercice 3 :</u>** Soit ABC un triangle tel que AB=2 cm et AC=3 cm et BC= 4cm. Le point D est le milieu de [AB] et E celui de [AC]. Tracer le segment DE. Comparer les directions de (BC) et (DE). Que constatez-vous ?	Car on a $\frac{AD}{AB}=\frac{AE}{AC}=\frac{DE}{BC}$	1
Application	appliquer la propriété de Thalès sur une situation donnée	**<u>Exercice 4 :</u>** La mairie d'Antananarivo avec le service pompier prévoit toujours l'abattage des arbres de grandes hauteurs avant l'arrivée d'un cyclone. Ainsi on veut connaitre la hauteur de cet arbre en plaçant verticalement un bâton BC. AB=2,5 m BC=2m DA=30 m	D'après la propriété de Thalès $\frac{AB}{AD}=\frac{BC}{HD}$	2

		 Figure 21: Exercice 4 Thalès	HD= $\frac{AD}{AB} \times BC$ HD=24m	
Analyse	- choisir la situation où on peut appliquer la propriété de Thalès	**Exercice 5:** Question : Dans quelle situation peut-on appliquer le théorème de Pythagore ? pourquoi ? Situation 1 : On veut mesurer la longueur CF de la partie de l'arbre endommagé par le cyclone, pour pouvoir la transporter dans un camion. On sait que CP=7m et FP=2m Situation 2 :  Stéphane a réalisé une table à repasser. Pour cela il a assemblé les barres [DB] et [OC]. Avec un mètre, il a mesuré les longueurs AC=52,5 cm ; CO=115,5 cm ; AD=55 cm et DB =121 cm. En rentrant le soir, sa femme lui demande : « t'es sûr que la table est parallèle au sol ? ». Ainsi, il veut montrer à sa femme que la table est parallèle au sol. Situation 3 : Julien se promène au pied d'une montagne. Il veut traverser la rivière, et se demande quelle est sa largeur BC avec les données ci-dessous.  	Situation 2 et 3	2

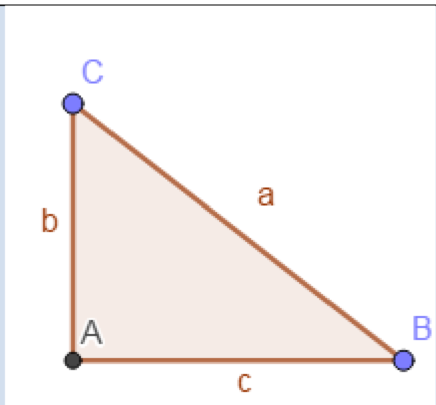
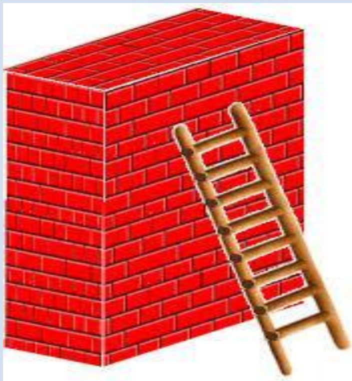
Synthèse	créer une situation où on utilise la propriété de Thalès	**Exercice 6 :** Donner une situation où intervient la propriété de Thalès	Les fautes de français sont tolérables	3

.

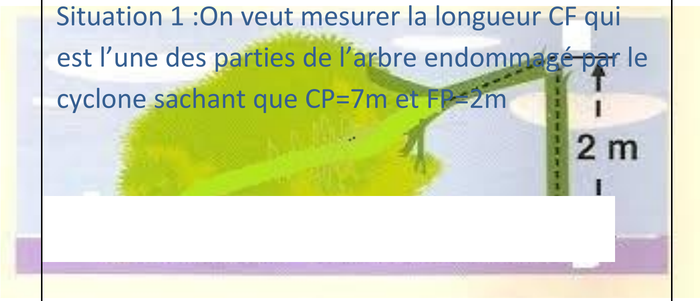
L'évaluation concernant la propriété de Pythagore ainsi que le niveau taxonomique et les notes attribuées pour chaque exercice sont présentés dans le tableau ci-dessous :

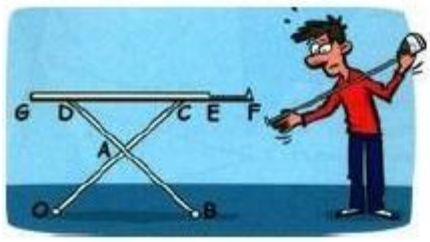
Tableau 3: Evaluation pour la propriété de Pythagore

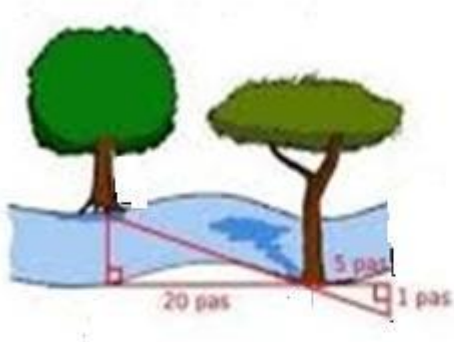
Niveau taxonomique	Objectif mathématique L'élève doit être capable de (d')	Evaluation écrite	Réponses attendues	Points sur 10
Connaissance :	énoncer la condition d'utilisation de la propriété de Pythagore	**Exercice 1 :** Quelle est la condition d'utilisation de la propriété de Pythagore ? a) le triangle doit être rectangle b) on a besoin d'un triangle quelconque c)autre condition	a)	1
Connaissance Analyse	identifier la relation de la propriété de Pythagore correspondante à un triangle rectangle donné	**Exercice 2 :** Parmi les relations ci-dessous, quelle relation est vérifiée si on considère le triangle ABC ?	a)	1

		 a) $AB^2=AC^2+BC^2$ b) $AC^2=AB^2+BC^2$ c) $BC^2=AB^2+AC$		
Compréhension	Décrire la propriété réciproque de Pythagore	**EXERCICE 3 :** Donner un triangle ABC tel que AB=3 cm, AC=4 cm et BC =5 cm Justifier que ABC est un triangle rectangle	Car on a $BC^2=AB^2+AC^2$	1
Application	calculer une longueur à l'aide de la propriété de Thalès	**Exercice 4 :** Calculer la longueur d'une échelle posée au sol à 3 m du pied d'un mur vertical et atteignant une hauteur de 8 m 	Longueur= $\sqrt{3^2+8^2}$ =8,54 m	2

<table>
<tr>
<td>Analyse – évaluation</td>
<td>distinguer les situations pour lesquelles peut appliquer le théorème de Pythagore</td>
<td>

<u>**Exercice 5:**</u>
Question : Dans quelle situation peut-on appliquer le théorème de Pythagore ? Tracer le triangle correspondant.
Situation 1 :On veut mesurer la longueur CF qui est l'une des parties de l'arbre endommagé par le cyclone sachant que CP=7m et FP=2m


Situation 2 :
Stéphane a réalisé une table à repasser. Pour cela il a assemblé les barres [DB] et [OC]. Avec un mètre, il a mesuré les longueurs AC=52,5 cm ; CO=115,5 cm ; AD=55 cm et DB =121 cm.


En rentrant le soir, sa femme lui demande : « t'es sûr que la table est parallèle au sol ? ». Ainsi, il veut montrer à sa femme que la table est parallèle au sol.
Situation 3 :
Julien se promène au pied d'une montagne. Il veut traverser la rivière. Ainsi il se demande quelle est la largeur BC de cette rivière avec les données ci-dessous


</td>
<td>Situation 1</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>Synthèse</td>
<td>L'élève doit être</td>
<td>Exercice 6 :</td>
<td>Les</td>
<td>3</td>
</tr>
</table>

	capable de créer une situation où on utilise la propriété de Pythagore	Donner une situation où intervient la propriété de Pythagore	fautes de français sont tolérables	

2.1.3 L'outil statistique de traitement de données

Afin de vérifier notre hypothèse « l'utilisation du dessin animé et /ou le logiciel Geogebra permet d'améliorer les résultats des élèves en classe de troisième et de concrétiser les mathématiques ». Alors nous avons comparé les moyennes de classes enseignées selon les différentes méthodes (enseignement théorique, avec un dessin animé, Geogebra) afin de vérifier l'amélioration des résultats. Ensuite, nous avons comparé les pourcentages des élèves ayant donné une situation concrète pour savoir si l'utilisation du logiciel permet de concrétiser les propriétés mathématiques.

a) Comparaison de deux moyennes

L'outil statistique de traitement de données permet la comparaison de deux moyennes, et est conditionné par un test de normalité. Nous rappelons brièvement le principe comme suit

Le principe de la méthode de comparaison peut être schématisé de la manière suivante

