

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE

CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE
EN
PHYSIQUE CHIMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU
CERTIFICAT D'APTITUDE PEDAGOGIQUE DE
L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE
C.A.P.E.N

REALISATION D'UN DIDACTICIEL DE NOTIONS DE BASE DE CINEMATIQUE

Présenté le vendredi 30 mars 2006 par :
ANDRIATIANA Herinirina

Président de jury :

M. RASOLONDRAMANITRA Henry
Maître de conférences

Juges :

M. ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer
Maître de conférences

Mme RAHARIJAONA Parsonette
Assistant

Rapporteur :

M. RASOANAIVO René Yves
Maître de conférences

Année universitaire 2004 – 2005

SI...

Si tu peux voir détruit, l'ouvrage de ta vie
Sans dire un seul mot te mettre à rebâtir
Ou perdre en un seul coup le gain de cent parties

Sans un geste et sans soupir ;

Si tu peux être un amant sans être fou d'amour
Si tu peux être fort sans cesser d'être tendre
Se sentant haï sans haïr à ton tour,
Pourtant lutter et se défendre ;

Si tu peux supporter d'entendre tes paroles
Travesties par des gueux pour exciter des sots
Et d'entendre mentir sur toi leur bouches folles
Sans mentir toi - même d'un mot ;

Si tu peux rester digne en étant populaire
Si tu peux rester peuple en conseillant les rois
Et si tu peux aimer tous tes amis en frères
Sans qu'aucun d'eux ne soit tout pour toi ;

Si tu sais méditer, observer et connaître
Sans jamais devenir sceptique et destructeur
Rêver mais sans laisser ton rêve le maître,
Penser sans n'être qu'un penseur ;

Si tu peux être dur sans jamais être en rage
Si tu peux être brave et jamais imprudent
Si tu peux être bon, si tu sais être sage
Sans être moral ni pédant ;

Si tu peux rencontrer triomphe après défaite
Et recevoir ces deux menteurs d'un même front
Si tu peux conserver ton courage et ta tête
Quand tous les autres les perdront ;

Alors les Rois, les Dieux, la chance et la Victoire
Seront à tout jamais tes esclaves soumis,
Et, ce qui vaut bien mieux que les Rois et la gloire
Tu seras un homme, mon fils.

Trad. André Maurois

A mes chers parents

**RAKOTOMANGA Jean Claude et
RAZAFINDRAMASY Marie Marguerite**

Même si vous n'avez pas franchi les classes supérieures dans vos études, je suis très heureux et très fier d'inscrire vos noms dans ce livre car c'est vous qui avez l'honneur d'avoir fait, plus que vous pouviez, matériellement et moralement pour que j'atteigne actuellement ce stade de fin d'études universitaires.

Ce poème, écrit par une personne mais d'une divine inspiration peut servir de perpétuel sujet de méditation mais aussi un message de sagesse à acquérir. Ma plus haute gratitude envers vous est de m'efforcer d'avoir la sagesse et les caractères d'un homme véritable.

A mes frères et sœurs :

Hoby, Alifara, Martin et Claudia.

Nous nous sommes toujours aidé jusqu'ici ; je veux que nous continuons toujours ainsi dans la vie et je vous souhaite à toutes et à tous mes meilleurs vœux de sagesse et de succès pour l'honneur de nos parents et de toute la famille.

Votre frère aîné

Hery



REMERCIEMENTS

*Je tiens à adresser mes vifs remerciements à
Monsieur Henri RASOLONDRAMANITRA d'avoir accepté de présider la
soutenance de ce mémoire de fin d'études.*

*Je suis aussi heureux d'exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur
Jean Claude ANDRIANARIMANANA et à Madame Parsonette RAHARIJAONA
d'avoir bien voulu examiner ce travail et d'accepter de le juger avec une cordiale
volonté ;*

*Ensuite, je voudrais témoigner ma haute gratitude envers
Monsieur René Yves RASOANAIVO, d'avoir accepté d'être mon directeur de
mémoire ; d'avoir sacrifié du temps pour me conseiller et m'aider malgré ses lourdes et
importantes tâches d'être à la fois enseignant et directeur de l'ENS d'Antananarivo .Je
lui souhaite santé et succès dans son travail pour pouvoir continuer à promouvoir et à
faire émerger les étudiants de notre école.*

*Je remercie également tous les personnels enseignants, administratifs et
techniques de l'ENS d'Antananarivo d'avoir contribué mutuellement au bon
déroulement de nos études.*

*Et enfin, je veux offrir mes plus hauts remerciements à toute la famille, mes
camarades de classe ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la
réalisation de ce mémoire moralement et matériellement.*

MERCI !

Liste des figures

Figure 1: triangle de LEGENDRE montrant les relations d'enseignement.	9
Figure 2 : trajectoire d'un point mobile M et son vecteur vitesse à cet instant	12
Figure 3: courbe $x = x(t)$ utilisée pour la dérivation graphique.	14
Figure 4 : courbe représentant la position $x = x(t)$ pour un mouvement uniforme	15
Figure 5: courbe représentant en fonction du temps t la vitesse $v = v(t)$ pour un mouvement uniforme	15
Figure 6: fenêtre d'affichage des trois principales activités.....	16
Figure 7: organigramme du programme principal.	17
Figure 8: organigramme de la procédure d'animation	20
Figure 9: fenêtre illustrant l'animation.	21
Figure 10: fenêtre illustrant les différentes sections de l'activité 1	21
Figure 11: Organigramme sur la section 11 : Vecteur vitesse.	22
Figure 12: fenêtre illustrant la section 11 : vecteur vitesse	22
Figure 13: organigramme de la section 12 : vitesse moyenne et vitesse instantanée. .	24
Figure 14: Ecran illustrant l'interprétation et la détermination graphique de v_m entre $[t_1, t_2]$	25
Figure 15: organigramme de la section 13 : Interprétation et détermination graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée	26
Figure 16: Fenêtre donnant les résultats escomptés : cas du mouvement rectiligne uniforme	27
Figure 17: courbe représentant la vitesse $v = v(t)$ en fonction de t et la droite (AB) reliant les points (t_1, v_1) et (t_2, v_2)	37
Figure 18: Courbe représentant la vitesse $v(t)$ en fonction du temps et la tangente au point $(t ; v)$	38
Figure 19: Courbe représentant la vitesse $v(t)$ pour un mouvement uniformément varié.	39
Figure 20: Courbe représentant en fonction du temps t l'accélération $a = a(t)$ pour un mouvement uniformément varié.	39
Figure 21: schéma illustrant la méthode d'intégration graphique	40
Figure 22: fenêtre illustrant les sections de l'activité 2	41
Figure 23: organigramme de l'ACTIVITE NOTION D'ACCELERATION	42
Figure 24: écran illustrant l'interprétation et la détermination graphique de a_m entre $[t_1, t_2]$	43

Figure 25: Organigramme : Interprétation et détermination par dérivation graphique de l'accélération moyenne et de et de l'accélération instantanée.....	45
Figure 26: Organigramme de l'intégration graphique pour avoir la distance parcourue entre $[t_1, t_2]$	46
Figure 27: Principe de la méthode des trapèzes.....	47
Figure 28: interprétation et détermination par intégration de la distance parcourue entre deux instants choisis	48
Figure 29: écran indiquant l'intégration graphique pour l'exemple 1.....	53
Figure 30: fenêtre illustrant une intégration graphique avec un aller et retour du mobile sur la piste.	55
Figure 31: organigramme relative à l'activité 3 : les types de variation du mouvement	60
Figure 32: Ecran montrant les courbes pour un mouvement comportant un va et vient dans la manipulation concernant l'accélération, la décélération, l'uniformité et l'immobilité du mouvement.	62
Figure 33: Ecran donnant des notions pour une autoévaluation sur la nature du mouvement connaissant le signe du produit « v.a ».....	64

Liste des tableaux

Tableau 1: les variables instantanées affichées à chaque pause avec la barre d'espace (activité notion de vitesse).	30
Tableau 2: différentes valeurs des vitesses moyennes et des vitesses instantanées en différents points cliqués sur la courbe de $x = x(t)$ (pour les comparaisons).	32
Tableau 3: Tableau pour différentes valeurs pour les accélérations moyennes et des accélérations instantanées en différents points cliqués sur la courbe représentant $v = v(t)$ (rapprochement).....	50
Tableau 4: résultats obtenus pour déterminer les variations du mouvements à ces instants	62
Tableau 5: Tableau pour déterminer les signes de $v \cdot a$ pour savoir les variations du mouvement pendant le parcours	63

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I :	4
INFORMATIONS SUR LE LOGICIEL ET METHODE UTILISEE POUR SA CONCEPTION	4
I-1 Informations sur le logiciel.....	4
I-1-1 Qu'est ce qu'un didacticiel et pourquoi le concevoir ?	4
I-1-2 Choix du langage de programmation	4
I-1-3 Avantages, limites de capacité du logiciel.....	5
I-1-4 Problèmes rencontrés pour l'utilisation et l'intégration de la médiation informatique dans l'enseignement	6
I-2 Méthode pédagogique utilisée pour la conception du logiciel.....	6
I-2-1 Qu'est ce qu'un objectif pédagogique?	7
I-2-2 Comment peut on rendre opérationnel un objectif pédagogique ?	7
I-2-3 Quelques mots sur la pédagogie nouvelle	7
I-2-4 Stratégie adoptée pour la conception du logiciel	8
CHAPITRE II	10
NOTION DE VITESSE	10
II-1 Etude théorique.....	10
II-1-1 Introduction	10
II-1-2 Vitesse moyenne.....	10
II-1-3 Vitesse instantanée :	11
II-1-4 Vecteur vitesse :.....	11
II-1-5 Interprétation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée.....	13
II-1-6 Remarques pour un mouvement uniforme.....	15
II-2 ELABORATION DES PROGRAMMES	15
II-2-1 Introduction	15
II-2-2 Structure générale du programme principal :	16
II-2-3 LES MESSAGES D'ERREURS ET LES REMEDES CORRESPONDANTS.....	18
II-2-4 Procédure d'animation :.....	19
II-2-5 Section 12 : Calcul de la vitesse moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant t après. Identification de la vitesse instantanée à chaque instant.....	23
II-2-6 Section 13 : Interprétation et détermination par dérivation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée.....	24
II-2-7 Cas d'un mouvement uniforme :.....	27
II-3 EXPLOITATIONS PEDAGOGIQUES :	28
II-3-1 Introduction :	28
II-3 2 Section 11 : Notion de vecteur vitesse.	28
a) Objectifs spécifiques.....	28
b) Manipulation	28
II-3-3 Section 12 : calcul de la vitesse moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant t après et identification de la vitesse moyenne à un instant t	29
a) objectifs spécifiques	29
b) Manipulation	29

c) Variables fixes initiales (paramètres du mouvement):	30
d) Résultats	30
e) Calculs et raisonnement demandé	30
f) Autres possibilités	30
II-3-4 Section 13 : Interprétation et détermination par dérivation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée.....	31
a) Objectifs spécifiques.....	31
b) Manipulation	31
c) Résultats	32
d) Conclusion attendue.....	32
e) Interprétations complémentaires de l'enseignant.....	32
II-3-5 Cas d'un mouvement uniforme.....	32
b) Manipulation	33
c) Conclusions attendues	33
II-4 Conclusion du chapitre	33
CHAPITRE III :	35
NOTION D'ACCELERATION	35
III.1. Etude théorique.....	35
III.1.1. Introduction	35
III.1.2 Vecteur accélération d'un mobile et ses propriétés.....	35
III.1.3. Expression du vecteur accélération dans un référentiel	36
III.1.4. Relation entre vecteur position, vecteur vitesse et vecteur accélération.....	36
III-1-5 Interprétation et détermination graphique	37
III-1-6 Remarques pour un mouvement uniformément varié.....	38
III-1-7 Méthode d'intégration graphique pour avoir la distance parcourue.....	39
III-2 ELABORATION DES PROGRAMMES	40
III-2-1 Introduction	40
III-2-2 Section 21 : calcul de l'accélération moyenne entre l'instant initiale t_0 et un instant t après. Identification de l'accélération instantanée à chaque instant t	41
III-2-3 Section 22 : interprétation et détermination graphique de l'accélération moyenne a_m et de l'accélération instantanée $a(t)$	42
III-2-4 Cas d'un mouvement uniformément varié :	44
III-2-5 Section 23 : détermination de la distance parcourue entre deux instants par méthode d'intégration graphique.	46
Principe de la méthode des trapèzes	47
III-3 EXPLOITATIONS PEDAGOGIQUES	48
III-3-1 Section 21 : calcul de l'accélération moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant t après. Identification de l'accélération instantanée à chaque instant t	48
a) Objectifs spécifiques.....	48
b) Remarque	49
c) Manipulation	49
d) Calculs et raisonnement demandé	49
III-3-2 Section 22 : interprétation graphique et détermination par dérivation graphique de l'accélération moyenne et de l'accélération instantanée.....	50
a) Objectifs spécifiques :	50
III-3-3 cas d'un mouvement uniformément varié.	51
a) Objectifs spécifiques.....	51
b) Manipulation :	51
c) Conclusions attendues :	51
III-3-3 section 13 : détermination par intégration graphique de la distance parcourue entre deux instants t_1 et t_2	52
a) Objectifs spécifiques :	52

b) Manipulation	52
c) Conclusion.....	55

CHAPITRE IV :.....57

MOUVEMENT ACCELERE - MOUVEMENT DECELERE – IMMOBILITE _ MOUVEMENT UNIFORME.....57

IV-1 ETUDE THEORIQUE 57

IV-1-1 Notion d'accélération dépendante du temps : $a=a(t)$ 57

IV-1-2 Nature d'un mouvement à un instant déterminé : accélération, décélération, immobilité, uniformité..... 57

IV 2 ELABORATION DES PROGRAMMES 58

IV-2-1 Contenus..... 58

IV. 3- EXPLOITATIONS PEDAGOGIQUES..... 61

Manipulation..... 61

a) Illustration :..... 61

b) Résultats :..... 62

c) Interprétation générale du mouvement sur tout le parcours du mobile :..... 63

IV- 4 Conclusion du chapitre..... 64

CONCLUSION GENERALE66

BIBLIOGRAPHIE.....69

INTRODUCTION

Actuellement, l'informatique trouve son application et utilisation dans tous les domaines : médecine, armement, commerce, communication, construction des infrastructures et beaucoup d'autres domaines. Elle peut être utilisée à des fins bénéfiques pour l'humanité, donc pourquoi ne pas l'utiliser dans le domaine de l'enseignement ? Le micro-ordinateur est devenu un outil indispensable au progrès actuel. Certains pays ont déjà fait une action considérable dans l'intégration de l'informatique dans l'enseignement. Bien qu'on ne soit pas au même rythme que ces pays, Madagascar commence déjà à faire ses pas dans ce sens.