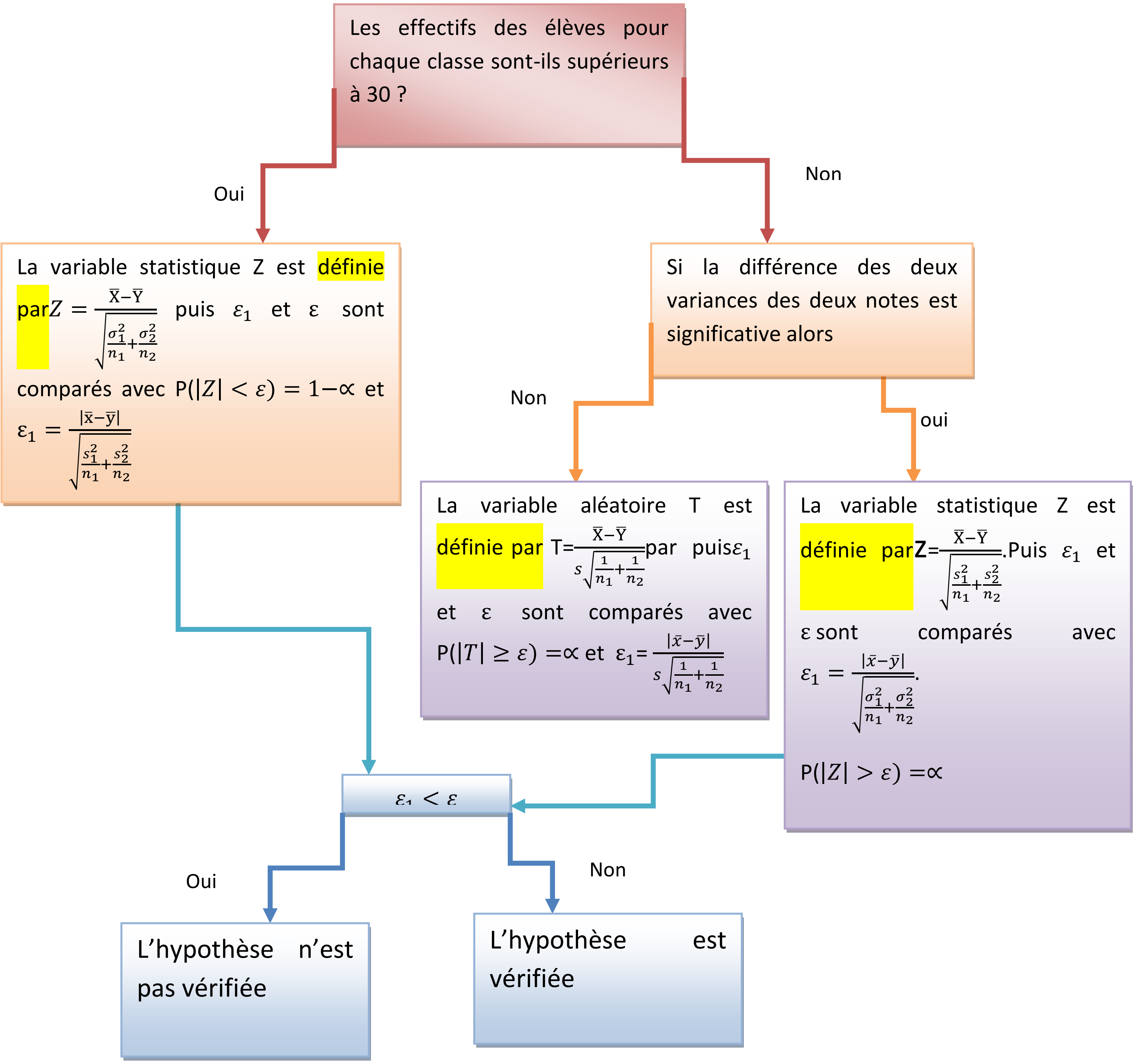


Figure 22: Comparaison de deux moyennes

- $\bar{x}$ est la moyenne de l'une des classes à comparer. Cette classe possède un effectif n_1 et la variance des notes des élèves de la classe est notée σ_1^2.
- $\bar{y}$ est la moyenne de l'autre classe qui a pour effectif n_2.La variance de leurs notes est notée σ_2^2.

- Les variances théoriques (ou estimateur de variance) s_1^2 et s_2^2 sont obtenues par les formules $s_1^2 = \frac{n_1}{n_1-1}\sigma_1^2$ et $s_2^2 = \frac{n_1}{n_1-1}\sigma_1^2$.
- L'écart type théorique, dans le cas où la différence de deux variances est significative, s est calculé à partir de la formule$s = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2+(n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}}$.
- P est la mesure de la probabilité
- $\bar{X}\ et\ \bar{Y}$ sont les variables aléatoires moyennes
- α est le risque standard
- εest le quantile d'ordre α de la loi considérée
- Z est une variable aléatoire suivant la loi normale centrée réduite (Pour le cas des effectifs supérieurs à 30)
- T est une variable aléatoire suivant la loi de Student
- Z est une variable aléatoire suivant la loi de Behrens Fisher

a.1. Testde normalité avec la droite de Henry

D'après Dusart(2018), la droite de Henry est une méthode graphique pour déterminer qu'une distribution est gaussienne. Elle permet aussi de visualiser la moyenne et l'écart-type de cette distribution.

Principe

Les quantiles théoriques sont représentés en fonction des quantiles observés (la borne supérieure de chaque intervalle que contiennent les notes). Les valeurs des quantiles de la loi empirique sont comparées aux quantiles de la loi normale centrée réduite t_i.

Si X est une variable gaussienne de moyenne $\bar{x}$et de variance σ^2et si Z est une variable de loi normale centrée réduite, les égalités suivantes se découlent :

$P(X < x_i) = P\left(\frac{X-\bar{x}}{\sigma} < \frac{x_i-\bar{x}}{\sigma}\right) = P(Z < t_i) = \Phi(t_i)$ où Φ est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite

Pour chaque valeur x_i de la variable X, la probabilité $P\ (X\ < x_i)$est calculée en vue d'en déduire, à l'aide d'une table de la fonction $\Phi(t_i)$ tel que $\phi\ (t_i)\ =\ P(X\ < x_i)$.

Si les points de coordonnées $(x_i;\ t_i)$, sont placés sur un diagramme, ils seront alignés suivant une droite d'équation t=$\frac{x-\bar{x}}{\sigma}$si la variable X est gaussienne.

a.2. Test de comparaison de deux moyennes

D'après Dusart (les notes des élèves suivent une loi normale), la comparaison des deux moyennes de classes enseignées selon les différentes méthodes (enseignement théorique, avec un dessin animé, Geogebra) peut être réalisée.

Posons H_0notre hypothèse : « L'utilisation du dessin animé et /ou le logiciel Geogebra permet d'améliorer les notes des élèves : les notes des élèves issus des deux méthodes d'enseignement sont significativement différents».

<u>Premier cas :</u>Si les effectifs des élèves pour chaque classe sont supérieurs à 30.

La variable le statistique notée Z est définie par $Z=\frac{\overline{X}-\overline{Y}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$et Z suit la loi centrée réduite de Gauss[8].En se donnant un seuil pour le risque standard$\propto$à partir duquel les résultats d'un test sont jugés fiables, εest déterminé à partir de la table de Gauss tel que $P(|Z| < \varepsilon) = 1-\propto$. Puis $\varepsilon_1 = \frac{|\bar{x}-\bar{y}|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}}}$devrait être calculé avec $\bar{x}$ est la moyenne de l'un des échantillons d'effectif $n_1$et $\bar{y}$ celle du deuxième échantillon d'effectif n_2 et $s_1^2 = \frac{n_1}{n_1-1}\sigma_1^2$ et $s_1^2 = \frac{n_2}{n_2-1}\sigma_2^2$.

Ensuite ε_1 et ε sont comparés:

- Si la valeur de ε est supérieure à celle de ε_1. Alors H_0 n'est pas vérifiée.
- Si la valeur de ε est inférieure à celle de ε_1. Alors H_0 est vérifiée.

<u>Deuxième cas :</u>Si l'un des effectifs des élèves est inférieur à 30.

La vérification de l'hypothèse H_0dépend de l'égalité des deux variances des notes des classes.

- Si la différence des deux variances n'est pas significative, alors on définit la variable aléatoire telle que $T=\frac{\overline{X}-\overline{Y}}{s\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}}$ qui suit la loi de Fisher Student de degré de liberté $v= n_1+ n_2-2$.En se donnant un seuil $\propto$ à partir duquel les résultats d'un test sont jugés fiables, ε est déterminé à partir de la table de Fisher Student tel que $P(|T| \geq \varepsilon) =\propto$. Puis $\varepsilon_1= \frac{\bar{x}-\bar{y}}{s\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}}$ est calculé avec $\bar{x}$ est la moyenne de l'un des échantillons, d'effectif $n_1$et $\bar{y}$ celle du deuxième échantillon d'effectif $n_2$et $s = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2+(n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}}$.

✓ Si la valeur de ε est supérieure à celle deε_1. Alors H_0 n'est pas vérifiée.
✓ Si la valeur de ε est inférieure à celle deε_1. Alors H_0est vérifiée.

- Si la différence des deux variances est significative, alors la variable statistique est définit par

  $Z = \frac{\overline{X}-\overline{Y}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}}}$ qui suit la loi de Behrens et Fisher. La table de Shukatmeest pour déterminer la valeurε.

  Les valeurs de gamma 1 notée $\gamma_1 = n_1 - 1$ et gamma 2 est $\gamma_2 = n_2 - 1$, et l'angleθ sont telles que $tan\theta = \frac{\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}}{\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}}$avec $\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} < \frac{s_2}{\sqrt{n_2}}$

  $P(|Z| > \varepsilon) =\propto$

[8]Loi centrée réduite de Gauss est la loi normale de moyenne 0 et de variance 1.

Et$\varepsilon_1$est calculé avec la formule$\varepsilon_1 = \frac{|\bar{x}-\bar{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$.

b) Comparaison des pourcentages des élèves qui ont donnés une situation concrète

Nous avons calculé les pourcentages des élèves pour chaque méthode (utilisant un dessin animé, logiciel Geogebra, classique).

Pour évaluer si l'utilisation des outils numériques ont permis ou non la concrétisation des propriétés mathématiques. Premièrement, nous avons comparé les pourcentages des élèves ayant donné une situation concrète après l'enseignement utilisant le dessin animé et celui de classique. Deuxièmement, la comparaison des pourcentages après l'enseignement utilisant le logiciel Geogebra et celui de classique. Si le pourcentage des élèves ayant utilisé un outil numérique (dessin animé, logiciel Geogebra) est supérieur à celui des élèves ayant appris d'une manière transmissive donc cette hypothèse est vérifiée. Dans le cas contraire, elle ne sera validée.

2.2 Analyse et exploitation des données

Nous avons effectué deux types d'analyse des données : une analyse quantitative, et une analyse qualitative des situations données auprès des élèves lors des évaluations.

L'analyse quantitative des données comporte la comparaison des moyennes des classes pendant l'expérimentation SANS et AVEC outils numériques (Geogebra, dessin animé) afin de tester si la différence entre ces deux moyennes est statistiquement significative ou non. Si la moyenne de classes enseignées avec un outil numérique est supérieure à celle qui a été enseignée sans outil numérique et la différence entre les deux moyennes est significative alors l'apprentissage utilisant l'outil en question permet d'améliorer les résultats. Dans le cas contraire, notre hypothèse est infondée.

Dans l'analyse qualitative, ce sont les pourcentages des élèves qui ont révélé des situations concrètes qui vont être comparées pour savoir si l'utilisation d'un outil numérique a permet de concrétiser les propriétés mathématiques.

2.2.1 Analyse quantitative

Nous allons d'abord tester si les notes suivent la loi normale, et après, nous allons faire la comparaison de deux moyennes.

a) Test de normalité des notes des élèves concernant la propriété de Thalès

Pour faciliter le traitement de données de cette recherche, nous avons défini des intervalles de notes et calculé l'effectif des élèves ayant obtenu une note dans cet intervalle pour les trois approches.

Le diagramme ci –après présente la proportion correspondante à chaque intervalle des notes ;

La proportion des élèves pour chaque intervalle est égale au rapport du nombre des élèves qui ont des notes entre cet intervalle par l'effectif total.