L'enseignement des sciences physiques est un métier délicat. Il vise à éveiller chez les apprenants la faculté d'observation, la capacité d'interprétation des phénomènes naturels. Le rôle de l'enseignant n'est pas limité à cela : l'idéal c'est de former des individus autonomes capables d'utiliser et d'exploiter leurs acquis. Il doit donc chercher et trouver les moyens pédagogiques adéquats pour :

- modifier le comportement d'apprentissage des apprenants pour que ceux-ci prennent conscience de la science, de l'activité et de la réalité de ce qu'on les enseigne.
- Favoriser la naissance de nouvelles idées et perspectives pour créer ou faire une investigation personnelle plus profonde et épanouie.
- Inciter les élèves à aimer la science, la matière enseignée et créer une bonne ambiance aux études. Tout ceci permet aux apprenants de vaincre la paresse, la fatigue et l'ennui donc de rendre fructueux le travail du professeur.

L'enseignement assisté par ordinateur (**E.A.O**) et l'expérience assistée par ordinateur (**E.X.A.O**) c'est à dire la médiation informatique sont d'une importante nécessité et de plus en plus requis pour rendre opérationnels et concret ces objectifs pédagogiques tout en étant indépendants mais compléments des habituelles méthodes et outils de travaux pratiques. [1]

Quelques étudiants de l'Ecole normale supérieure (E.N.S) d'Antananarivo ont déjà axé leur mémoire de fin d'étude sur l'E.X.A.O et l'E.A.O mais beaucoup reste à faire, ils

n'ont fait que commencer. Dans le souci de former des étudiants émergents et compétents, aussi bien au niveau national qu'international et de réduire l'écart entre les pays développés et en voie de développement, même si ce n'est que dans le cadre de l'enseignement, nous avons aussi choisi de continuer les travaux de ces étudiants professeurs. Aussi, ce mémoire de fin d'étude est une conception et réalisation d'un logiciel permettant d'enseigner les premières notions de base générales de cinématique :

REALISATION D'UN DIDACTICIEL DE NOTIONS DE BASE DE CINEMATIQUE

La programmation est faite en langage **TRUE BASIC version 3.0** et le logiciel réalisé est compatible avec les différents micro-ordinateurs qui utilisent le système MS-DOS ou Windows 98 et ses versions antérieures. Ce mémoire est divisé en quatre chapitres.

- Le premier chapitre donne quelques **explications et informations sur le didacticiel**, ses avantages et les problèmes de l'intégration de la médiation informatique dans l'enseignement. Dans ce chapitre aussi se trouve **la méthode pédagogique utilisée** pour la conception du logiciel.

Les trois autres chapitres qui suivent portent sur les activités à enseigner dont voici les titres du 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème}.

- **Notion de vitesse : vitesse moyenne et vitesse instantanée.**
- **Notion d'accélération : accélération moyenne et accélération instantanée.**
- **Mouvement accéléré, mouvement décéléré, immobilité et uniformité.**

Ces trois derniers chapitres comportent chacun trois parties qui sont :

- **l'étude théorique,**
- **l'élaboration des programmes,**
- **l'exploitation pédagogique des programmes.**

Nous avons adopté ce plan pour mieux suivre la continuité et le lien inter partie mais ces activités sont indépendantes entre elles.

Il convient de faire remarquer ici que le chapitre II et le chapitre III comportent des notions de mathématiques appliquées en physique qui sont :

La dérivation graphique et l'intégration graphique en méthode numérique.

- La dérivation graphique sert à déterminer graphiquement la vitesse moyenne entre deux instants différents donnés, mais aussi la vitesse instantanée pour un instant choisi. On peut aussi obtenir cette dernière à partir de la première
- L'intégration graphique sert à déterminer graphiquement la distance parcourue entre deux instants à partir de la courbe représentant la position temporelle

$x = f(t)$ du mobile.

CHAPITRE I

INFORMATIONS SUR LE LOGICIEL ET METHODE UTILISEE POUR SA CONCEPTION

Chapitre I :

INFORMATIONS SUR LE LOGICIEL ET METHODE UTILISEE POUR SA CONCEPTION

I-1 Informations sur le logiciel

I-1-1 Qu'est ce qu'un didacticiel et pourquoi le concevoir ?

Le souci d'améliorer la qualité et la finalité de l'enseignement incite les enseignants et les chercheurs à trouver des méthodes plus pertinentes pour compléter ou améliorer les anciennes méthodes habituelles. Aujourd'hui, avec l'incessant et rapide progrès de la technologie, l'accès au savoir a aussi évolué. Les enseignants, surtout ceux des matières scientifiques et techniques doivent suivre ce rythme, c'est-à-dire ils doivent mettre au profit de l'enseignement les merveilleux et performants fruits des découvertes technologiques actuelles. Tout ceci constitue une raison qui a poussé les chercheurs à concevoir des logiciels de didactique. Ceux-ci ne sont pas encore assez nombreux et leurs exploitations ne font que commencer : il existe de nombreuses perspectives à exploiter.

Un didacticiel est un logiciel spécialement conçu pour l'enseignement assisté par ordinateur (E.A.O).

Actuellement à Madagascar, les établissements secondaires malagasy sont encore pauvrement équipés de matériels pour la nouvelle technologie de l'information et de la communication (**NTCI**). L'idée d'importer ou d'acheter des didacticiels déjà conçus est donc insensée parce qu'il en faut plusieurs alors que le prix d'un seul qui est considérable peut d'abord être utilisé pour l'équipement en matériels d'une école. Pour cela, nous nous engageons à mettre en œuvre tout ce que nous disposons pour concevoir nous même un didacticiel. Le problème d'équipements et de matériels dont on connaît la solution ne doivent pas être un empêchement pour faire le travail à la ligne. Nous savons tous que tout nouveau mode d'accès au savoir exige une nouvelle pratique pédagogique et une nouvelle gestion d'apprentissage ; donc il faut se préparer, on peut utiliser déjà les logiciels déjà disponibles, les améliorer, continuer à créer et élargir le domaine d'utilisation de l'EAO.

I-1-2 Choix du langage de programmation

Pour la réalisation de ce didacticiel de cinématique, nous avons utilisé le langage de programmation **TRUE BASIC**. C'est une nouvelle version du langage Basic, de la

même famille que GW Basic, QUICK Basic, TURBO Basic. Le temps d'apprentissage est plutôt assez court. True Basic est un langage facile à maîtriser. Il a la même structure que FORTRAN et possède quelques éléments de PASCAL. Il nous permet d'effectuer des calculs scientifiques compliqués, de tracer facilement les courbes et de faire des animations. [2]

Tout cela est compatible avec les conditions requises pour réaliser un didacticiel de sciences physiques et cela nous a amené à choisir ce langage.

I-1-3 Avantages, limites de capacité du logiciel

Certes, tout didacticiel a ses avantages, mais il a aussi ses limites. Donc, il n'est pas autonome et il ne peut pas remplacer le professeur.

Ce logiciel est transportable. On peut facilement l'installer dans les micro-ordinateurs qui utilisent le système d'exploitation MS-DOS ou Windows 98 et ses versions antérieures.. Il est facile de les diffuser dans les différents établissements scolaires disposants des micro-ordinateurs. Mais ce qui est aussi avantageux, c'est qu'il peut être utilisé personnellement à la maison pour une auto apprentissage ou pour une initiative de recherche personnelle.

On ne peut pas se passer des travaux pratiques réels pour des apprentissages. Or, nous savons qu'il est aussi difficile d'avoir les matériels indispensables (prix, conception, variétés...) pour atteindre les objectifs voulus avec les travaux pratiques, l'épanouissement de la recherche est de ce fait limité.

Avec l'EAO et l'EXAO, on a une possibilité de transmettre les différentes notions et même les plus difficiles dont la mise en évidence au laboratoire est impossible ; par exemple les mouvements des corps célestes... On peut aussi prévoir et savoir la valeur de certains paramètres qu'on ne peut pas déterminer facilement au laboratoire. [3]

Un didacticiel, cependant n'est pas pour autant indépendant. Il joue le rôle d'interface entre l'élève et la connaissance mais **il ne peut pas assurer toutes les différentes fonctions d'enseignement**. L'enseignement n'est pas seulement une transmission de connaissance mais aussi et surtout une éducation qui doit former des citoyens compétents et dignes de la société.

Certes, on peut avec le temps élaborer un didacticiel très puissant et capable de tout faire mais ceci ne remplacera pas le professeur dans tous les domaines.

I-1-4 Problèmes rencontrés pour l'utilisation et l'intégration de la médiation informatique dans l'enseignement

Le problème d'insuffisance de temps peut être résolu car on peut faire une compensation si on utilise un système de gestion pour éviter la perte de temps en dictée ou au copie de la leçon (distribution de fascicule ou de disquette ou de CD...). Mais le grand problème réside sur le manque des matériels.

Ce qui est correcte, c'est d'avoir au maximum trois étudiants devant un micro-ordinateur. On peut envisager l'utilisation d'un seul micro-ordinateur avec emploi d'une vidéo projecteur mais cela empêche l'investigation personnelle et l'atteinte des comportements psychomoteurs et socio affectif souhaités. L'enseignement serait presque magistral car il n'y aurait dans ce cas qu'un seul manipulateur et pour être efficace, celui-ci doit être le professeur même ou quelqu'un de compétent maîtrisant déjà le logiciel.

Il faut aussi parler de la préparation. Tout nouveau mode d'accès au savoir exige une nouvelle pratique pédagogique et une nouvelle mode de gestion d'apprentissage. Il faut donc faire une exploitation progressive et petit à petit, même avec le peu de moyen qu'on peut disposer. Aussi, est donc à mettre en considération la formation des enseignants sur la nouvelle méthode.

Certes toutes ces taches constituent une grandiose œuvre surtout dans le contexte Malagasy. Sa réalisation ne dépend pas seulement des efforts des professeurs et chercheurs. L'Etat doit intervenir mais jusqu'à maintenant, le projet de soutien n'est pas encore en vue bien qu'on entend des murmures sur un projet du ministère de l'éducation nationale sur les cours en lignes. Mais ceci ne doit pas constituer pour nous des raisons de découragement car nous avons aussi entendu dire la possibilité de Madagascar d'avoir des dons d'ordinateurs d'occasion pour les établissements scolaires. Les résultats des travaux de recherches déjà pourraient sûrement devenir des motifs convaincants comme on connaît déjà la solution à ces problèmes de manque de matériels. On connaît déjà les initiatives de quelques établissements scolaires privés pour s'approprier de matériels informatiques et cela mérite des encouragements.

I-2 Méthode pédagogique utilisée pour la conception du logiciel

L'EAO requiert une investigation profonde en didactique qu'on va utiliser pour l'élaboration du didacticiel. Voyons d'abord quelques définitions et notions didactiques avant de donner la stratégie adaptée pour concevoir le didacticiel.

I-2-1 Qu'est ce qu'un objectif pédagogique?

Pour **Haméline**, un objectif général est un énoncé d'intention pédagogique décrivant en terme de capacité de l'apprenant l'un des résultats escomptés au terme d'une séquence d'apprentissage. [4]

I-2-2 Comment peut on rendre opérationnel un objectif pédagogique ?

Un objectif pédagogique peut être exprimé tout simplement avec un but ou une finalité ; cependant, avec les objectifs généraux qui sont plus précis, qui sont liés à des matières et à un cycle plus ou moins long de formation, on bénéficie de la connaissance des comportements cognitifs et psychomoteurs des apprenants.

Pour rendre opérationnel l'objectif pédagogique, on divise l'objectif général en plusieurs et différents objectifs intermédiaires. A chaque objectif intermédiaire correspond une série d'activités qui visent des compétences spécifiques relatives au savoir et au savoir-faire et c'est à ce stade là qu'on fait intervenir les différentes méthodes d'enseignement. [1] Il faut ajouter à cela d'autres facteurs : démarche à suivre par l'apprenant, durée de l'apprentissage au bout de laquelle un objectif intermédiaire spécifique serait atteint ..., pour obtenir un vrai objectif opérationnel. Cependant il convient de préciser ici que c'est après une exploitation du logiciel dans les établissements scolaires que l'on peut vraiment élaborer des vrais objectifs opérationnels standardisés avec le logiciel si cela est nécessaire (car il y toujours des cas et des cas selon les niveau d'étude et ce mémoire n'est pas étendu jusqu'à l'essai et l'exploitation). Nous tenons à faire connaître aussi que le contenu de ce didacticiel peut s'adresser à plusieurs niveaux, de la classe de seconde jusqu'en terminale. Ceci n'empêche pas les enseignants de maîtriser et de connaître au préalable ce logiciel et d'établir des objectifs opérationnels selon leurs besoins (illustration du cours ou travaux pratiques EXAO ou activité préparatoire...).

I-2-3 Quelques mots sur la pédagogie nouvelle

L'école nouvelle a une conception nouvelle de la psychologie de l'enfant. Elle incite les enseignants à centrer leurs efforts sur l'élève. Cette relation pédagogique

centrée sur l'apprenant doit être fondée sur la connaissance exacte des intérêts mentaux de l'enfant et de l'adolescent. Elle consiste à éveiller les intérêts de l'enfant et de l'adolescent, susciter les initiatives, les activités spontanées ; exercer les mécanismes individuels de penser et de chercher à promouvoir l'aptitude de l'enfant à vivre en société. Et pour se faire, faudra-t-il exploiter les tendances comportementales naturelles de l'homme. En voici quelques-unes qui vont être utilisées pour la conception du didacticiel.

- La curiosité : elle est spontanée mais versatile.
- Le besoin de grandir : l'enfant veut être grand et très vite. Savoir, apprendre, comprendre, c'est grandir pour l'enfant. On leur donne aussi des responsabilités.
- Le plaisir ludique : le jeu est une activité propre aux enfants et adolescents. On leur fait trouver le plaisir de jouer dans les séquences pédagogiques. Il faut aussi savoir qu'il existe des **CD ludoéducatifs** qui sont des logiciels permettant de s'instruire en s'amusant.
- La joie de surmonter ou de vaincre les difficultés.
- L'imitation
- La coopération : elle donne la joie de se sentir utile (prise de parole, donner son avis)
- La joie de créer quelque chose.