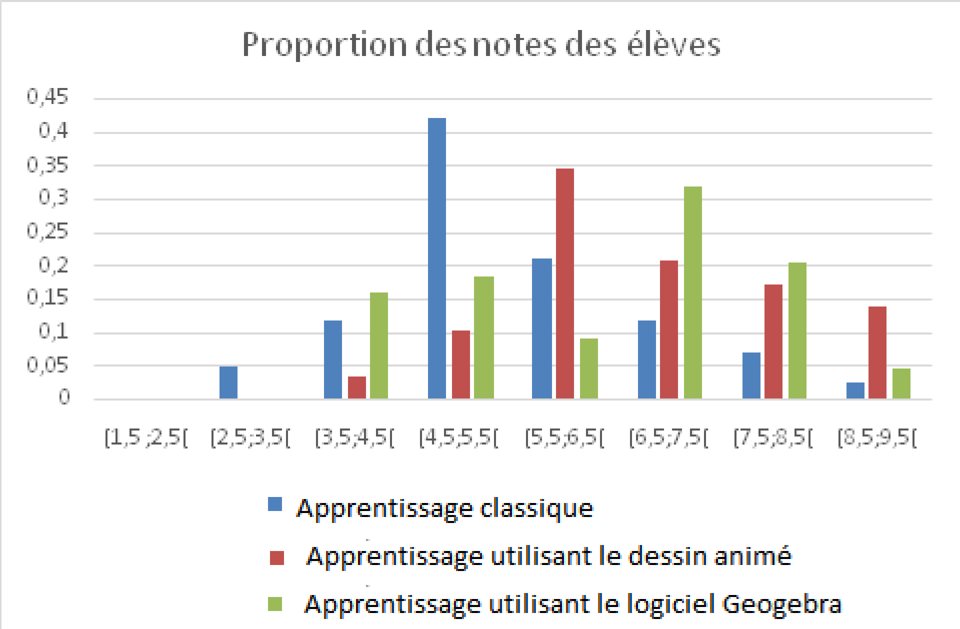


Figure 23: Proportion des notes des élèves pour les trois approches (propriété de Thalès)

Dans cette figure, l'apprentissage classique désigne l'apprentissage sans outils numériques.

Pour vérifier la normalité des notes des élèves, nous avons fait le test de normalité appelé « **droite de Henry** ».

Notre objectif est de vérifier si les nuages des points sont alignés sur une droite d'équation$y = \frac{1}{\sigma}x - \frac{m}{\sigma}$, avec m, la moyenne des classes, et σ est l'écart-type des notes des élèves, Si c'est le cas, alors les notes des élèves suivent une loi normale. Sinon, elles ne suivent pas la loi normale.

Pour chaque approche, nous avons donc construit un tableau comportant 6 colonnes (voir annexe5) :

- Les intervalles des notes sont présentés dans la première colonne,
- L'effectif des élèves ayant obtenu une note dans cet intervalle se trouve dans la deuxième colonne.
- La troisième colonne montre la borne supérieure de l'intervalle de note notée x_i.
- La quatrième présente la proportion des élèves qui ont des notes comprises dans chaque intervalle
- La cinquième colonne présente la proportion des élèves qui ont des notes inférieures à x_i
- La dernière colonne montre la valeur correspondante de la probabilité sur la table de Φ.

Puis, nous avons reporté les points de coordonnées x_i et t_i dans un diagramme, et vérifié si ces points appartiennent à une droite en utilisant le logiciel Excel.

Les droites ci-dessous modélisent la variation de $t_i$en fonction de x_i.

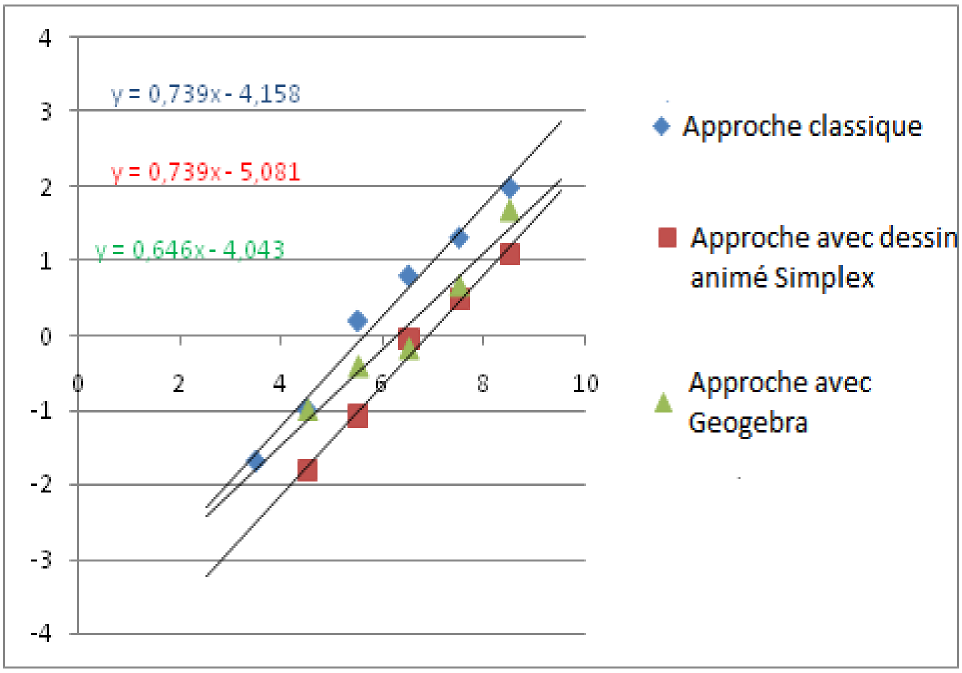


Figure 24: Droite de Henry Thalès

D’après le test de normalité utilisant « la droite de Henry », les notes des élèves suivent la loi normale, ce qui nous permet de passer à ‘étape suivante de notre test statistique. .

Test de normalité des notes des élèves concernant la propriété de Pythagore

En testant la normalité des notes des élèves concernant la propriété de Pythagore avec le même raisonnement que précédemment, les droites de Henry pour les trois approches sont représentées ci-dessous :

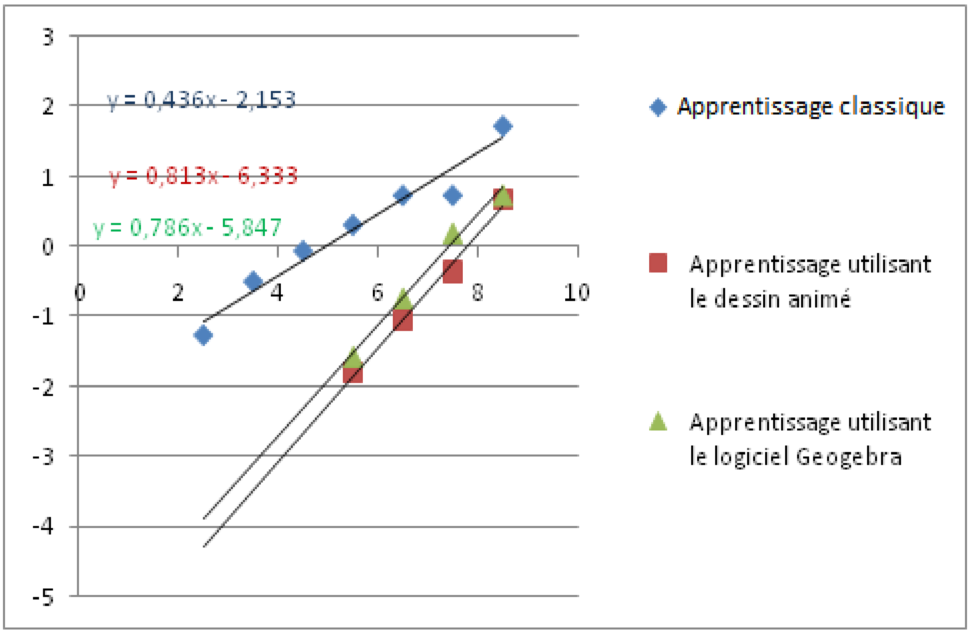


Figure 25 : Droite de Henry Pythagore

D'après le test de normalité utilisant « la droite de Henry », les notes des élèves suivent la loi normale. Nous pouvons donc procéder à la comparaison des moyennes.

b) *Classes sans outils numériques vs avec dessin animé*

Cette partie comprend la comparaison des moyennes des classes pendant l'enseignement de la propriété de Thalès et celles résultant pendant l'enseignement de la propriété de Pythagore.

Nous devons tenir compte du nombre d'élèves dans chaque groupe :

- si les effectifs des élèves sont supérieurs à 30, alors le premier cas est utilisé pour comparer les moyennes.

- si l'un des effectifs des élèves est inférieur à 30 alors le deuxième cas de comparaison des moyennes est utilisé

La comparaison des moyennes des classes pendant l'enseignement de la propriété de Thalès

Le tableau ci-dessous affiche les moyennes, les variances après les évaluations de l'apprentissage sans l'outil numérique, et l'apprentissage avec le dessin animé Simplex.

Tableau 4:Paramètres statistiques 1

Paramètres Statistiques	**Apprentissage n'utilisant aucun outil numérique**	**Apprentissage utilisant le dessin animé**
Moyenne	5,53	6,79
Variance	1,69	1,75
Nombre des élèves	43	29

La loi de Student a été utilisée pour comparer ces deux moyennes.

Les variances de ces 2 données ont été comparées et la différence de ces variances n'est pas significative car l'écart relatif entre les deux variances est de 3%. Ainsi, nous allons comparer ces 2 moyennes en utilisant le deuxième cas, car l'effectif de l'un des deux échantillons est inférieur à 30.

D'après la table de Fisher Student, de degré de liberté γ=43+29-2=70, au risque standard ∝=0,05 ; la valeur de ε est de 1,99.

D'après le calcul, ε_1 =3,88 alors $\varepsilon_1 > \varepsilon$,.

Ainsi, la différence des moyennes entre les deux classes est significative. Comme la moyenne des classes qui ont appris avec un dessin animé est supérieure à celle de l'autre classe l'utilisation du dessin animé permet d'améliorer les résultats.

La comparaison des moyennes des classes pendant l'enseignement de la propriété de Pythagore Afin de comparer les deux moyennes, les paramètres de ces deux échantillons sont récapitulés dans ce tableau :

Tableau 5:Paramètres statistiques 2

Paramètres Statistiques	**Apprentissage n'utilisant aucun outil numérique**	**Apprentissage utilisant le dessin animé Simplex**
Moyenne	4,00	6,71
Variance	5,77	1,13
Nombre total d'élève	48	**28**

Nous avons utilisé la loi de Behrens et Fisher pour voir l'amélioration des moyennes, car l'un des effectifs est inférieur à 30,

et les variances de ces deux échantillons ont une différence significative.

D'après la table de Shukatme relative à $\propto = 0{,}05$, $\gamma_1 = 27$ et $\gamma_2 = 47$ et θ=30°,la valeur de $\varepsilon\ est\ de$ 2,7.

D'après calcul $\varepsilon_1 = 4{,}1$, ce qui implique que $\varepsilon < \varepsilon_1$. Donc la différence entre ces deux moyennes est significativeet la moyenne des classes qui ont appris avec un dessin animé est supérieure à la moyenne de l'autre classe. **D'où l'utilisation du dessin animé dans l'apprentissage a amélioré le résultat de l'évaluation**

c) Apprentissage sans outils numériques vs avec Geogebra

Cette partie comprend la comparaison des moyennes des classes pendant l'enseignement de la propriété de Thalès et celle des moyennes des classes pendant l'enseignement de la propriété de Pythagore.

La comparaison des moyennes pour la propriété de Thalès

Le tableau ci-dessous montre les moyennes, les variances des notes après les travaux sur terrain de l'apprentissage utilisant aucun outil numérique et l'apprentissage utilisant le logiciel Geogebra.

Tableau 6: Paramètres statistiques 3

Paramètres Statistiques	Apprentissage sans outil numérique	Apprentissage utilisant le Geogebra
Moyenne	5,53	6,36
Variance	1,69	2,23
Nombre des élèves	43	44

Il s'agit d'une comparaison dans le premier cas où les effectifs des deux échantillons sont supérieurs à 30 $(n_1 \geq 30\ et n_2 \geq 30)$. Prenons ∝=0,05.

D'après la table de Gauss, ε est égal à 1,65.

D'après calcul, ε_1 =2,730.

D'où $\varepsilon_1 > \varepsilon$ alors la différence des deux moyennes des classes est significative et la moyenne des classes qui ont appris avec le logiciel Geogebra est supérieure à la moyenne de l'autre classe qui veut dire que l'utilisation du logiciel Geogebra permet d'améliorer les résultats d'évaluation.

La comparaison des moyennes des classes pendant l'enseignement de la propriété de Pythagore

Vérifions si la différence entre les moyennes de ces deux approches est significative ou non.

Tableau 7: Paramètres statistiques 4

Paramètres Statistiques	Apprentissage sans outil numérique	Apprentissage utilisant le Geogebra
Moyenne	4,00	6,365
Variance	5,771	1,386
Nombre total d'élève	48	52

Le nombre total des élèves pour les 2 approches est supérieur à 30 donc il s'agit du premier cas de comparaison de deux moyennes.

En se donnant un seuil de signification∝= 0,05, ε est égale à 1,65.

D'après le calcul, $\varepsilon_1 = 6{,}09$ donc $\varepsilon < \varepsilon_1$ alors la différence entre les deux moyennes est significative.

Comme a moyenne des classes qui ont appris avec un logiciel est supérieure à la moyenne de l'autre classe, nous pouvons en déduire que l'utilisation du logiciel Geogebra permet d'améliorer les résultats pendant l'enseignement de la propriété de Pythagore.

2.2.2 Analyse qualitative des situations

Les situations données par les élèves pendant l'évaluation diagnostique et sommative sont présentées ci-après.

Elles permettent de prouver l'intérêt de l'utilisation des outils numériques au cours d'une séance d'enseignement de mathématiques. Les situations imaginées par les élèves peuvent être utilisées à titre d'activité d'introduction pendant les cours de la propriété de Thalès et de Pythagore pour d'autres professeurs de mathématiques

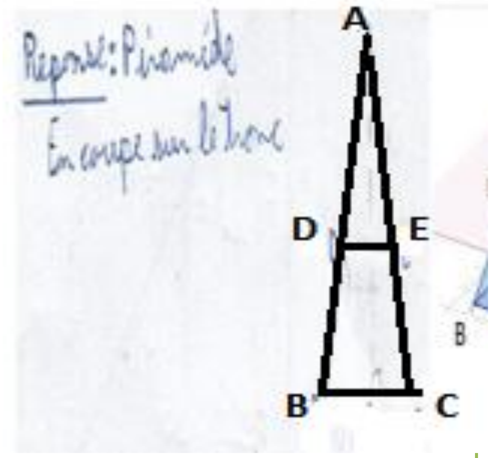
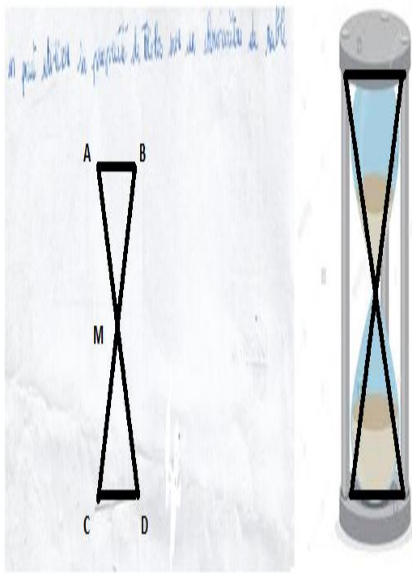
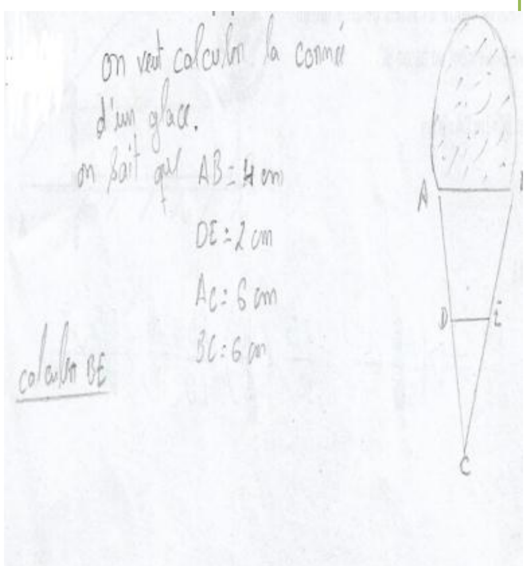
a) *Les situations données pour la propriété de Thalès*

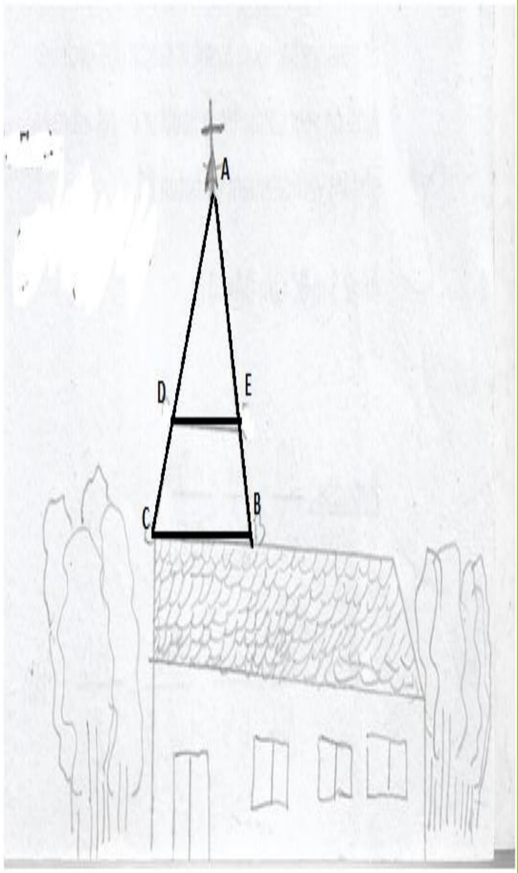
Les situations données par les élèves avant et après l'utilisation de l'outil numérique (Geogebra et dessin animé) sont évoquées ci-dessous

a.1. Avant et après l'utilisation du logiciel Geogebra

Le tableau suivant montre les situations données par les élèves dans les 2 cas

Tableau 8: Situations données pour la propriété de Thalès

Situation avant Situation qui a un rapport avec	Pourcentage	Situation après Situation qui a un rapport	pourcentage
Une pyramide  Figure 26:Situation avec une pyramide	13%	La hauteur des statuts symboliques d’un pays (comme Tour Eiffel) ou celle d’un arbre par rapport à son ombre	21%
Un chronomètre.  Figure 27:Situation avec un chronomètre	4%	des objets du quotidien comme un cerf volant, un cornet d’une glace.  Figure 28: Situation avec une glace	18%

L’icône de l’application Xender **Exemple :**	4%	Le calcul des dimensions d’une fenêtre, d’un escalier, d’une maison à 2 étages, d’un château, d’une église  Figure 29: Situation avec une église	17 %

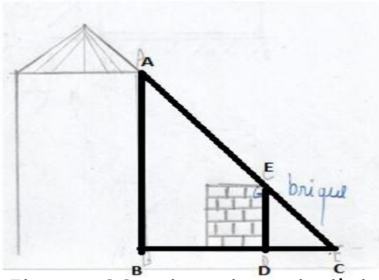
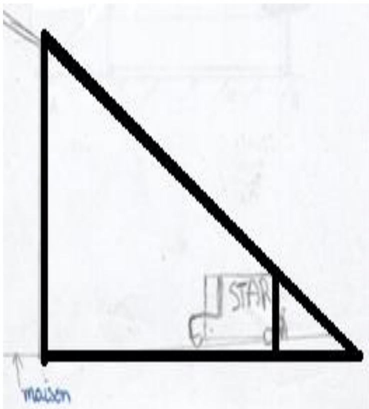
Les pourcentages des élèves qui ont évoqué une situation se sont améliorés après l’enseignement utilisant le logiciel Geogebra : aussi, ce logiciel a permis à plus d’élèves de comprendre le domaine d’application de la propriété étudiée

Les élèves qui ont été évalués après l’enseignement avec Geogebra ont donné des situations plus contextualisées. Les exemples sont plus concrets et se rapprochent de la vie quotidienne à savoir : cerf-volant, glace, tour d’une église.

a.2. Avant et après l’utilisation du dessin animé Simplex

Le tableau suivant montre les situations données par les élèves dans les 2 cas

Tableau 9 : Situations concernant la propriété de Thalès

Situation avant **Situation qui a un rapport avec**	**Pourcentage**	**Situation après**	**Pourcentage**
Une pyramide	13%	Situation identique à celle du dessin animé Exemples  Figure 30: situation similaire au dessin animé  Figure 30: Situation 2 similaire au dessin animé	70%
Un chronomètre.	4%		
L'icône de l'application Xender **Exemple :**	4%		

Le pourcentage des élèves ayant pu donner une situation s'est améliorée de 70%, l'utilisation du dessin animé Simplex les a inspiré et les a incités à devenir plus créatifs.

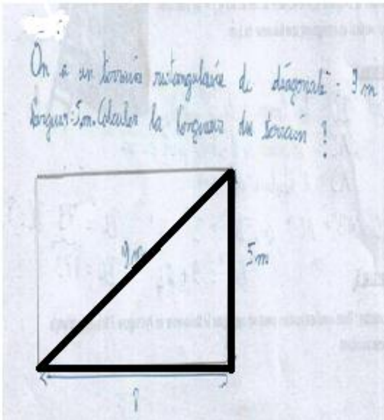
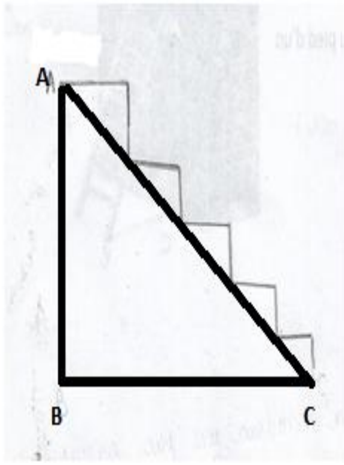
<u>Les situations données pour la propriété de Pythagore</u>

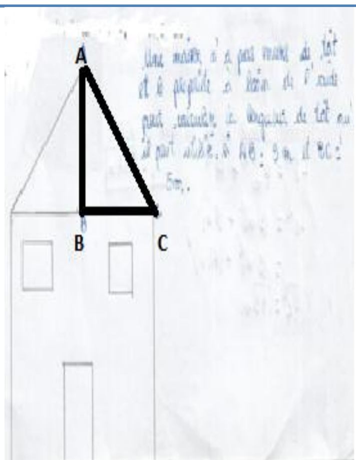
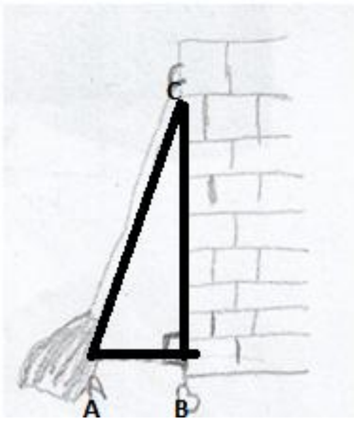
Le tableau suivant montre de manière explicite les situations données par les élèves dans les 2 cas.