La relation pédagogique centrée sur l'élève est très prometteuse. Elle présente des avantages qui permettent à l'élève d'acquérir non seulement des connaissances déclaratives (théoriques) mais aussi des connaissances procédurales (savoir faire). Les élèves y prennent plus d'initiative et ils dépendent moins de l'enseignant qui devient animateur. Le travail en groupe et le travail autonome sont parmi les techniques utilisées.

Evidemment, cette pédagogie centrée sur l'élève demande aux enseignants qui veulent l'exploiter correctement une bonne préparation pour mieux maximiser l'atteinte de leurs objectifs.

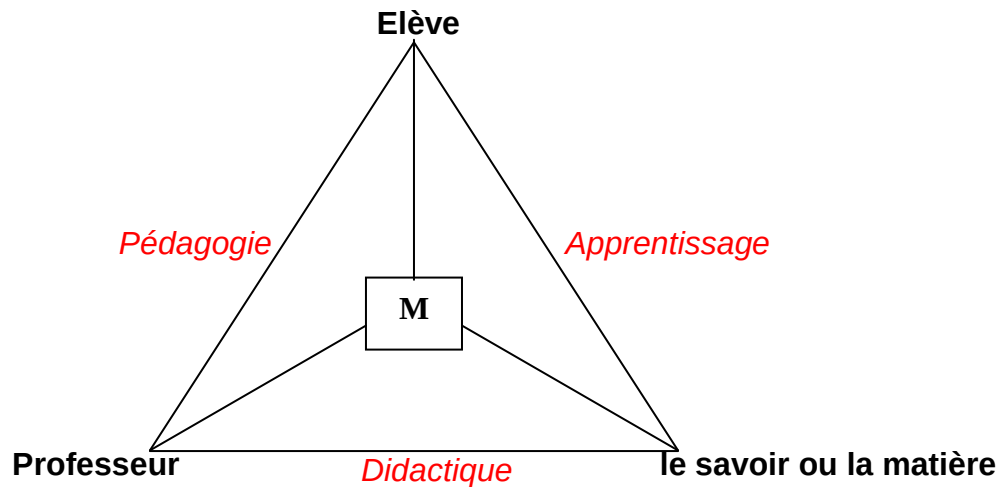
I-2-4 Stratégie adoptée pour la conception du logiciel

Le but et l'incessant souci de l'enseignant c'est d'avoir :

- Un bon résultat scolaire.
- Un enseignement et éducation fructueux.

- Une méthode d'enseignement pertinente et efficace.

Nous avons donc décidé de faire intervenir la médiation informatique dans les trois relations d'enseignement données dans le triangle de Legendre suivant :



M : désigne la médiation informatique : *Activité sur micro ordinateur*

Figure 1: triangle de LEGENDRE montrant les relations d'enseignement. [1]

Nous avons consulté les livres de programmes scolaires des classes secondaires et les manuels et ouvrages des pays étrangers. A partir de là, nous avons établi les activités sur les notions de base communes de cinématique qui ont besoin et qu'on peut traiter facilement sur micro-ordinateur, en tenant compte des méthodes et techniques de la pédagogie nouvelle évoquée précédemment. Les différentes actions visent à atteindre un objectif spécifique bien précis. [5] , [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13]

CHAPITRE II

NOTION DE VITESSE

Chapitre II

NOTION DE VITESSE

II-1 Etude théorique

II-1-1 Introduction

Dans ce chapitre, il convient de définir en premier lieu la cinématique : c'est une partie de la physique ou plus précisément de la mécanique qui étudie les mouvements des corps en fonction du temps sans tenir compte des causes qui les produisent. On considère particulièrement les grandeurs caractéristiques comme la vitesse et l'accélération. Dans ce chapitre, nous allons donc étudier la notion de vitesse.

En cinématique, la vitesse est une grandeur qui détermine l'immobilité, la lenteur ou la rapidité de déplacement d'un objet dans un référentiel. Le référentiel est un système d'axes qui permet de repérer le mouvement, de positionner l'objet considéré dans l'espace et dans le temps et aussi de faire des mesures.

La vitesse est traduite par la distance que peut parcourir l'objet par unité de temps. Dans ce chapitre, nous allons voir les notions de :

- vitesse moyenne
- vitesse instantanée
- vecteur vitesse

Nous sommes souvent habitués à dire « vitesse » mais à vrai dire, sommes-nous capables de savoir de quelle vitesse s'agit-il?

II-1-2 Vitesse moyenne :

Pour avoir l'**ordre de grandeur moyenne** sur la rapidité de déplacement d'un mobile lors d'un trajet reliant deux lieux ou positions différentes, on détermine la vitesse moyenne.

Définition de la vitesse moyenne V_m :

C'est le rapport entre la longueur du trajet et le temps mis pour le parcourir. Elle ne tient compte ni de la nature de la trajectoire de l'objet mobile, ni de la nature du mouvement.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

Δx : C'est le parcours mesuré en mètre (m)

Δt : C'est la durée du parcours en seconde (s) entre les instants t_1 et t_2

v_m est la vitesse moyenne dans cet intervalle de temps en mètre par seconde.

Il faut souligner que la vitesse moyenne ne donne pas une information complète sur le mouvement du mobile. La notion de vitesse instantanée permet d'avoir plus de détails sur le mouvement à chaque instant.

II-1-3 Vitesse instantanée :

Sur un trajet reliant deux lieux ou positions différentes, la vitesse n'est pas forcément constante pendant le parcours. La valeur de la vitesse mesurée à chaque instant bien déterminé s'appelle « la vitesse instantanée ». Cependant, pour avoir les renseignements complète sur les caractéristiques du mouvement à chaque instant ; il faut introduire la notion de vecteur vitesse.

II-1-4 Vecteur vitesse :

C'est une grandeur représentée par une flèche qui permet de connaître toutes les caractéristiques du mouvement de l'objet dans un référentiel à un instant bien déterminé. Le vecteur vitesse est défini et caractérisé par ses composantes dans le référentiel muni d'une base de mesure et d'orientation.

➤ Remarque pour le cas général

Il faut d'abord remarquer qu'un point d'un corps en mouvement (rotation autour d'un axe par exemple) a son propre vecteur vitesse qui n'est pas forcément identique à ceux des autres. En général, à chaque instant, tous les points d'un solide n'ont pas la même vitesse au cours de son mouvement.

Dans le cadre de cette étude, on va considérer la cinématique du point qui traite le mouvement d'un point mobile pouvant être utilisé ou élargi à l'étude de la cinématique du solide, ensemble de point rigidement reliés entre eux.

➤ Remarque sur le mouvement de translation

Dans un référentiel, un corps est en mouvement de translation s'il garde la même orientation au cours de son mouvement. Il en résulte que les vecteurs vitesses du corps sont tous identiques pour tous ces points.

Donc pour mieux exploiter les parties animations de cette étude, nous avons choisi de traiter le mouvement rectiligne horizontal.

A partir de ce moment, nous parlerons toujours du mouvement d'un point dans un référentiel pour simplifier l'étude.

➤ Caractéristiques :

Voici maintenant les caractéristiques du vecteur vitesse et leurs rôles dans la définition du mouvement d'un point mobile à chaque instant dans un repère.

- Son origine : c'est le point mobile en question
- Sa direction est confondue avec la tangente à la trajectoire en ce point.
- Son extrémité indique le sens du mouvement de ce point à cet instant.
- Le module du vecteur vitesse donne la valeur de la vitesse instantanée à cet instant.

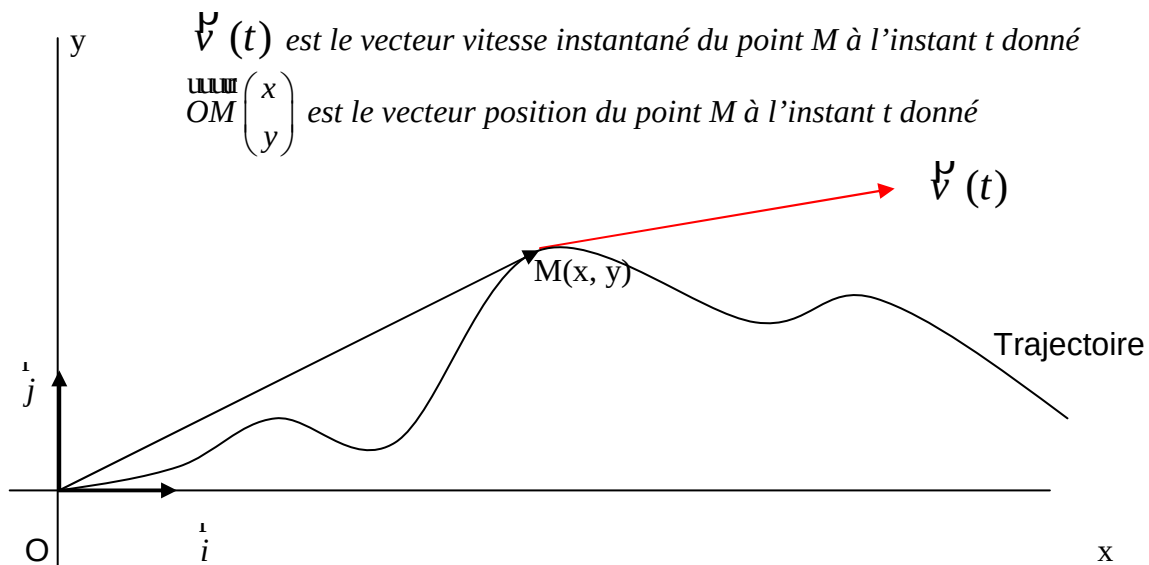


Figure 2 : trajectoire d'un point mobile M et son vecteur vitesse à cet instant

Dans un plan muni d'un repère $R(0, \vec{i}, \vec{j})$ où le vecteur vitesse s'écrit $\vec{v}(t) = v_x \vec{i} + v_y \vec{j}$ avec $\vec{i}$ et $\vec{j}$ sont les vecteurs unitaires de base du repère plan ; le module de ce vecteur s'écrit :

$$\|\vec{v}(t)\| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Où v_x et v_y sont les composantes de $\vec{v}(t)$ dans le repère R .

➤ Expression du vecteur vitesse en fonction du vecteur position

Toujours dans le repère $R(0, \vec{i}, \vec{j})$ de notre plan, le vecteur position du point $M(x, y)$ à l'instant t s'écrit :

$$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

où x et y sont les coordonnées cartésiennes de M à cet instant.

On obtient le vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ en dérivant par rapport au temps t dans la base du repère le vecteur position $\vec{OM}$ du point mobile :

$$\frac{d\vec{OM}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} = \vec{v}(t) \text{ et par identification, on peut avoir : } v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}$$

$x = x(t)$ et $y = y(t)$ sont les équations paramétriques de la position du mobile.

Dans la méthode de dérivation graphique, on utilise la courbe représentant la position instantanée $x = x(t)$ pour avoir la vitesse moyenne et la vitesse instantanée par dérivation graphique.

II-1-5 Interprétation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée

➤ **Méthode de dérivation graphique pour avoir la vitesse moyenne entre deux instants.**

Nous avons vu que $v_x = \frac{dx}{dt}$ est la composante suivant l'axe des abscisses de la vitesse. Comme nous allons étudier le mouvement d'un solide en translation rectiligne, c'est à dire s'effectuant en une seule dimension on va utiliser la courbe donnant la position instantanée $x = x(t)$ du point mobile M . Rappelons que la formule de la vitesse moyenne est :

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Or la distance parcourue peut être remplacée par $(x_2 - x_1)$ différence entre la position x_1 à l'instant t_1 et la position x_2 à l'instant t_2 .

La durée du parcours peut être remplacée par $(t_2 - t_1)$. D'où la vitesse moyenne v_m peut être écrite comme :

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

Cette formule est aussi la relation qui permet de **calculer la pente** de la droite passant par les 2 points $M_1(t_1, x_1)$ et $M_2(t_2, x_2)$.

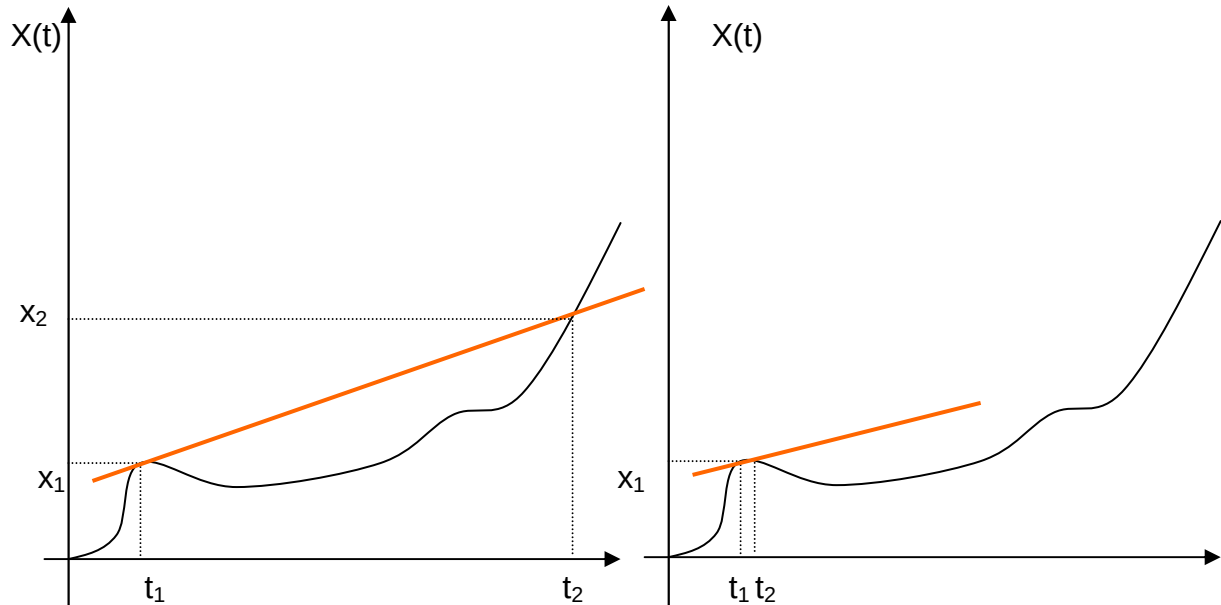


Figure 3: courbe $x = x(t)$ utilisée pour la dérivation graphique.

➤ **Méthode de dérivation graphique pour avoir la vitesse instantanée à un instant bien déterminé.**

Par conséquent, cette même méthode, si on approche t_2 de t_1 , on obtient une valeur de v_1 qui est la vitesse instantanée à l'instant t_1 .