.**<u>Avant et après l'utilisation du logiciel Geogebra :</u>**

Le tableau suivant montre les situations données par les élèves dans les 2 cas

Tableau 10: Situation pour la propriété de Pythagore

Situation avant l'apprentissage avec logiciel	Pourcentage	Situation après	Pourcentage
Situation où le calcul de la diagonale d'un objet de forme rectangulaire comme la porte d'une maison ou d'une fenêtre, d'un cahier intervient.	25 %	Situation où la diagonale d'une porte d'un frigidaire ou l'hypoténuse une équerre doit être calculée Figure 31: Situation 1 Pythagore  Figure 32: Situation 2 Pythagore  Figure 33: Situation 3 Pythagore	50%
Situation où intervient le calcul la hauteur d'un poteau ou d'une équerre Exemple :	15%	Situation où la construction d'une maison intervient exemple :	14%

		 Figure 34 : Situation 3 Pythagore	
		Situations similaires à l'exercice 4 de l'évaluation sommative  Figure 35: Situation 4 Pythagore	20%

Le pourcentage des élèves qui ont répondu à l'exercice de situation a doublé après l'apprentissage utilisant le logiciel Geogebra. Cet apprentissage a pu élargir le domaine de situations trouvées par les élèves car ce dernier a pu donner des situations concernant la construction d'un bâtiment malgré le manque de rédaction.

a.3. Avant et après l'utilisation du dessin animé Simplex

Le tableau suivant définie les situations avant et après avant et après l'utilisation du dessin animé Simplex.

Tableau 11: Situations pour la propriété de Pythagore

<table>
<tr><th>Situation avant l'apprentissage avec le dessin animé</th><th>Pourcentage</th><th>Situation après</th><th>Pourcentage</th></tr>
<tr><td>Situation où le calcul de la diagonale d'un objet de forme rectangulaire comme la porte d'une maison ou d'une fenêtre, d'un cahier, un terrain rectangulaire intervient.</td><td>25 %</td><td>Situation où le calcul de la diagonale d'une valise ou d'une porte ou l'hypoténuse d'une équerre ou d'une corde d'une tente.
Exemple

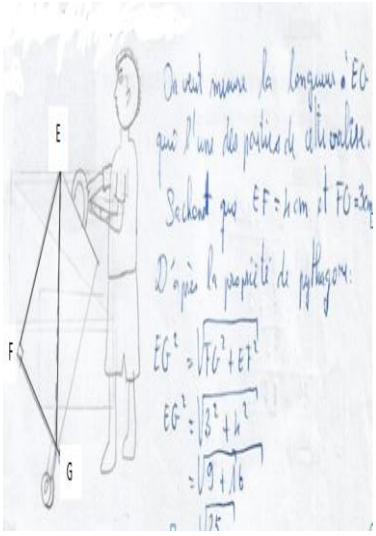



Figure 36: Situation 5 Pythagore

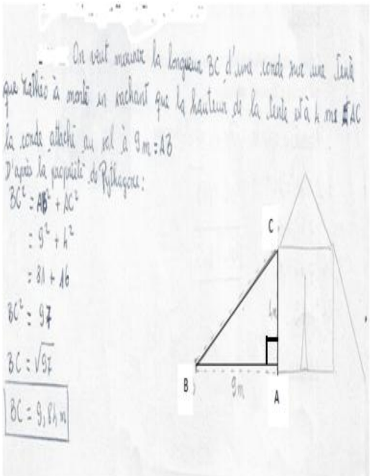



Figure 37: Situation 6 Pythagore</td><td>65%</td></tr>
<tr><td>Situation où le calcul la hauteur d'un escalier ou d'un poteau ou d'une équerre</td><td>15%</td><td>Une situation similaire à celle de l'exercice 4 de l'évaluation sommative.</td><td>10%</td></tr>
</table>

Le dessin animé a aidé les élèves à bien rédiger une situation car avant l'utilisation de cet outil les élèves avaient du mal à en rédiger. Les élèves ont exploité la situation du dessin animé et ceci a permis d'augmenter globalement les pourcentages ci-dessus.

b) *Conclusion partielle*

Nous allons résumer le pourcentage des élèves ayant donné des situations au cours de l'apprentissage dans le tableau suivant.

Tableau 12: Pourcentage des élèves ayant donné des situations

Propriété	Apprentissage classique	Apprentissage utilisant **Gorgera**	Apprentissage avec dessin animé
Propriété de Thalès	21%	56%	70%
Propriété de Pythagore	40%	84%	75%

D'après ces interprétations, l'apprentissage utilisant les outils numériques (Geogebra et Simplex) a augmenté les pourcentages des élèves et leur ont permis de : donner des situations plus concrètes, d'avoir un esprit plus créatif et d'élargir leur domaine de compétences.

Pour la propriété de Thalès, l'apprentissage avec le dessin animé a été plus productif que celui utilisant le Gorgera car 44% les élèves avaient du mal à reproduire la situation en utilisant le logiciel Geogebra. En effet, lors de l'utilisation du logiciel Geogebra, les élèves ont dû interpréter la situation sous forme de schéma et de consignes.

La méthodologie est alors testée pour la cible considérée en donnant des résultats de recherches significatifs. L'analyse et l'exploitation de données confirment de manière scientifique l'adéquation de méthodes utilisées avec les interprétations.

CONCLUSION

A Madagascar, l'apprentissage classique est le plus pratiqué. Or, le constat de cette étude en classe de seconde a montré que ce type d'apprentissage n'a pas amené les élèves à appliquer les propriétés mathématiques dans la vie quotidienne, et ainsi à être motivé pour cette discipline. Par ailleurs, l'utilisation du dessin animé permet aux élèves de voir des exemples concrets des propriétés mathématiques dans la vie quotidienne et peuvent les motiver davantage. Celle du Geogebra leur permet de faciliter la mathématisation d'une situation problème

Nos études sont focalisées sur la propriété de Pythagore et Thalès qui font partie des programmes scolaires. Depuis l'époque de Thalès, sa propriété a été mise en pratique pour calculer la hauteur de Pyramide. Quant à la propriété de Pythagore, elle a été utilisée depuis la civilisation babylonienne. Pour que ces savoirs savants soient mieux appréhendés par les élèves, Martinand a intégré la notion de « pratique sociale de référence » à l'enseignement et à l'apprentissage, pour leur donner un sens à partir des situations familiales ou vécues.

La comparaison des moyennes des classes ayant réalisé un apprentissage classique avec celles ayant utilisé le dessin animé ou le logiciel Geogebra ont permis de vérifier notre hypothèse « la concrétisation introduite par le dessin animé et ou le logiciel Geogebra permet d'améliorer les résultats ». De plus, il a été constaté que le pourcentage des élèves qui ont donné une situation traduisant un théorème mathématique a augmenté lors de l'utilisation de ces deux approches. Au moins 56% des élèves ont compris l'application des théorèmes de Pythagore et la propriété de Thalès, lors de l'utilisation des outils numériques.

Cependant, ce travail présente quelques limites.

Le dessin animé Simplex n'évoque qu'une partie des propriétés du théorème de Thalès, et de celles de Pythagore, et ne peuvent suffire pour atteindre tous les objectifs spécifiques concernant ces thèmes. Il peut être aussi distractif pour les élèves, ce qui peut engendrer la déconcentration pendant le cours.

Quant à l'utilisation de l'outil numérique, Il existe encore des écoles qui ne peuvent pas faire ce genre d'apprentissage car leurs matériels informatiques ne correspondent pas à l'effectif des élèves. De ce fait, les élèves ne peuvent pas manipuler un logiciel ou visionner une animation.

Pour y remédier, le ministère responsable de l'éducation devrait assurer la distribution équitable des matériels informatiques au sein des écoles. Le corps enseignant devrait utiliser des supports audiovisuels (documentaire, film d'animation) adaptés aux programmes scolaires et au contexte malgache.

.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES et WEBOGRAPHIQUES :

Arsac,G.(1991).Un exemple d'évolution d'une théorie didactique : la transposition didactique.Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes,6,39-43

Cazes,C et al.(2014).Vil Coyote rattrapera-t-il Bip - Bip ?:Un exemple d'introduction de fonctions à partir d'une situation concrète. Irem,95,1-17

Develay, M. (1993).*De l'apprentissage à l'enseignement. Pour une épistémologie scolaire*. Paris, France : ESF

Dusart,P.(2018).Cours de statistiques inférentielles.cours_stat-s4.pdf

Khaldi,M.(2011).Transposition didactique[Master ENT, université ENS Tétouan, Tétouan, Maroc]. 3.transposition didactique

Laguerre,E.(2008).Une ingénierie didactique pour l'apprentissage de théorème de Thalès au collège[thèse de doctorat, université dénis Diderot Paris 7, Paris, France].LAGUERRE-THESE

Ouasti, R. (2016).L'image comme support didactique dans l'enseignement /apprentissage du FLE. Cas d'étude la 5ème année primaire. [Mémoire de master, Université Abou BekrBelkaid, Alger, République Algérienne Démocratique et Populaire].fr81-2019.http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/9620/1/ouasti-rachida.pdf

Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences;. Revue des sciences de l'éducation, 487-514.

Randrianasolo,M.(2019).L'apport de l'utilisation Geogebra dans l'enseignement/apprentissage de la symétrie orthogonale en classe decinquième.[mémoire de master, Université de l'Ecole Normale Supérieure , Antananarivo, Madagascar]. RandrianasoloHariveloM_ENS_MASTPRO_19.

Saout, L. (2015). Le dessin animé comme support d'activités pour la construction des savoirs en sciences et en histoire. Paris: HAL.