De même, si on approche t_1 de t_2 , on obtient une valeur approchée à la valeur de v_2 qui est la vitesse instantanée à l'instant t_2 .

A la limite, donc pour deux instants t_1 et t_2 très proche ou presque confondus, on obtient que la vitesse moyenne à l'intervalle $[t_1, t_2]$ est confondue avec la vitesse instantanée à l'instant $t_1 \leq t \leq t_2$ d'où la formule de la dérivée

$$\text{Vitesse instantanée } v = \lim_{t_1 \rightarrow t_2} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

De cette formule vient le nom de **dérivation graphique** pour déterminer de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée.

II-1-6 Remarques pour un mouvement uniforme

Si la vitesse reste constante (indépendante du temps t) au cours du mouvement du mobile, on dit qu'on a un mouvement uniforme. La courbe présentant la position instantanée du mobile $x = x(t)$ est une droite de la forme $x = pt + q$, où p est la pente ou le coefficient directeur de la droite et q est la position à l'instant $t = 0$.

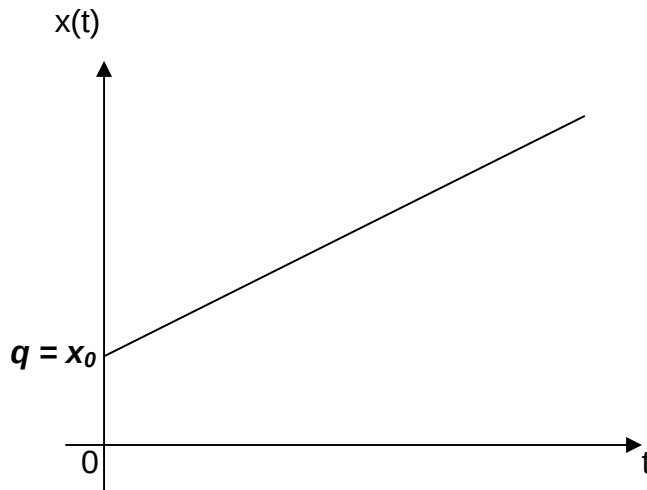


Figure 4 : courbe représentant la position $x = x(t)$ pour un mouvement uniforme

- Dans ce cas, quel que soit l'instant t considéré ou l'intervalle de temps $[t_1, t_2]$ choisi, la pente de cette droite reste toujours la même. Par conséquent :

« Pour un mouvement uniforme, la vitesse moyenne et la vitesse instantanée sont identiques et restent une constante non nulle ; si cette constante est nulle, le mobile est au repos. »

- La courbe représentative de la vitesse $v(t)$ est une droite horizontale.



Figure 5: courbe représentant en fonction du temps t la vitesse $v = v(t)$ pour un mouvement uniforme.

II-2 ELABORATION DES PROGRAMMES

II-2-1 Introduction

- En premier lieu, dans cette partie, nous présentons les paragraphes suivants qui sont communs à tous les programmes:

II-2-1 La structure générale du programme principal,

II-2-2 Les messages d'erreurs et les remèdes correspondants,

II-2-3 La procédure d'animation qui fait partie de presque toutes les sections de chaque sous-programme, son but, le motif de son choix et son organigramme.

Ensuite nous verrons successivement l'élaboration des différentes sections composant l'activité **NOTION DE VITESSE** :

- **Section 11** : notion de vecteur vitesse..
- **Section 12** : calcul de la vitesse moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant quelconque t après et identification de la vitesse instantanée à chaque instant
- **Section 13** : interprétation et détermination par dérivation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée à chaque instant t

II-2-2 Structure générale du programme principal :

Le programme principal est divisé en trois sous-programmes qui contiennent chacun plusieurs sections différentes.

- Si on travaille en mode Windows, il faut d'abord ouvrir le dossier **TRUE** qui contient tous les programmes constituant le logiciel de programmation **true basic 3.0**
- Ensuite, ouvrir le fichier d'exécution **Hello** ; une fenêtre **MS DOS** s'ouvre
- Choisir le fichier CINEDIDAC :
- Une **pression sur la touche F9** fait **démarrer** le programme principal
- Une première fenêtre affiche le titre et le nom du concepteur et réalisateur ainsi que l'année de la réalisation du logiciel.

Voici la deuxième fenêtre affichant les trois principales activités contenues dans le logiciel.

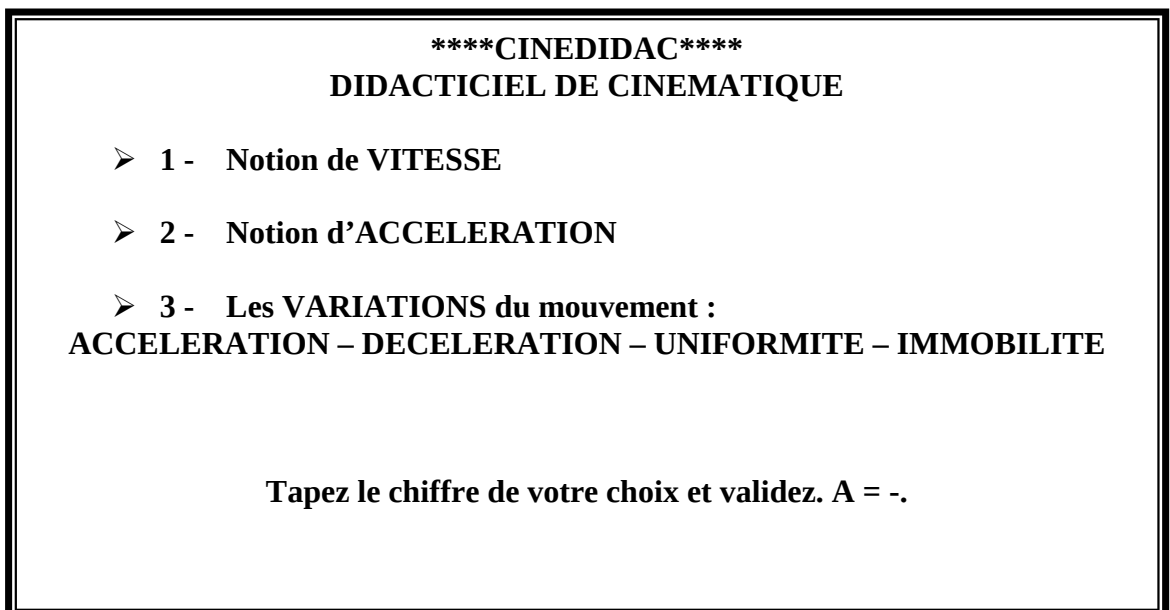


Figure 6: fenêtre d'affichage des trois principales activités

- En donnant à l'aide du clavier de l'ordinateur le chiffre correspondant à l'activité choisie, **on y accède après validation**. Voici l'organigramme du programme principal

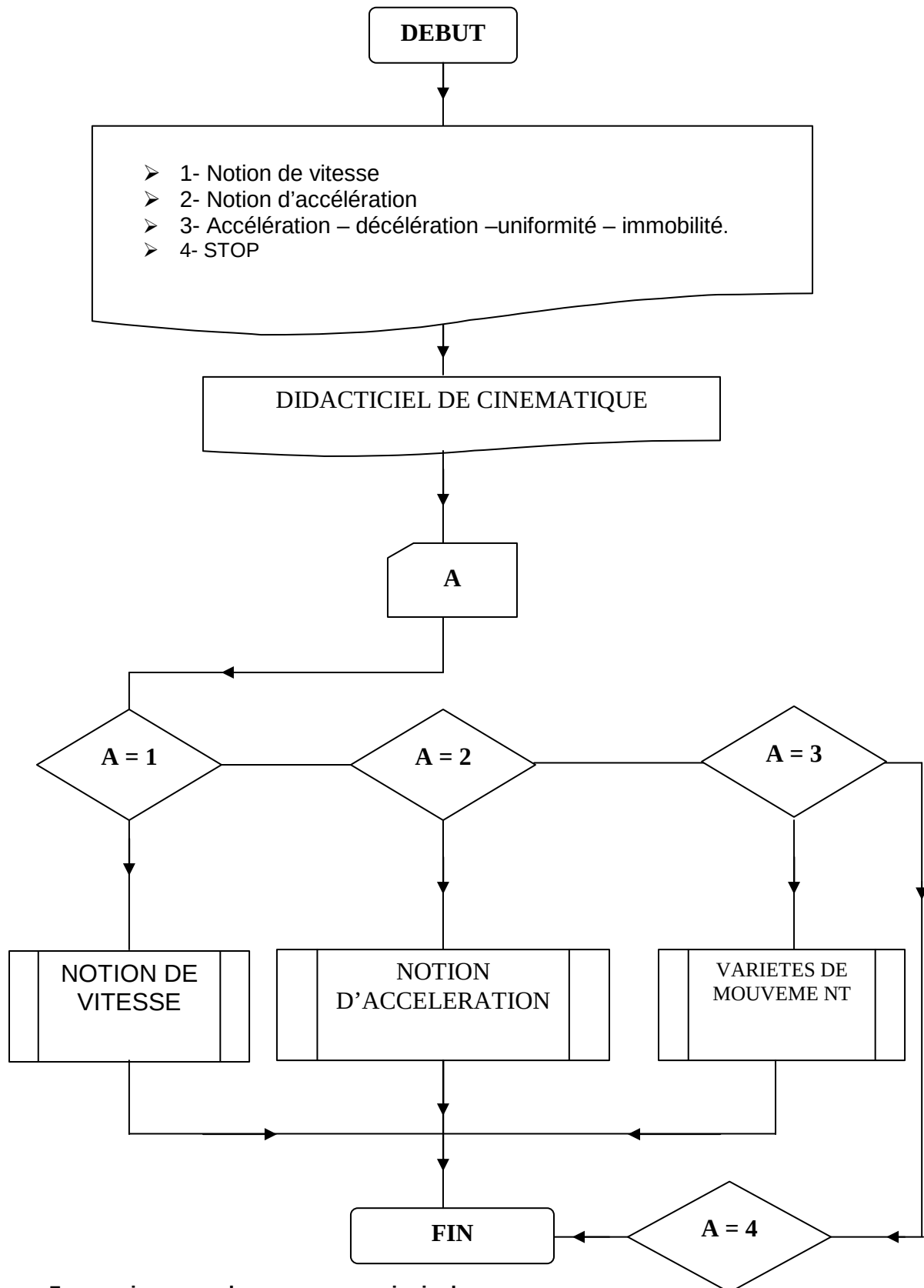


Figure 7: organigramme du programme principal.

II-2-3 LES MESSAGES D'ERREURS ET LES REMEDES CORRESPONDANTS. [14]

Il convient de donner ici les erreurs les plus fréquentes qui peuvent survenir en cas de mauvaise manipulation ou à cause de certaines variables incompatibles.

-Erreur 1 :

Le programme s'arrête automatiquement et affiche à l'écran : « Too few input items. Please reenter input lines. »

Ceci est dû à une validation sans avoir donné au préalable un chiffre ou une variable numérique.

-Remède 1 :

Tapez tout de suite un chiffre correspondant à la variable à introduire et seulement après, on fait une validation.

-Erreur 2 :

Le programme s'arrête automatiquement et affiche à l'écran : « Too many input items. Please reenter input lines »

Ceci est dû à une lettre, ou expressions littérales données avec la variable numérique.

- **Remède 2 :** identique au remède 1

Remarques :

On convient que les unités des variables (entrées ou sorties) sont données dans le système international d'unité (**U.S.I**). Il ne faut plus mettre unités ou autres expressions littérales avec la variable numérique pour éviter la confusion dans le logiciel.

-Erreur 3 :

Arrêt automatique du programme et affichage à l'écran de : « String given instead of number. Please reenter input lines ».

Ceci est dû à une lettre ou expression littérale donnée à la place de la variable numérique

- **Remède 3 :** identique au remède 1.

-Erreur 4 :

Arrêt définitif du programme principal et affichage du message suivant à l'écran : « Screen minimum = maximum » ou « Screen minimum > maximum »

Cause : mauvais choix du sens du mouvement ou des valeurs initiales des variables (jouer avec les valeurs et signes de la vitesse, de l'accélération et la position initiale du mobile).

Remède 4 : refaire l'activité ou la section choisie ou retourner au programme principal.

Quelques remarques :

- La fin définitive du programme est indiquée par le curseur de la souris qui ne clignote pas et qu'il n'y a pas d'indication de cliquer dans les fenêtres du programme. Cliquer ou appuyer sur une touche pour terminer.
- S'il n'y a pas d'indication, le curseur « - » qui clignote attend la pression sur une touche quelconque du clavier pour continuer.

II-2-4 Procédure d'animation :

Dans presque toutes les sections de chaque activité, il y a une animation qui consiste à faire déplacer sur une piste horizontale un mobile rectangulaire rouge, en accord avec les différentes valeurs des variables régissant le mouvement (vitesse initiale v_0 , accélérateur k , accélération initiale a_0 , position initiale x_0 , instant initial t_0) et les limites du mouvement (limite à gauche et limite à droite) Ces limites sont conçues pour prévoir à la fois la marche avant et la marche arrière du mobile, sinon il disparaîtra de la piste à l'écran et le mouvement ne s'arrêtera pas.

But de l'animation :

Les apprenants ou l'utilisateur du logiciel pourront observer et constater le résultat et effets des variables utilisées sur le comportement du mobile et avoir le concept de la réalité du mouvement ou une idée sur un tel ou tel autre type de mouvement.

Pourquoi choisir un mouvement rectiligne horizontal ?

Dans le programme scolaire actuel des classes secondaires, on traite généralement la cinématique d'un point mobile en mouvement plan.

Ce type d'animation est plus convenable pour une nouvelle approche en cinématique et applicable pour le cas général de mouvement. Il est aussi le plus simple pour une initier les apprenants aux notions de base de cinématique.

L'organigramme suivant illustre la procédure d'animation et est commune aux différentes sections.

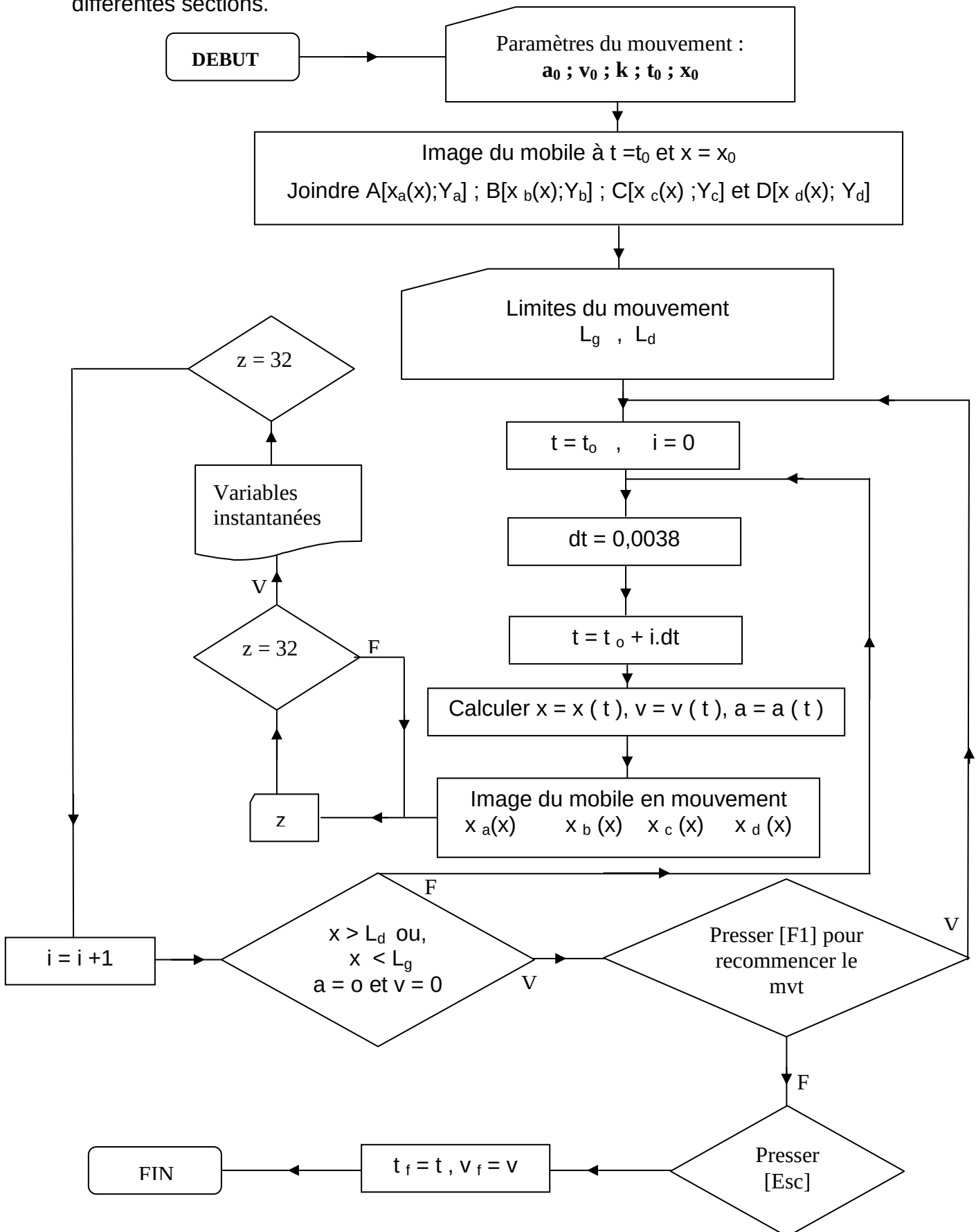


Figure 8: organigramme de la procédure d'animation

Voici la fenêtre illustrant les paramètres et le mouvement du mobile sur la piste.

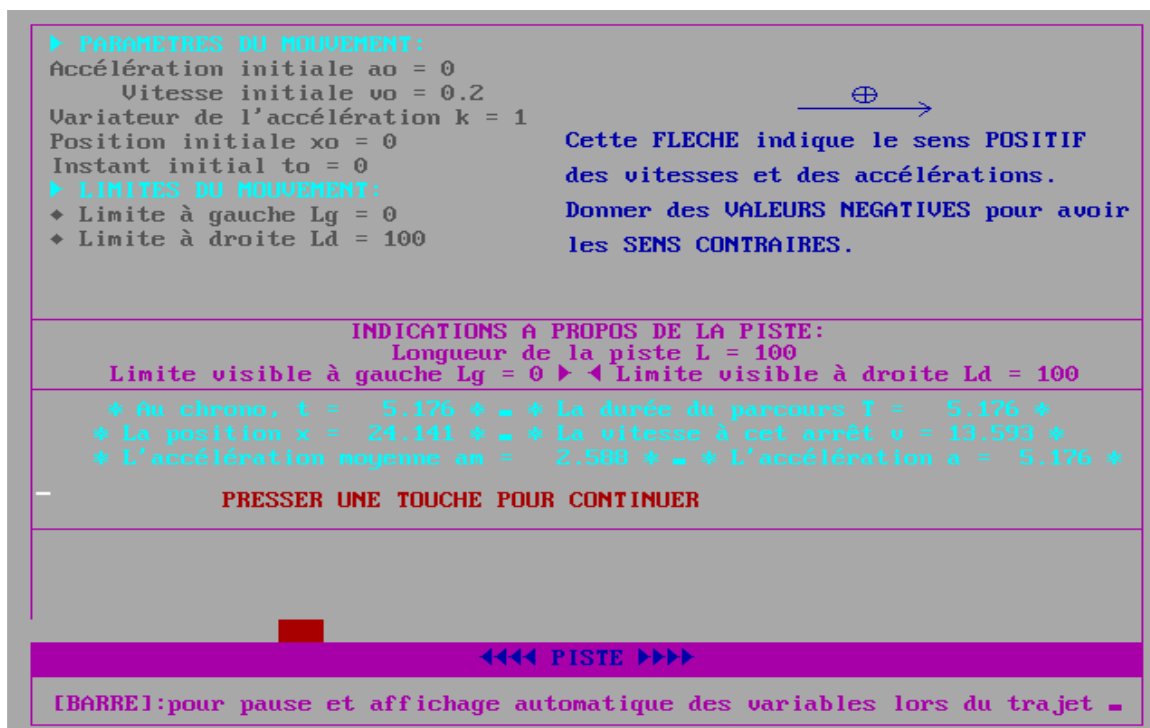


Figure 9: fenêtre illustrant l'animation.

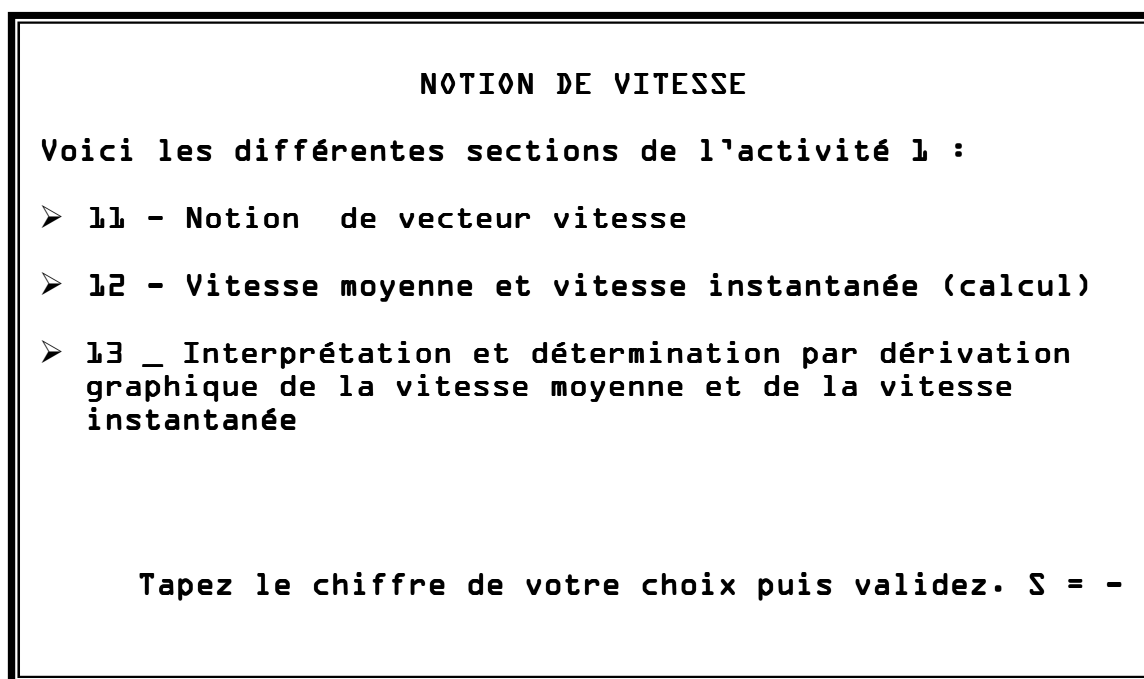


Figure 10: fenêtre illustrant les différentes sections de l'activité 1

II-2-4 section 11 : Notion de vecteur vitesse.

Dans une seule fenêtre, on donne les notions sur les caractéristiques du vecteur vitesse et l'illustration de différents vecteurs vitesses tracés sur la trajectoire du point mobile à six (6) instants différents.

L'activité consiste à tracer les six (6) vecteurs sur la trajectoire aux six instants différents. t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 , t_6 , et en accord avec les quatre (4) caractéristiques d'un vecteur données précédemment. Ces six (6) vecteurs seront ensuite affichés successivement d'une manière plus animée : c'est-à-dire, chaque vecteur **clignote plusieurs fois** avant de rester affiché à la position, à l'instant correspondant. La pression sur une touche quelconque permet d'afficher de la même manière le vecteur suivant ;

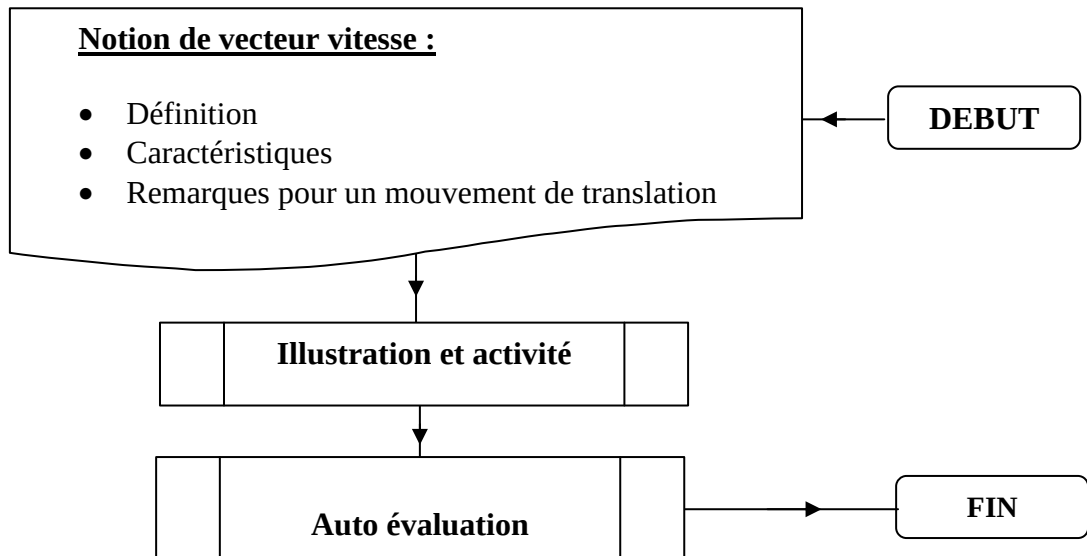


Figure 11: Organigramme sur la section 11 : Vecteur vitesse.

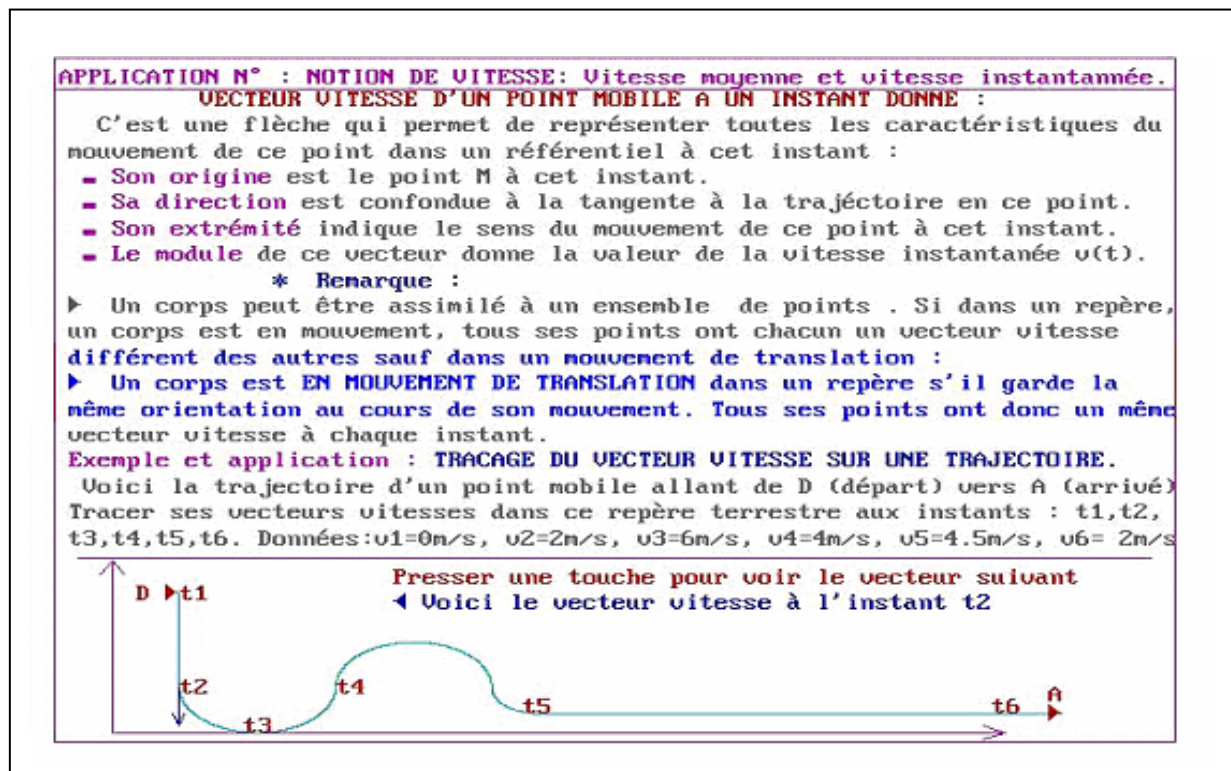


Figure 12: fenêtre illustrant la section 11 : vecteur vitesse

Remarques :

Cette section ne comporte pas la procédure animation. La courbe de la trajectoire ici est un exemple quelconque mais choisie de façon à montrer une partie de mouvement **curviligne** et une partie de mouvement **rectiligne**.