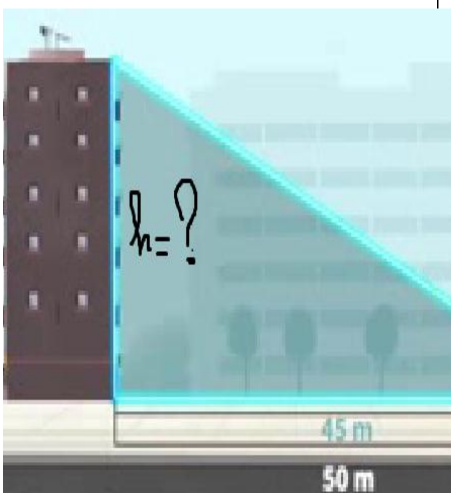
Segui,F.(2006).Pratiques sociales des élèves pratiques sociales des enseignants.[diaporama].Ecole Supérieur de Professorat et de l'Education Université de Lyon

Zeghba, A. (2019).Le dessin animé comme support favorisant le développement de la compréhension orale en classe de FLE. Cas de la 5ème AP. Ecole « Haderbache Saadia ». [Mémoire de master, Université MOHAMED BOUDIAF, Alger, République Algérienne Démocratique et populaire]. ouasti-rachida.pdf.http://dspace.univ-sila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/ 16275/fr81-2019.pdf

ANNEXES

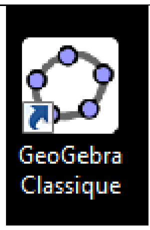
ANNEXE 1 : Fiche de préparation pour la propriété de Pythagore (GEOGEBRA)

Durée	2 heures
pré requis	❖ Notion d'appartenance (ϵ) et de parallélisme ❖ Notion de triangle semblable (+précision)
Objectif spécifique	L'élève doit être capable d'énoncer le théorème direct et réciproque après avoir fait l'activité de Geogebra.
Matériels	Vidéo projecteur, questionnaire, outil didactique mathématique Ordinateur avec Geogebra.

Durée	Partie orale et objectif	Trace écrite
Etape1 : Activité **Etape2 :** Simulation Geogebra	**Activité :** Tom veut déterminer la hauteur d'un grand immeuble pour y coller une banderole. A 10 h l'ombre de l'immeuble mesure 50m. Il a demandé l'aide de ses camarades : Evariste et Inès et Julien. Evariste a une idée : Inès se place la limite de l'ombre et Julien dans l'ombre de telle façon que l'ombre passe sur sa tête c'est-à-dire à 5 m de Inès. On sait que la taille de Julien est de 1,70m. Quelle est la hauteur de l'immeuble ?  **Simulation geogebra :** **Représenter le mur de l'immeuble en utilisant l'échelle suivante Geogebra** 1cm représente 10 m et	

Trouver la hauteur de l'immeuble.

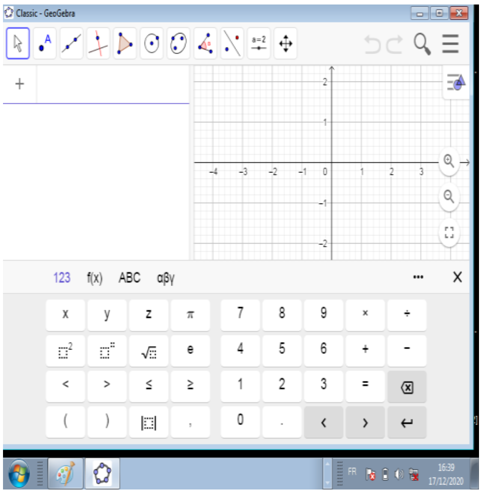
Réponse attendue : 17m



<u>PRISE EN MAIN Du LOGICIEL :</u>

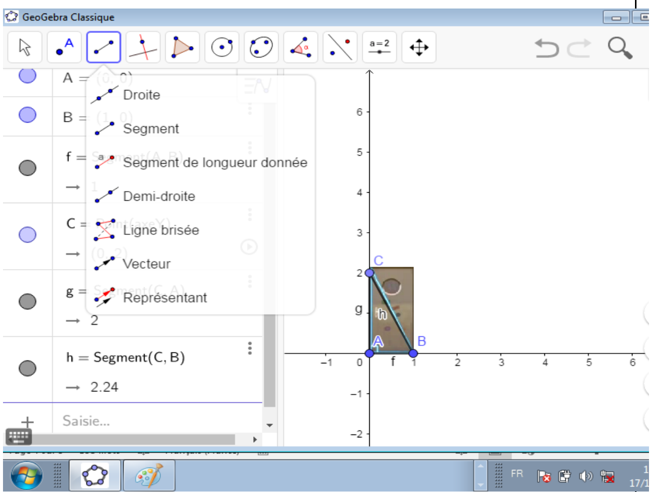
Voilà l'icône de Geogebra sur votre écran

Ensuite vous trouvez l'icône de Geogebra sur votre écran et vous faites un Clic Gauche sur cette icône.



Maintenant ce que vous voyez sur votre écran.

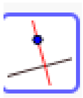
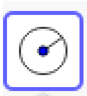
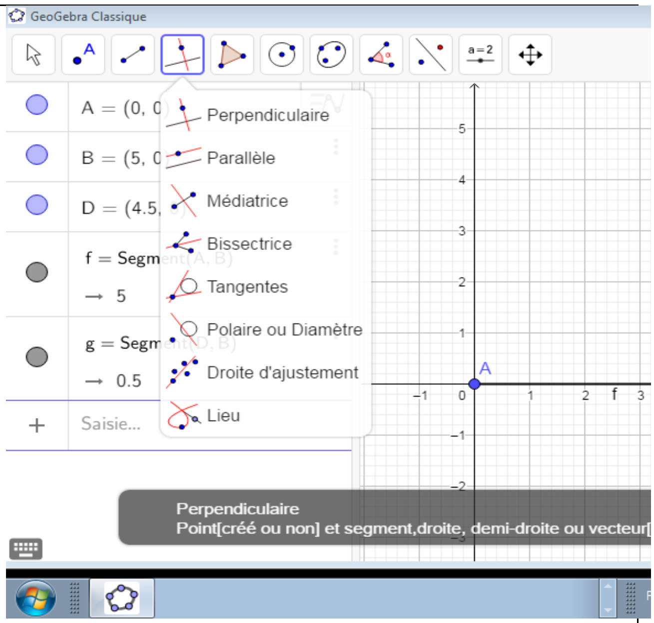
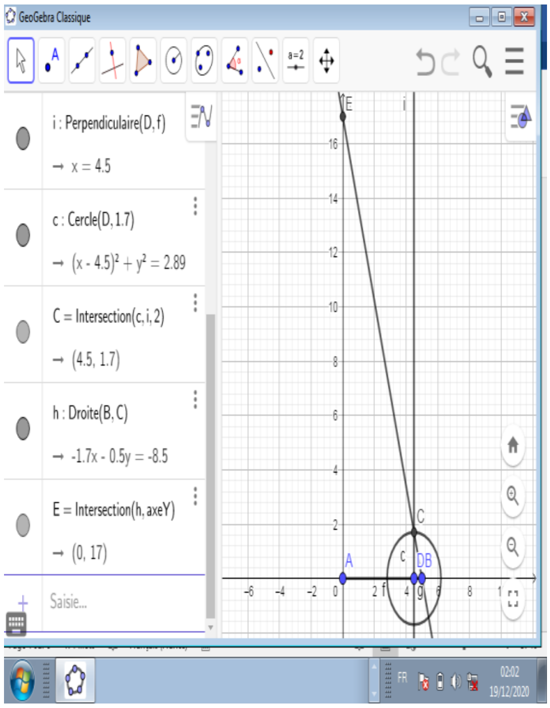
1-Pour fermer le clavier faites un CG sur la croix qui est ici

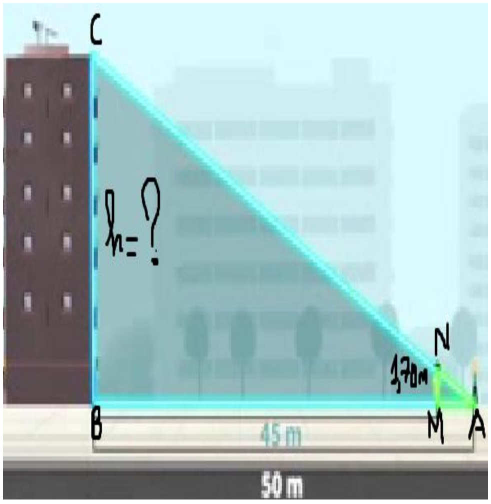


s

2- Pour créer un segment cliquer sur puis segment .Pour un segment de longueur donnée cliquer sur puis segment de longueur donnée et il faut écrire la longueur du segment.

Pour mesurer un segment, il faut deux points et cliquer sur les 2 points.

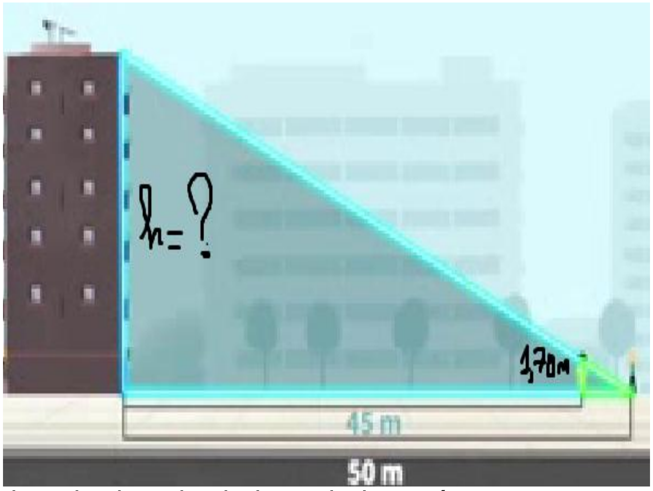
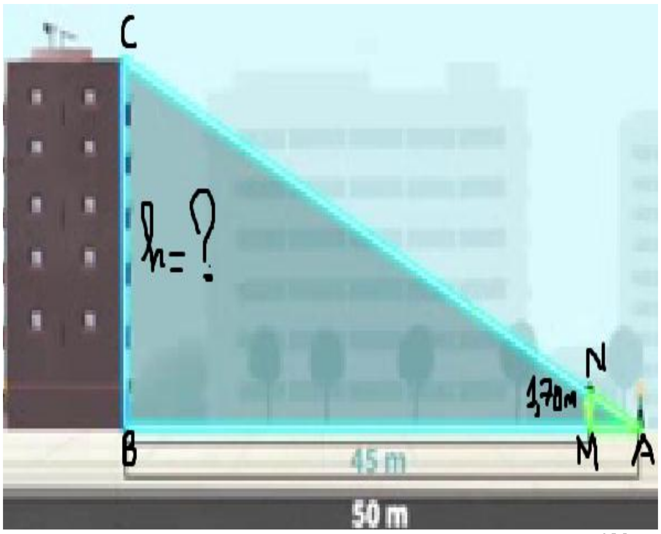
Etape 3 : Remplissage de questionnaire	**3-Utiliser l'échelle de 1cm pour 1m et pour tracer la droite perpendiculaire d'une droite il faut**  **puis perpendiculaire.** **4-Pour tracer un segment de longueur donné , il faut un cercle dont on veut préciser le rayon, il faut cliquer sur**  **puis cercle (centre-rayon)** **On note** AE représente la hauteur de l'immeuble AB représente la longueur de l'ombre de l'immeuble DB représente la distance entre Julien et Inès CD la taille de Julien **Partie orale :** Quelle est la mesure du segment AB= ?? BD= ?? DC= ?? AE= ?? Et BE= ?? et BC= ?? **Réponse attendue :** BD= 0,5 cm AB= 5 cm DC= 1,7cm AE= 17cm **Partie orale :** D'après vous si on va prendre DC=1cm quelle sera la longueur de AE (sans traçage) ? **Réponse attendue :** 10 cm	 **REPONSE ATTENDUE :** 