II-2-5 Section 12 : Calcul de la vitesse moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant t après. Identification de la vitesse instantanée à chaque instant.

Après avoir accès à l'activité « NOTION DE VITESSE » dans le menu du programme principal, la fenêtre de la figure 10 se présente pour permettre de choisir parmi les sections proposées.

Dans la section 12, deux fenêtres se succèdent et donnent les notions de vitesse moyenne et de vitesse instantanée ainsi que des indications de précautions à suivre pour éviter les erreurs.

La barre d'espace est programmée pour faire une pause lors du mouvement du mobile sur la piste et une affichage automatique des variables instantanées (t , x , v , a ,...). Le mobile s'arrête et reprend son parcours après un autre appui sur la barre d'espace. Pendant la pause, l'utilisateur peut prendre note des valeurs de ces variables qui serviront de données au calcul de la vitesse moyenne.

t : *temps indiqué par le chronomètre à cet arrêt de pause*

x : *position du mobile à cet arrêt.*

V : *vitesse à l'arrêt (vitesse instantanée)*

a : *accélération du mobile (accélération instantanée)*

Le centre d'inertie du mobile est utilisé pour le repérer par rapport au référentiel lié à la piste. On peut faire plusieurs pauses pour bien s'exercer au calcul avec plusieurs données.

La vitesse moyenne entre les instants t_0 et t peut être affichée pour permettre une vérification du calcul et une autoévaluation.

Ces données serviront aussi à la recherche dirigée de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée pour le cas particulier du mouvement uniforme et d'en déduire les caractéristiques de celui-ci.

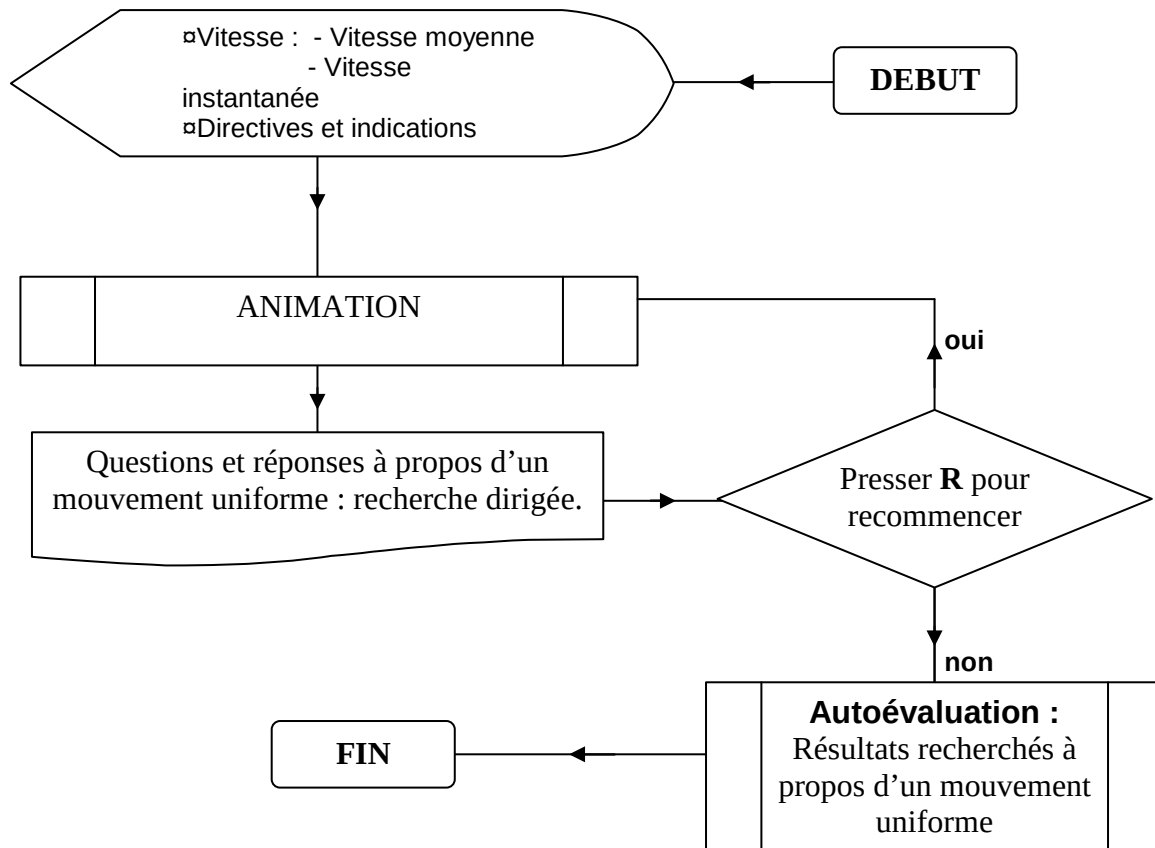


Figure 13: organigramme de la section 12 : vitesse moyenne et vitesse instantanée.

II-2-6 Section 13 : Interprétation et détermination par dérivation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée.

- Le programme est conçu pour permettre de diminuer l'intervalle $[t_1, t_2]$ en maintenant l'un d'entre t_1 et t_2 constant et de rapprocher l'autre. Pour cela, on suit les étapes suivantes :
 - Presser d'abord la barre d'espace
 - Presser [F1] pour effacer la droite en rouge.
 - Cliquer sur la courbe une nouvelle position plus rapprochée du point fixe (t_1, x_1) ou (t_2, x_2) ; une nouvelle droite rouge est tracée automatiquement et passe par les deux points (t_1, x_1) et (t_2, x_2) . La vitesse moyenne v_m est donnée par la pente de cette droite. Elle est affichée pour vérifier le calcul de la pente avec x_1, t_1, x_2, t_2 qui sont aussi affichées simultanément.
- On peut refaire autant de fois que l'on veut ces étapes jusqu'à ce que t_1 et t_2 soient très proches et presque confondus.
- Pour ne plus refaire ces étapes :
 - Presser la barre d'espace [BARRE]
 - Presser ensuite la touche [Fin]

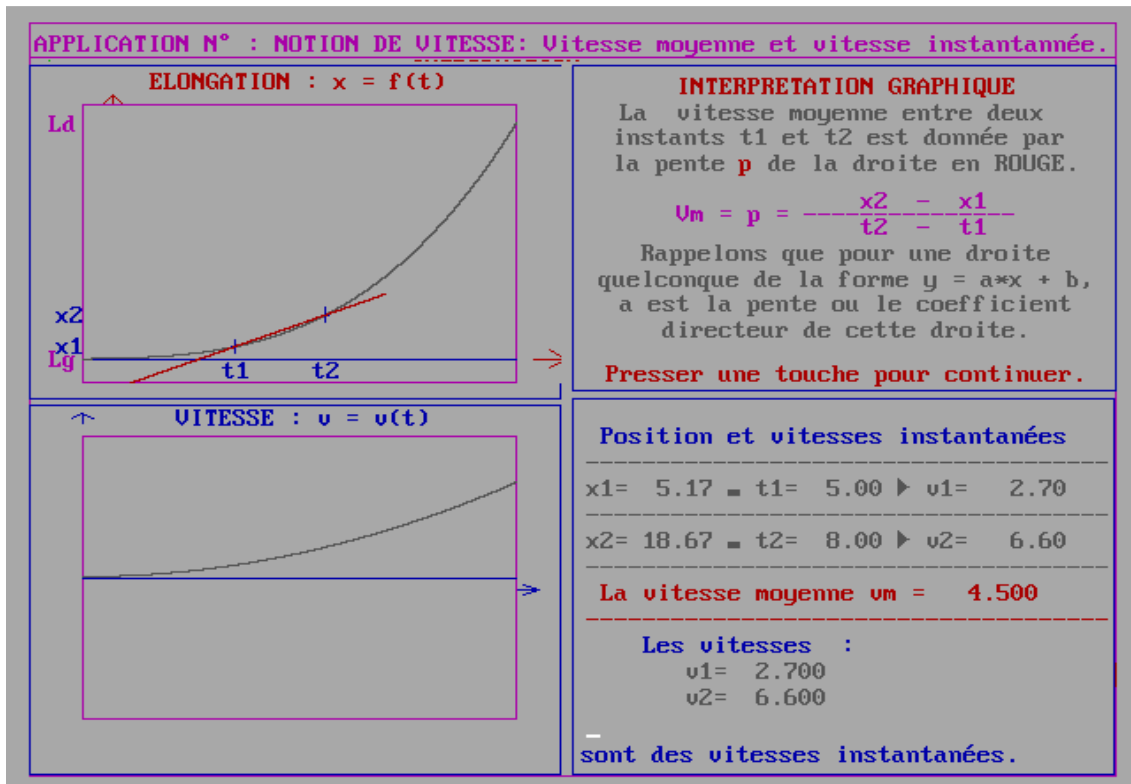


Figure 14: Ecran illustrant l'interprétation et la détermination graphique de v_m entre $[t_1, t_2]$.

Le programme continue pour donner la relation entre vitesse moyenne et vitesse instantanée qui constitue un moyen d'évaluation si les apprenants ont pu savoir eux même la connaissance demandée.

Remarques :

On rapproche en premier lieu (t_1, x_1) de (t_2, x_2) maintenu fixe pour mettre en évidence que la valeur de v_m tend vers celle de la vitesse instantanée v_2 pour $[t_1, t_2]$ très petit. On peut ensuite rapprocher (t_2, v_2) de (t_1, v_1) maintenu fixe pour avoir le résultat analogue entre v_m et la vitesse instantanée v_1 .

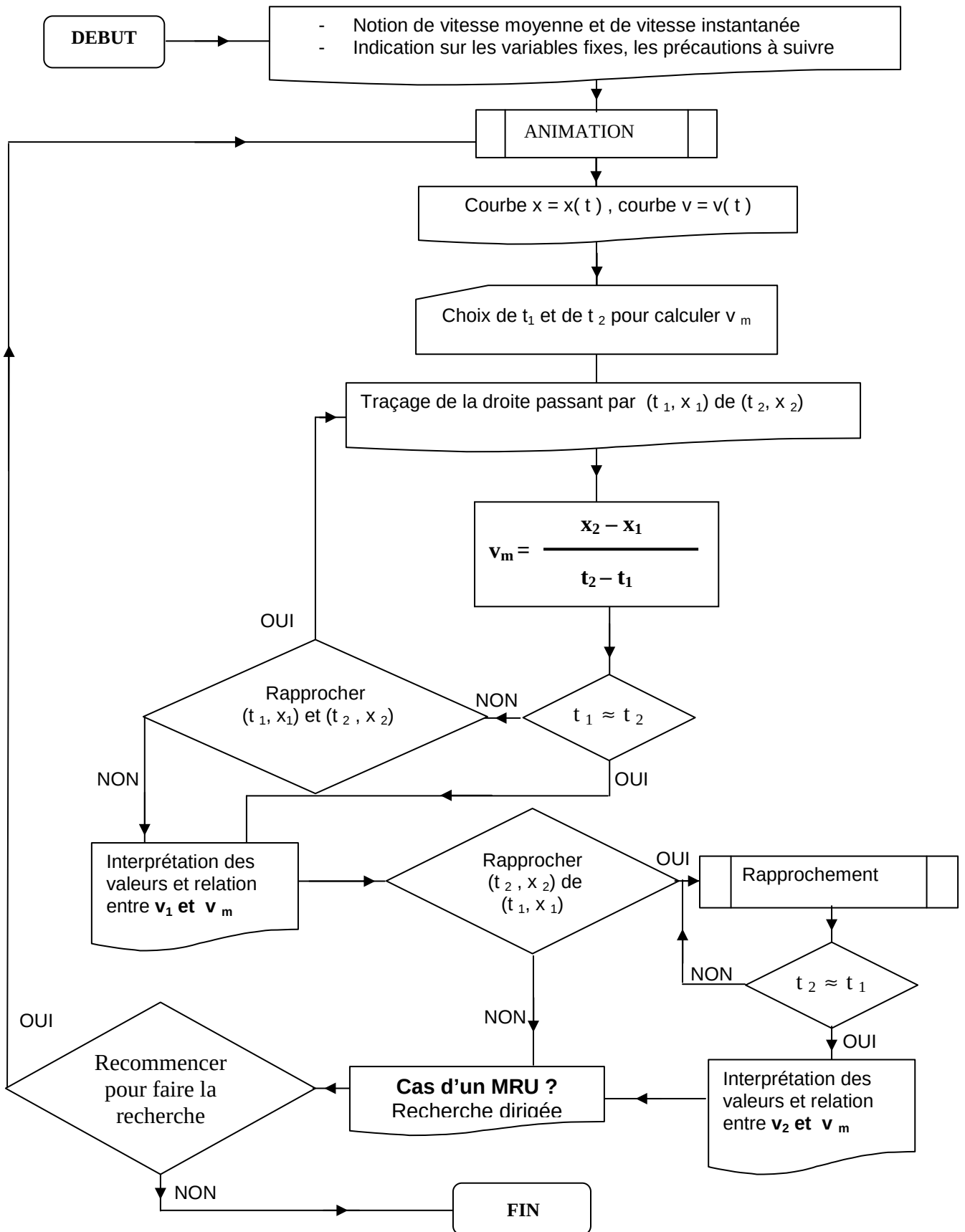


Figure 15: organigramme de la section 13 : Interprétation et détermination graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée

II-2-7 Cas d'un mouvement uniforme :

Cette activité fait partie de la section 11 (vitesse moyenne et vitesse instantanée) et de la section 12 (interprétation et détermination graphique) avant la fin de chaque section. On fait connaître les valeurs des variables fixes pour un mouvement (rectiligne) uniforme :

- Accélération initiale $a_0 = 0$
- Accélérateur $k = 0$
- Vitesse initiale v_0 différente de zéro (au choix)
- t_0 et x_0 sont aussi au choix.

On invite les apprenant à recommencer la section avec ces conditions initiales et on les dirige à trouver eux même les autres propriétés pour un mouvement (rectiligne) uniforme.

Les caractéristiques et les autres propriétés ainsi que les résultats exacts seront affichés à la fin de la section, pour une autoévaluation et correction.

Les contenus sont donnés dans la partie exploitation pédagogique.

NOTION DE VITESSE : Vitesse moyenne et vitesse instantanée

CAS D'UN MOUVEMENT (RECTILIGNE) UNIFORME (Résultats recherchés)

- Un mouvement est uniforme si sa vitesse ne varie pas au cours du temps.
- La vitesse moyenne et la vitesse instantanée sont identiques et constantes pour un mouvement uniforme.
- Les valeurs de l'accélération et de l'accélérateur sont donc nulles

LES EFFETS DE L' ACCELERATION SUR LE MOUVEMENT D'UN SYSTEME

L'accélération est proportionnelle à la force responsable du mouvement d'un système. Le vecteur accélération peut modifier :
le module, le sens et la direction du vecteur vitesse selon leurs orientations dans le repère d'étude. (Voir aussi la section traitant la nature et la variation du mouvement : accélération, décélération, immobilité et uniformité du mouvement d'un système).

Presser une touche pour terminer —

Figure 16: Fenêtre donnant les résultats escomptés : cas du mouvement rectiligne uniforme

II-3 EXPLOITATIONS PEDAGOGIQUES :

II-3-1 Introduction :

Ce logiciel est conçu à des fins pédagogiques afin qu'il mérite le nom de DIDACTICIEL. Les programmes élaborés dans la partie II-2 seront utilisés et exploités pour atteindre des objectifs spécifiques bien déterminés. A chaque section du programme principal, on donne l'objectif spécifique correspondant.

Nous tenons à préciser ici que ce DIDACTICIEL n'est pas autonome et ne prétend pas pouvoir assumer lui seul l'atteinte de ces objectifs. Il est conçu de façon à ce que les apprenants aient une capacité d'interprétation, de raisonnement et de conception à partir des observations, manipulations et suivis des instructions et informations sur l'écran du micro-ordinateur.

Cependant, il s'agit d'un outil pertinent conçu pour apporter une part de **remblayage des lacunes** causées par l'enseignement trop magistrale et sans activités pratiques illustratives.

II-3 2 Section 11 : Notion de vecteur vitesse.

a) Objectifs spécifiques :

L'apprenant doit être capable :

- de tracer le vecteur vitesse d'un point mobile à un instant donné connaissant les caractéristiques du mouvement (trajectoire, norme de la vitesse a cet instant, position)
- de faire le problème inverse à un instant donné connaissant les caractéristiques du vecteur vitesse.
- de savoir la relation entre vecteur position et vecteur vitesse

b) Manipulation :

Choisir l'activité et la section correspondante à cette étude.

Les caractéristiques et notions sont déjà données dans la partie II-1 Etude théorique.

Les activités qui concernent l'illustration des vecteurs vitesses pour les cas généraux (mouvement rectiligne) sont données dans la partie II-2 Elaboration des programmes.

L'enseignant peut alors donner d'autres cas pour exercer et tester les connaissances des apprenants sur cette section.

II-3-3 Section 12 : calcul de la vitesse moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant t après et identification de la vitesse moyenne à un instant t .

a) *objectifs spécifiques*

-L'apprenant doit savoir que la vitesse moyenne n'est pas en général la vitesse du mobile tout au long de son trajet.

-L'apprenant doit savoir que la vitesse instantanée est la vitesse du mobile à l'instant considéré pour la mesurer et elle peut varier au cours du temps.

-L'apprenant doit savoir appliquer la formule de la vitesse moyenne $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

et l'appliquer à la situation où on connaît l'instant initial t_0 et en recueillant sur l'écran de l'ordinateur les données affichées t , x , x_0 .

Remarque :

Les activités et questions proposées dans le didacticiel ne sont que des guides mais l'enseignant, après avoir bien maîtrisé la manipulation du logiciel peut **modifier** ou aussi **ajouter** les questions et activités ou encore ; **les adapter** à une situation différente.

b) *Manipulation*

1. Lancer le logiciel et choisir l'activité et la section correspondante.
2. Bien lire les différentes notions sur la vitesse moyenne et la vitesse instantanée.
3. Bien comprendre les instructions et précautions.
4. Pour les apprenants qui n'ont pas encore eu de notion d'accélération, l'enseignant doit au début les diriger lors de l'introduction des variables fixes initiales.
5. Au début, ils peuvent seulement observer le mouvement du mobile sur la piste. Ils doivent donc revoir plusieurs fois le mouvement. Prendre notes des valeurs affichées à chaque pause commandée avec la barre d'espace. On peut utiliser un tableau pour mettre les valeurs si on fait plusieurs pauses.
6. Calculer v_m entre t_0 et t et comparer avec la vitesse instantanée v .

c) Variables fixes initiales (paramètres du mouvement):

Voici par exemple les variables fixes initiales proposées :

- accélération initiale $a_0 = 0,2$
- vitesse initiale $v_0 = 1$
- accélérateur $k = 0,04$
- position initiale $x_0 = 20$
- instant initial $t_0 = 2$
- limite à gauche du mouvement $L_g = 0$
- limite à droite du mouvement $L_d = 100$

En USI : distance en mètre, vitesse en mètre par seconde, (accélération en mètre par seconde au carrée). On obtient le tableau suivant.

d) Résultats

	Pause 1	Pause 2	Pause 3	Pause 4
Au chronomètre $t =$	9,554	12,610	14,000	17,033
La vitesse $v =$	3,652	5,373	6,280	08,5260
La position $x =$	36,135	49,828	57,923	80,279
La vitesse moyenne $v_m =$	2,136	2,811.	3,160	4,010

Tableau 1: les variables instantanées affichées à chaque pause avec la barre d'espace (activité notion de vitesse).

e) Calculs et raisonnement demandé :

$$\text{On a } v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Δx est la distance parcourue ; ici, on calcule $\Delta x = x - x_0$

Δt est la durée du parcours entre le départ et la pause. Ici on peut avoir $\Delta t = t - t_0$
 t_0 n'est pas forcément égal à zéro si on a un chronomètre ou une montre qu'on ne peut pas initialiser à zéro.

L'auto évaluation se fait par simple comparaison du calcul fait avec la valeur de v_m dans le tableau.

La comparaison fait aussi constater que v_m est comprise entre la vitesse au début et celle à la pause, mais la vraie vitesse du mobile varie à chaque instant

f) Autres possibilités :

On peut aussi concevoir des autres exercices en recueillant des données dans ce logiciel puis changer une ou plusieurs variables suivant le type d'exercice qu'on veut élaborer, ou aussi utiliser un tableau à compléter par les apprenants²².

II-3-4 Section 13 : Interprétation et détermination par dérivation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée.

a) Objectifs spécifiques :

- L'apprenant doit savoir adapter la formule générale de la vitesse moyenne à la situation où le mobile passe à la position x_1 à l'instant t_1 et à la position x_2 à l'instant t_2 .
- Dédire de cette expression l'équation horaire d'un mobile en mouvement avec une vitesse moyenne (constante) entre deux positions x_1 et x_2 et deux instants t_1 et t_2 .
- Il doit aussi être capable d'identifier la vitesse moyenne, la position initiale et l'instant initial à partir d'une équation horaire donnée de la forme $\mathbf{x(t) = v.(t-t_0) + z}$
- Il doit savoir interpréter et déterminer graphiquement la vitesse moyenne et la vitesse instantanée ainsi que la relation entre les deux.

b) Manipulation :

- 1) Bien lire les différentes notions et les instructions.
- 2) Donner la relation entre v_m , x , x_0 , t , t_0 et en déduire l'équation horaire $x = x(t)$ correspondant. La réponse est tout de suite affichée en appuyant sur une touche.
- 3) Après l'animation, deux courbes montrant la vitesse instantanée et la position instantanée sont affichées successivement. Introduire la valeur des deux instants t_1 et t_2 . Une **droite rouge** passe par les deux points (t_1, x_1) et (t_2, x_2) . La **pente** de cette droite donne la vitesse moyenne

$$V_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

- 4) Bien suivre les instructions pour rapprocher t_1 et t_2 .
- 5) Noter à chaque fois les résultats
- 6) Interpréter.

c) Résultats :

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6
x_1	15	24,11	34,47	45,14	59,27	62,85
x_2	66	66	66	66	66	66
t_1	3	3,81	4,51	5,09	5,73	5,88
t_2	6	6	6	6	6	6
v_1	9,5	13,07	10,68	20,05	24,16	25,15
v_2	26	26	26	26	26	26
v_m	17	19,138	21,154	22,958	25,072	25,572

Tableau 2: différentes valeurs des vitesses moyennes et des vitesses instantanées en différents points cliqués sur la courbe de $x = x(t)$ (pour les comparaisons).

d) Conclusion attendue :

Plus on rapproche t_1 de t_2 , plus la vitesse moyenne v_m tend vers la vitesse instantanée v_2 (fixée).

A la limite où t_1 est presque confondu à t_2 , la vitesse moyenne aussi serait confondue à la vitesse instantanée.

e) Interprétations complémentaires de l'enseignant.

La vitesse instantanée v_2 est donnée par la limite $v_2 = \lim_{t_1 \rightarrow t_2} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$. Dans le cas général, la vitesse moyenne entre $[t_1, t_2]$ est égale à la vitesse instantanée à l'instant t (où $t_1 \leq t \leq t_2$) lorsque $[t_1, t_2]$ est très petit.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

II-3-5 Cas d'un mouvement uniforme.

Cette partie n'est pas une section indépendante. Elle fait partie de la section traitant la vitesse moyenne et la vitesse instantanée.

Nous parlons ici d'un mouvement uniforme où la vitesse est constante au cours du temps.

a) Objectifs spécifiques.

L'apprenant doit savoir :

- Les caractéristiques d'un mouvement uniforme.

- que la vitesse moyenne et la vitesse instantanée sont identiques pour un mouvement uniforme.

b) Manipulation :

Des consignes, surtout pour les apprenants n'ayant pas encore les notions sur l'accélération, la nature et la variation du mouvement sont préalablement données :

- Accélération initiale $\mathbf{a_0 = 0}$
 - Vitesse initiale $\mathbf{v_0 = constante (au choix)}$
 - Variateur le l'accélération $\mathbf{k = 0}$
- Lancer le mobile sur la piste et observer son évolution.
 - Faire plusieurs pauses et comparer les valeurs de v_0 , de v à chaque pause et aussi de v_0 et v à la fin du mouvement.
Conclusion ?
 - Calculer v_m par la formule habituelle.
 - Suivre les différentes étapes dans la partie interprétation et détermination graphique.

c) Conclusions attendues :

En principe, les apprenants devraient trouver eux-mêmes les autres propriétés du mouvement uniforme et la relation entre vitesse moyenne et vitesse instantanée pour un mouvement uniforme. Voici ces résultats :

- o la vitesse **reste constante au cours du temps** pour un mouvement uniforme.
- o La vitesse moyenne et la vitesse instantanée sont **identiques** pour un mouvement uniforme.

II-4 Conclusion du chapitre

Ce chapitre est le plus étendu parmi les autres. C'est dans ce chapitre que sont données les parties qui sont communes aux différentes sections, à savoir :

- la présentation du programme principale
- les messages d'erreurs et les remèdes correspondants
- la procédure d'animation, son but, les motifs de son choix, son organigramme.

Ces parties ne sont plus détaillées dans les chapitres suivants mais elles seront juste évoquées si besoin.

Ce chapitre a permis d'illustrer une notion de mathématiques très utilisée et de voir son application en physique : « la dérivée ». ; cela grâce à l'interprétation et détermination par dérivation graphique de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée.

Mais il y a aussi l'illustration de la *notion de vecteur vitesse dans un repère donné* dans la partie traitant la notion de vecteur vitesse.

La partie concernant le calcul de la vitesse moyenne et de la vitesse instantanée permet d'avoir l'ordre moyen de grandeur moyenne de la vitesse tout au long du trajet et d'avoir un concept de différentiation entre la vitesse moyenne et la vitesse instantanée

Chapitre III

NOTION D'ACCELERATION

Chapitre III : NOTION D'ACCELERATION

III.1. Etude théorique

III.1.1. Introduction

La notion de vitesse est facile à comprendre et à prendre conscience mais on n'utilise pas beaucoup la notion d'accélération dans la vie quotidienne. Cela n'empêche pas le fait que l'étude de l'accélération d'un système est la base même de l'étude de son mouvement. Dans ce chapitre, nous allons voir ce qu'il faut savoir comme base sur l'accélération.

Pour avoir une idée simple de ce qu'est l'accélération, nous disons que c'est la variation de la vitesse par unité de temps. L'accélération dans la réalité n'est pas constante au cours du temps : elle peut être constante, nulle ; elle peut être aussi soit croissante, soit décroissante.

Donc, pour avoir l'ordre de grandeur sur cette variation entre deux instants au cours du temps, nous allons voir la notion d'accélération moyenne, après nous verrons l'aspect de l'accélération instantanée. L'interprétation graphique nous montre comment peut-on les obtenir en utilisant la méthode dite de dérivation graphique.

Mais en premier lieu, nous devons aborder le sujet par l'étude théorique sur l'accélération. On va toujours considérer le mouvement d'un point dans un référentiel R $(O, \vec{i}, \vec{j})$ et toutes mesures, repérages, calculs seront faits dans ce référentiel.

III.1.2 Vecteur accélération d'un mobile et ses propriétés

Sans vouloir trop s'étendre sur une étude dynamique, on va essayer d'illustrer les propriétés du vecteur accélération à partir du théorème du centre d'inertie d'un corps (TCI) :

« La résultante des forces extérieures appliquées à un objet est proportionnelle à l'accélération de son centre d'inertie. »

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$\vec{F}$: est la résultante des vecteurs forces extérieures appliquées au système
 m : masse totale du système

¹

$\vec{a}$: vecteur accélération du centre d'inertie de l'objet.

Ceci nous montre que la force responsable du mouvement d'un objet est étroitement liée à son accélération. En voici les propriétés du vecteur accélération qui découle de cette relation :

- Le vecteur accélération peut modifier le module, le sens, et la direction du vecteur vitesse tout au long du parcours du mobile dans le repère.
- Le vecteur accélération peut aussi modifier le module et le sens du vecteur position tout au long du parcours du mobile dans le repère.

Par conséquent, la connaissance complète du vecteur accélération en fonction du temps est déjà suffisante pour donner la nature du mouvement d'un point mobile dans un référentiel considéré mais aussi de prévoir sa trajectoire et sa vitesse par calcul.

III.1.3. Expression du vecteur accélération dans un référentiel

Dans le système de coordonnées cartésiennes de notre repère $R(0, \vec{i}, \vec{j})$, le vecteur accélération en fonction du temps, pour un mouvement plan s'écrit :

$$\vec{a} = a_x(t)\vec{i} + a_y(t)\vec{j} \quad \text{Son module est : } a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

a_x, a_y sont les composantes du vecteur $\vec{a}$ dans le repère R .