Etape 4 : Solution de l'activité et Cours	**Partie orale :** Pourquoi ? **Réponse attendue :** Car ces valeurs sont proportionnelles. **Partie orale :** Pour répondre à cette question, vous devez remplir un questionnaire individuellement. (Les élèves rempliront le même questionnaire que celle de l'enseignement avec dessin animé **Partie orale :** Notre problème ici alors c'est de calculer la hauteur de cette immeuble en sachant la mesure de l'ombre, la taille de Julien **QUESTION :** Quel calcul Julien et ses copains ont-ils fait pour trouver la hauteur de l'immeuble ? **Propriété directe de Thalès :** Soient (AB) et (AC) deux droites sécantes en A, M un point de (AB) et N un point de (AC). Si les droites (AB) et (MN) sont parallèles, alors $\frac{AM}{AB} = \frac{AN}{AC} = \frac{MN}{BC}$. **REPONSE :** $\boldsymbol{\frac{AB}{AM} = \frac{BC}{MN}}$ $\boldsymbol{BC = \frac{AB \ X \ MN}{AM}}$ BC=17m	

ANNEXE 2 : Fiche de préparation de la propriété de Thalès (dessin animé)

NOM	NATOLOTRA Ho Minohasina
Classe	Troisième
Durée	2 h
Prérequis Des élèves	❖ Notion de l'appartenance (ϵ) et de parallélisme ❖ triangle semblable
Objectif général	L'élève doit être capable de donner les deux égalités de théorème direct après l'observation de dessin animé
Matériels	Vidéo projecteur, questionnaire, outil didactique mathématique, dessin animé

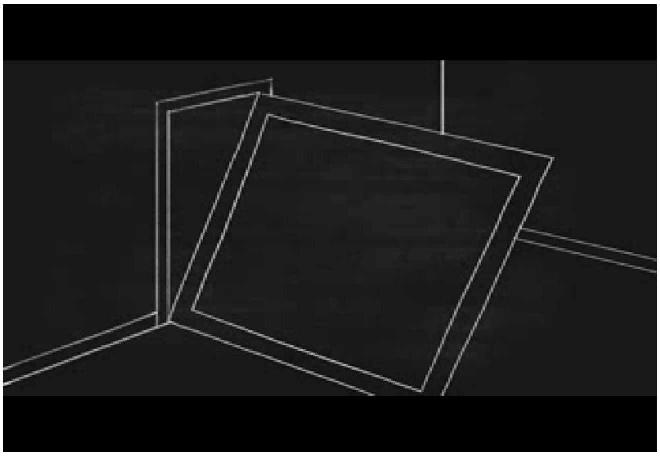
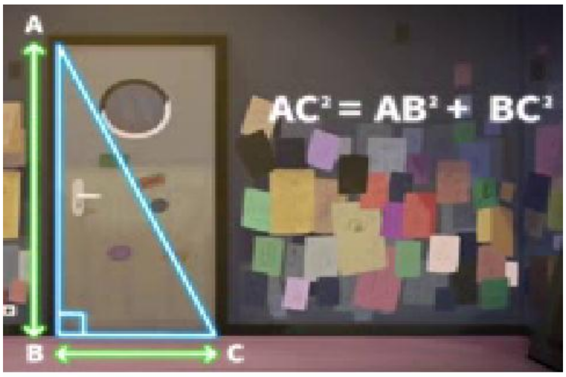
Durée et étape	Consigne , stratégie et objectif	Trace écrite
Etape 1 : Introduction (5 minutes) **Etape 2 :** Diffusion de dessin animé (10 minutes) **Etape 3 :** **Epreuve orale de l'élève** **(10 minutes)**	**APPRENTISSAGE AVEC DESSIN ANIME (une heure)** **Trace orale :** Aujourd'hui, nous allons diffuser un dessin animé comme un moyen d'enseignement de mathématiques. **Stratégie :** Après une diffusion du dessin animé, on demande à un élève au hasard d'ordonner les points essentiels suivant de dessin	Ordonner les points essentiels suivants : 1-Ils ont utiliser le théorème de Thalès pour mesurer la hauteur de l'immeuble. 2-Tom doit coller le street art de son choix 3-Tom a gagné au street art 4- Tom a collé un street art d'Evariste en train de faire des mathématiques 5-Tom doit trouver la hauteur de l'immeuble pour la commande de rouleau

Etape 4 : **Remplissage de questionnaire (15 minutes)** **Etape 5 :** **Apprentissage avec dessin animé** **(20 minutes)**	animé afin de tester sa compréhension : **Réponse attendue** : **Partie orale** : Maintenant chaque élève doit remplir un questionnaire. **Objectif :** Tester le dessin animé comme moyen d'enseignement **Partie orale :** Notre problème ici alors c'est de calculer la hauteur de cette immeuble en sachant la mesure de l'ombre, la taille de Julien ; **QUESTION :** Quel calcul ils ont fait pour trouver cette hauteur si on note par BC la hauteur de l'immeuble, AB la distance entre l'immeuble et Inès et AM la distance entre Inès et Julien ? **REPONSE :** $\frac{\boldsymbol{AB}}{\boldsymbol{AM}} = \frac{\boldsymbol{BC}}{\boldsymbol{MN}}$ $\boldsymbol{BC} = \frac{\boldsymbol{AB\ X\ MN}}{\boldsymbol{AM}}$ BC=17m	**Propriété directe de Thalès :**  Soient (AB) et (AC) deux droites sécantes en A, M un point de (AB) et N un point de (AC). Si les  droites (AB) et (MN) sont parallèles, alors $\frac{AM}{AB} = \frac{AN}{AC} = \frac{MN}{BC}$.

ANNEXE 3 : Fiche de préparation pour la propriété de Pythagore (dessin animé)

NOM	NATOLOTRA Ho Minohasina
Classe	Troisième
Durée	2 h
Prérequis Des élèves	❖ Triangle rectangle ❖ Carré d'un nombre ❖ Racine carré d'un nombre ❖ mesure d'un segment
Objectif général	L'élève doit être capable d'appliquer le théorème de Pythagore avec un triangle rectangle donné.
Matériels	Vidéo projecteur, questionnaire, outil didactique mathématique, dessin animé

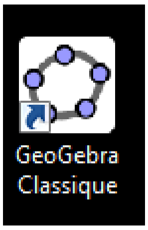
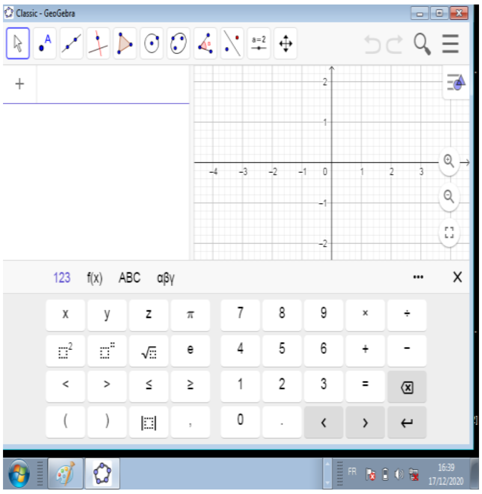
Durée et étape	Consigne , stratégie et objectif	Trace écrite
	APPRENTISSAGE AVEC DESSIN ANIME :	
Etape 1 : Introduction (5 minutes)	**Partie orale :** Aujourd'hui, je vais vous enseigner avec un autre moyen d'enseignement. je vais vous enseigner avec un dessin animé.	
Etape 2 : Diffusion du dessin animé simplex (10 minutes)	Alors on va voir un dessin animé concernant les mathématiques.	
Etape 3 : Epreuve orale (test de compréhension des élèves) (10 minutes)	Voici quelques points essentiels concernant le dessin animé : Question : ordonner ces étapes a) Inès et ses amis ont utilisé un théorème mathématique pour calculer la diagonale de la porte b) Inès et ses amis sont venus voir Evariste pour lui affirmer si l'on ne peut pas casser le mur pour faire passer l'écran plat géant c)ils ont réussi a prouvé que l'écran passe par la porte sans	

Etape 4 : Distribution de questionnaire (15 minutes) Etape 5 : apprentissage avec dessin animé	casser le mur d)Evariste a refusé la proposition d'Inès et ses amis Maintenant chacun de vous doit remplir un questionnaire concernant le dessin animé **Question 1 :** Qui est-ce qui peut me décrire le problème ? **Réponse attendue 1** : Inès et ses amis doivent calculer la diagonale de la porte pour y passer un écran géant **Question 2 :** Quel calcul ils ont fait pour calculer la diagonale de la porte ? **Réponse attendue** 2: $AC^2=AB^2+BC^2$ $AC^2=1^2+2^2=5$ AC=224cm **Question 3:** A votre avis, quelle est la condition pour utiliser ce théorème ? **Réponse attendue 3** : Le triangle ABC doit être un triangle rectangle	 

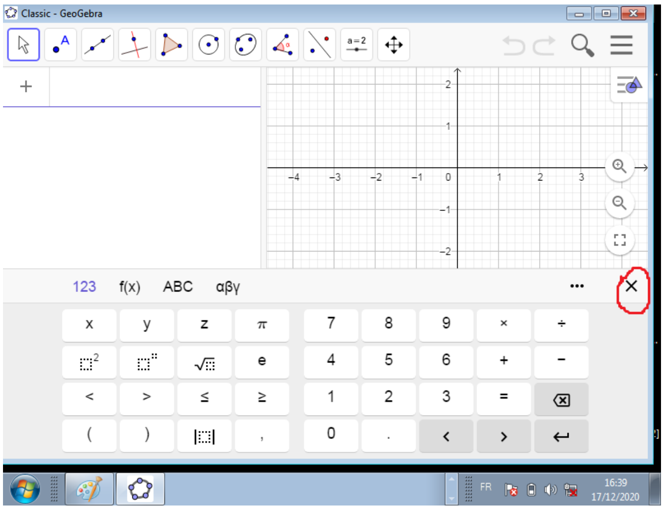
ANNEXE4 : Fiche de préparation pour la propriété de Pythagore (Geogebra)

NOM	NATOLOTRA Ho Minohasina
Classe	Troisième
Durée	2 h
Prérequis Des élèves	❖ Triangle rectangle ❖ Carré d'un nombre ❖ Racine carré d'un nombre ❖ Mesure d'un segment ❖ échelle
Objectif général	L'élève doit être capable d'appliquer le théorème de Pythagore avec un triangle rectangle donné.
Matériels	Vidéo projecteur, questionnaire, geogebra, ordinateur

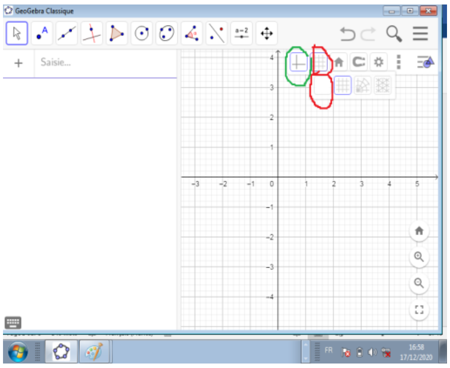
Durée et étape	Consigne , stratégie et objectif	Trace écrite
Etape 1 : salutation Présentation (5 minutes) Etape 2 : Activité d'introduction (15 minutes)	APPRENTISSAGE SANS DESSIN ANIME : Voilà la porte dont on veut faire entrer l'écran géant **partie orale :** **Question** : Que doit-il calculer pour savoir s'il peut	Activité 1 : Tom et ses amis veut faire passer un écran plat géant de côté 220cm X 220 cm à travers une porte principale est de 1m X 2m. Evariste la propriétaire de la maison ne les aide pas. L'écran géant peut-il passer ou non par la porte principale ? 

	entrer ou non ? **Réponse :** la diagonale de la porte	
<u>Etape 3 :</u> Simulation numérique (20 minutes)	**Stratégie :** On va faire la simulation de cette activité en geogebra C'est l'élève qui va traiter le problème de Tom mais avec le dessin animé c'est le personnage du dessin animé qui va le traiter. PRISE EN MAIN DE LOGICIEL : Partie orale : **Vous trouvez l'icône de Geogebra sur votre écran et vous faites un Clic Gauche sur cette icône.** **Maintenant vous voyez ceci sur votre écran.**	 

1-Pour fermer le clavier faites un CG sur la croix qui est ici



2- Pour effacer le repère, il faut faire il faut cliquer sur

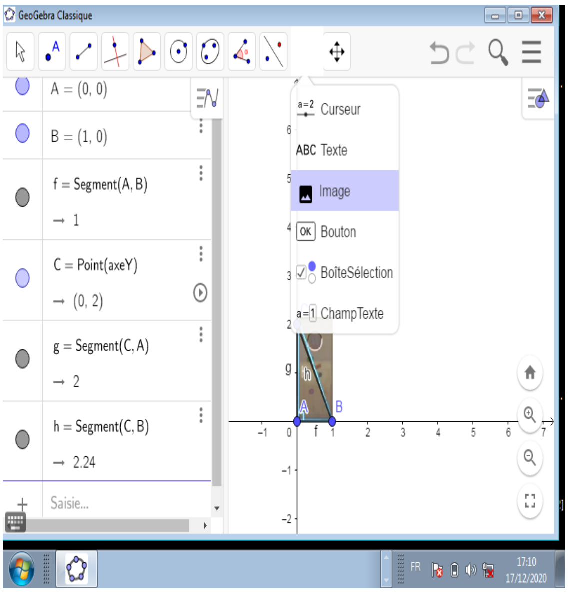


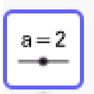
Ensuite sur

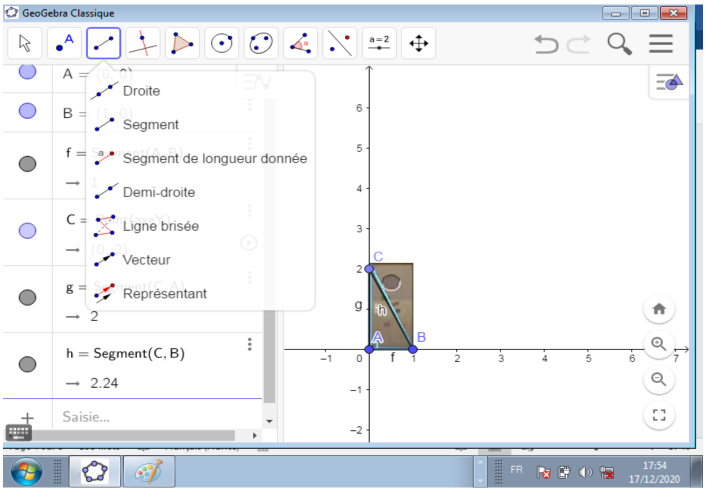
3-pour effacer le quadrillage il faut cliquer sur

Ensuite sur

Enfin sur



4- on va entrer l'image de la porte sur geogebra pour mesurer la diagonale. Pour cela CG sur  **ensuite**

Etape 4 : Remplissage individuelle des questionnaires (15 minutes)	**CG sur IMAGE –choisissez un fichier- bureau- image de nom porte** **5- vous pouvez changer la dimension de la porte avec le point A et B en utilisant l'échelle** 1cm représente 1m **6- Pour mesurer un segment, il faut deux points et cliquer sur les 2 points.** **Partie orale :** Maintenant chacun de vous doit remplir le questionnaire (même questionnaire que pour l'enseignement avec dessin animé)	

Etape 5 : Evaluation	**Question :** En utilisant le résultat de cette simulation, résoudre le problème de Tom. **Réponse attendue** : Notons D la diagonale porte de Tom $D^2=1^2+2^2=5$ $D=\sqrt{5}= 2,236$m **Partie orale :** Nous allons faire une évaluation écrite maintenant	

ANNEXE 5 : Tableau des tests de normalité pour les trois approches

Droite de Henry pour l'apprentissage classique (Thalès)

Intervalle des notes	effectif	x_i	Proportion	$P(X < x_i)$	t_i
[1,5 ;2,5[	0	2,5	0	0	
[2,5;3,5[	2	3,5	0,047	0,047	-1,680
[3,5;4,5[	5	4,5	0,116	0,163	-0,983
[4,5;5,5[	18	5,5	0,419	0,581	0,205
[5,5;6,5[	9	6,5	0,209	0,791	0,809
[6,5;7,5[	5	7,5	0,116	0,907	1,322
[7,5;8,5[	3	8,5	0,070	0,977	1,991
[8,5;9,5[	1	9,5	0,023	1	

Droite de Henry pour l'apprentissage utilisant le dessin animé (Thalès)

x_i	Intervalle des notes	effectif	Proportion	P(X< x_i)	t_i
2,5	[1,5 ;2,5[	0	0	0	
3,5	[2,5;3,5[	0	0	0	
4,5	[3,5;4,5[	1	0,034	0,034	-1,818
5,5	[4,5;5,5[	3	0,103	0,137	-1,089
6,5	[5,5;6,5[	10	0,344	0,482	-0,043
7,5	[6,5;7,5[	6	0,206	0,689	0,494
8,5	[7,5;8,5[	5	0,172	0,862	1,089
9,5	[8,5;9,5[	4	0,137	1	

Droite de Henry pour l'apprentissage utilisant le logiciel Geogebra (Thalès)

Intervalle	x_i	Geogebra	Proportion	Pi	t_i
[1,5 ;2,5[	2,5	0	0	0	
[2,5;3,5[	3,5	0	0	0	
[3,5;4,5[	4,5	7	0,159	0,159	-0,998
[4,5;5,5[	5,5	8	0,182	0,341	-0,410
[5,5;6,5[	6,5	4	0,091	0,432	-0,172
[6,5;7,5[	7,5	14	0,318	0,750	0,674
[7,5;8,5[	8,5	9	0,205	0,955	1,691
[8,5;9,5[	9,5	2	0,045	1,000	

Droite de Henry pour la propriété de Pythagore :

	Apprentissage classique		Apprentissage utilisant le dessin animé		Apprentissage utilisant le logiciel Geogebra	
x_i(note)	$P(X_i<x_i)$ Pourcentage élève inférieure à x_i)	t_i (obtenu à partir de la table ϕ)	$P(X_i<x_i)$	t_i	$P(X_i<x_i)$	t_i
2,5	0,104	-1,258	0,000		0,000	
3,5	0,313	-0,489	0,000		0,000	
4,5	0,479	-0,052	0,000		0,000	
5,5	0,625	0,319	0,036	-1,803	0,058	-1,574
6,5	0,771	0,742	0,143	-1,068	0,231	-0,736
7,5	0,771	0,742	0,357	-0,366	0,577	0,194
8,5	0,958	1,732	0,750	0,674	0,769	0,736
9,5	1,000		1,000		1,000	

Université d'Antananarivo
Ecole Normale Supérieure
DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »
MENTION : « Formation **des R**essources **H**umaines **de l'**Education **»**
SPECIALITE : Mathématiques
PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Mathématiques
Résumé du Mémoire de Master Professionnel

Titre: Etude comparative entre l'apprentissage utilisant l'outil dessin anime et geogebra
Mots-clés : ***Apprentissage, dessin animé, Geogebra, Pythagore, Thalès***

Cette étude a été faite dans le cadre d'un mémoire de Master professionnel, pour la formation des Ressources Humaines en Education, spécialité Mathématiques à l'ENS de l'université d'Antananarivo. Elle est entrée sur la comparaison de l'apprentissage classique et l'apprentissage avec des outils numériques, qui sont le dessin animé et le logiciel Geogebra, pour améliorer les résultats dans l'apprentissage des notions mathématiques telles que la propriété de Thalès et la propriété de Pythagore. L'étude de cas a été réalisée dans deux classes de seconde. Une étude statistique des moyennes obtenues aux évaluations a permis de confirmer l'hypothèse selon laquelle « la concrétisation introduite par le dessin animé et /ou le logiciel Geogebra permet d'améliorer les résultats des élèves en classe de troisième ».L'expérimentation a aussi montré que l'apprentissage utilisant les outils numériques (Geogebra et Simplex) a augmenté les pourcentages des élèves et leur ont permis de donner des situations plus concrètes, d'avoir un esprit créatif, d'élargir leur domaine de compétences et de bien rédiger une situation.

Titre: Comparative study between learning using the anime drawing tool and Geogebra
Keywords: ***Learning, cartoon, Geogebra, Pythagoras, Thales***

This study is the final dissertation of a professional Master, at the end of the training of Human Resources in Education, specializing in Mathematics at the ENS of the University of Antananarivo. The study is about the comparison of classical learning and learning with digital tools, which are the cartoon and the Geogebra software. The goal is to improve the results in the learning of mathematical notions such as the property of Thales and the property of Pythagores. The case study was carried out in two second grade classes. A statistical study of the averages obtained in the assessments confirmed the hypothesis according to which: "the contextualization introduced by the cartoon and / or the Geogebra software makes possible the improvement of the pupils 'results in grade nine". The experiment also showed that learning using digital tools (Geogebra and Simplex) increased the percentages of students and allowed them to give more concrete situations, to have a creative mind, to broaden their skills and to draw up best situation.

Auteur: NATOLOTRA Ho Mino Hasina
Coordonnées:natolotrahomino@gmail.com

Directeur de mémoire :Dr RATOMPOMALALA Harinosy, Maitre de conférences, HDR
Coordonnées :harinosy.ratompomalala@gmail.com,