III.1.4. Relation entre vecteur position, vecteur vitesse et vecteur accélération

Toujours avec le repère $R(0, \vec{i}, \vec{j})$, on fera tous les calculs (dérivation, intégration, produit scalaire...) dans la base de ce repère.

- Si on dérive une fois par rapport au temps le vecteur position de ce repère, on obtient le vecteur vitesse.

$$\vec{v} = \frac{d \vec{OM}}{dt}$$

- Si on dérive deux fois le vecteur position par rapport au temps t , on obtient le vecteur accélération.

$$\vec{a} = \frac{d^2 \vec{OM}}{dt^2} = \frac{d \vec{v}}{dt} \quad \text{qu'on peut encore écrire comme suit :}$$

$$\vec{a} = \frac{d^2x(t)}{dt^2} \vec{i} + \frac{d^2y(t)}{dt^2} \vec{j} \quad \text{ou en fonction des composantes du vecteur}$$

$$\text{vitesse : } \vec{a} = \frac{dv_x(t)}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y(t)}{dt} \vec{j}$$

Dans la méthode de dérivation graphique, on utilise la courbe représentant la vitesse $v = v(t)$ pour avoir l'accélération moyenne a_m et l'accélération instantanée $a(t)$.

III-1-5 Interprétation et détermination graphique

Considérons la courbe qui représente en fonction du temps la vitesse du mobile $v(t)$. L'intersection de cette courbe avec l'axe des ordonnées donne la vitesse initiale à l'instant $t = 0$.

Détermination de l'accélération moyenne par la méthode de dérivation graphique

La pente de cette droite qui passe par les deux points A ($t_1 ; v_1$) et B ($t_2 ; v_2$) donne l'accélération moyenne a_m entre les deux instants t_1 et t_2 .

L'expression de cette pente est :

$$a_m = \text{pente} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

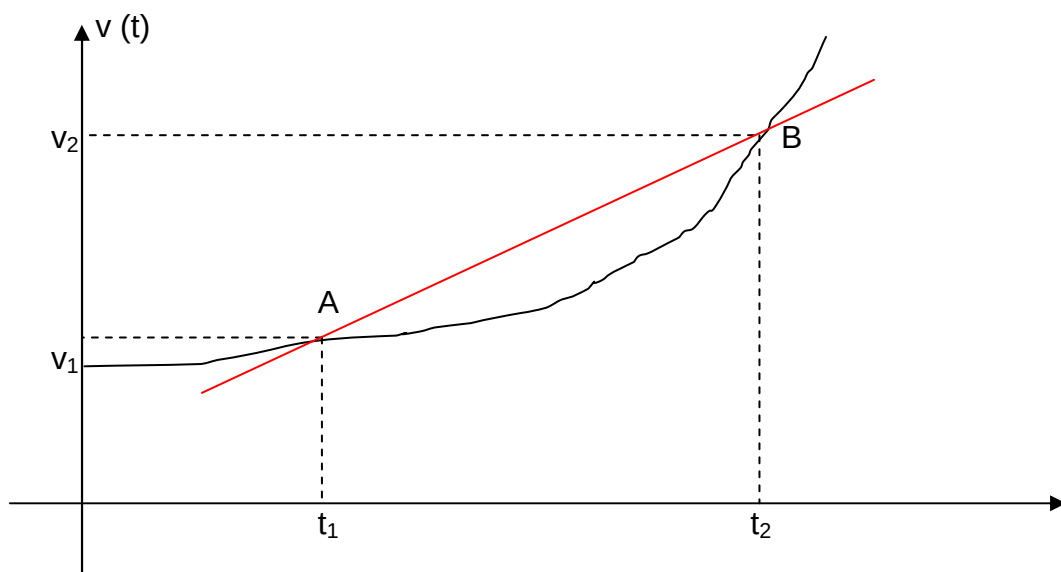


Figure 17: courbe représentant la vitesse $v = v(t)$ en fonction de t et la droite (AB) reliant les points (t_1, v_1) et (t_2, v_2)

Détermination de l'accélération instantanée par la méthode de dérivation graphique

Toujours avec la même courbe, rapprochons t_2 de t_1 (maintenu fixe) pour avoir un intervalle $[t_1 ; t_2]$ étroit jusqu'à la limite où t_1 et t_2 seraient presque confondus. On obtient la droite tangente à la courbe à l'instant $t_1 \leq t \approx t_2$ ou $t_1 \approx t \leq t_2$.

On peut donc obtenir l'accélération instantanée avec la détermination de la limite :

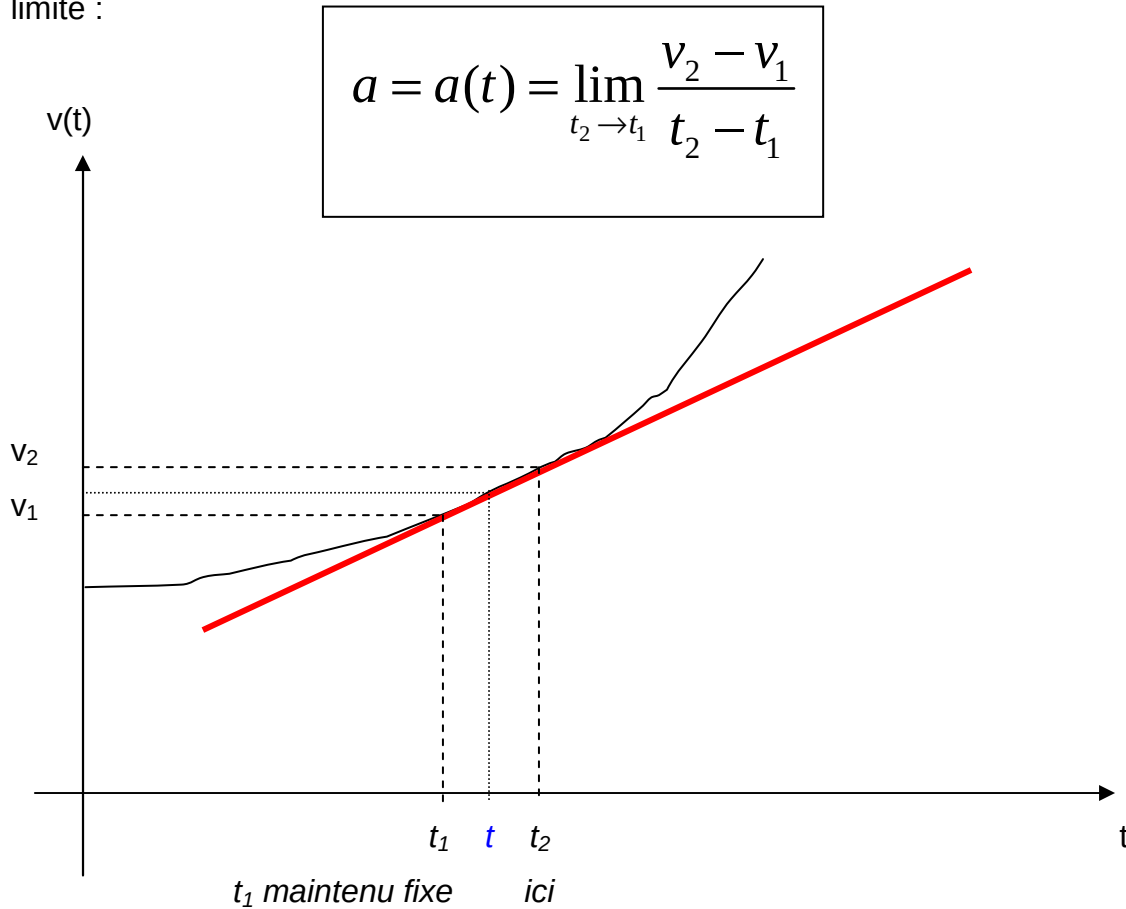


Figure 18: Courbe représentant la vitesse $v(t)$ en fonction du temps et la tangente au point $(t ; v)$

III-1-6 Remarques pour un mouvement uniformément varié

- Si l'accélération du mobile reste **constante et non nulle** au cours de son mouvement, on a un mouvement uniformément varié.

$$a(t) = a = \text{constante.}$$

La courbe représentant la vitesse instantanée $v = v(t)$ est une droite de la forme

$$v = pt + q \text{ où}$$

p est la pente de la droite et q est la vitesse à l'instant $t = 0$.

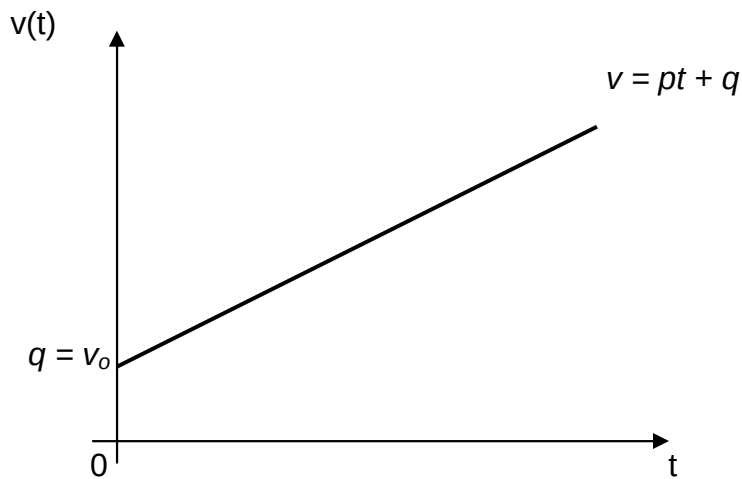


Figure 19: Courbe représentant la vitesse $v(t)$ pour un mouvement uniformément varié.

Quelque soit l'instant t considéré ou l'intervalle de temps $[t_1 ; t_2]$ choisi, la pente de cette droite reste toujours la même. Donc :

« Pour un mouvement uniformément varié, l'accélération moyenne et l'accélération instantanée sont identiques et restent une constante non nulle. Si cette constante est nulle, on a un simple mouvement uniforme. »

$$a_m = a(t) = \text{constante}$$

La courbe représentative de l'accélération est une droite horizontale.

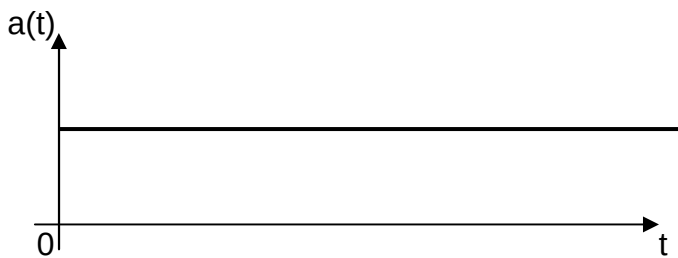


Figure 20: Courbe représentant en fonction du temps t l'accélération $a = a(t)$ pour un mouvement uniformément varié.

III-1-7 Méthode d'intégration graphique pour avoir la distance parcourue

On utilise la courbe donnant la vitesse en fonction du temps $v = v(t)$ pendant le trajet du mobile M.

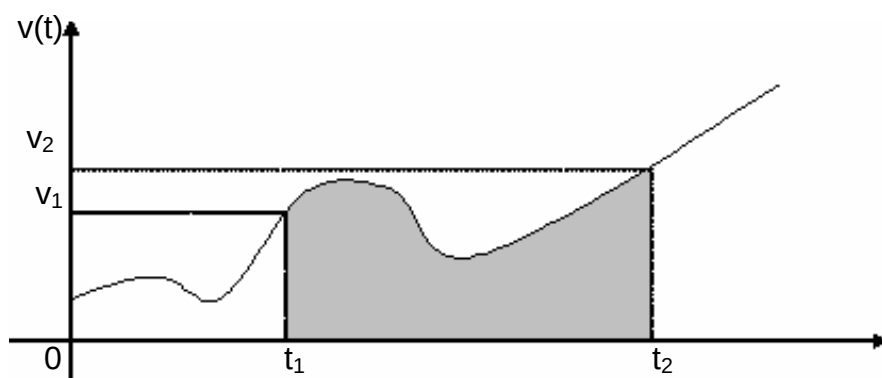


Figure 21: schéma illustrant la méthode d'intégration graphique

L'aire de la surface limitée par la courbe, l'axe des abscisses et les droites verticales $y_2 = t_2$ et $y_1 = t_1$ donne la distance parcourue pendant l'intervalle $[t_1, t_2]$

Cette méthode présente l'avantage de pouvoir déterminer rapidement et facilement la distance parcourue entre ces deux instants quelle que soit la trajectoire et la nature du mouvement du mobile.

III-2 ELABORATION DES PROGRAMMES

III-2-1 Introduction

Les parties communes comme la présentation du programme principale, les messages d'erreurs et remèdes et la partie animation sont déjà données dans le chapitre II. Les démarches sont analogues à celles de la notion de vitesse dans le chapitre II :

- Calcul et comparaison de l'accélération moyenne à l'accélération instantanée
- Utilisation de la dérivation graphique pour interpréter et déterminer ces deux grandeurs
- Utilisation de l'intégration graphique pour déterminer ces deux grandeurs.
- Le cas du mouvement uniformément varié qui a ses propres particularités est traité comme faisant partie des deux premières sections

Nous espérons que les sections comportant la dérivation graphique et l'interprétation graphique dans ce didacticiel pourraient bien illustrer et montrer les utilisations pratiques de la dérivée et de l'intégration.

III-2-2 Section 21 : calcul de l'accélération moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant t après. Identification de l'accélération instantanée à chaque instant t .

Après avoir accès à l'activité « NOTION D'ACCELERATION » dans le menu principal, la fenêtre suivante se présente pour permettre de choisir une section parmi les trois qui sont indépendantes entre elles



Figure 22: fenêtre illustrant les sections de l'activité 2

Dans la section **21**, deux fenêtres se succèdent et donnent les notions d'accélération moyenne et d'accélération instantanée ainsi que des indications de précautions pour éviter les erreurs

La barre d'espace (désignée [BARRE] dans le logiciel) est programmée pour faire une pause et affichage automatique des variables instantanées (t , x , v , a). Le mobile s'arrête ; pendant ce temps, l'utilisateur peut prendre note de ces variables qui serviront de données au calcul de l'accélération moyenne entre t_0 (instant initial) et l'instant t à cette pause. On peut faire plusieurs pauses avant la fin du mouvement du mobile (limite à gauche ou à droite) pour avoir plusieurs données.

Avant que la mobile reparte, l'accélération moyenne entre les instants t_0 et t est aussi affichée pour permettre une vérification du calcul et une autoévaluation.

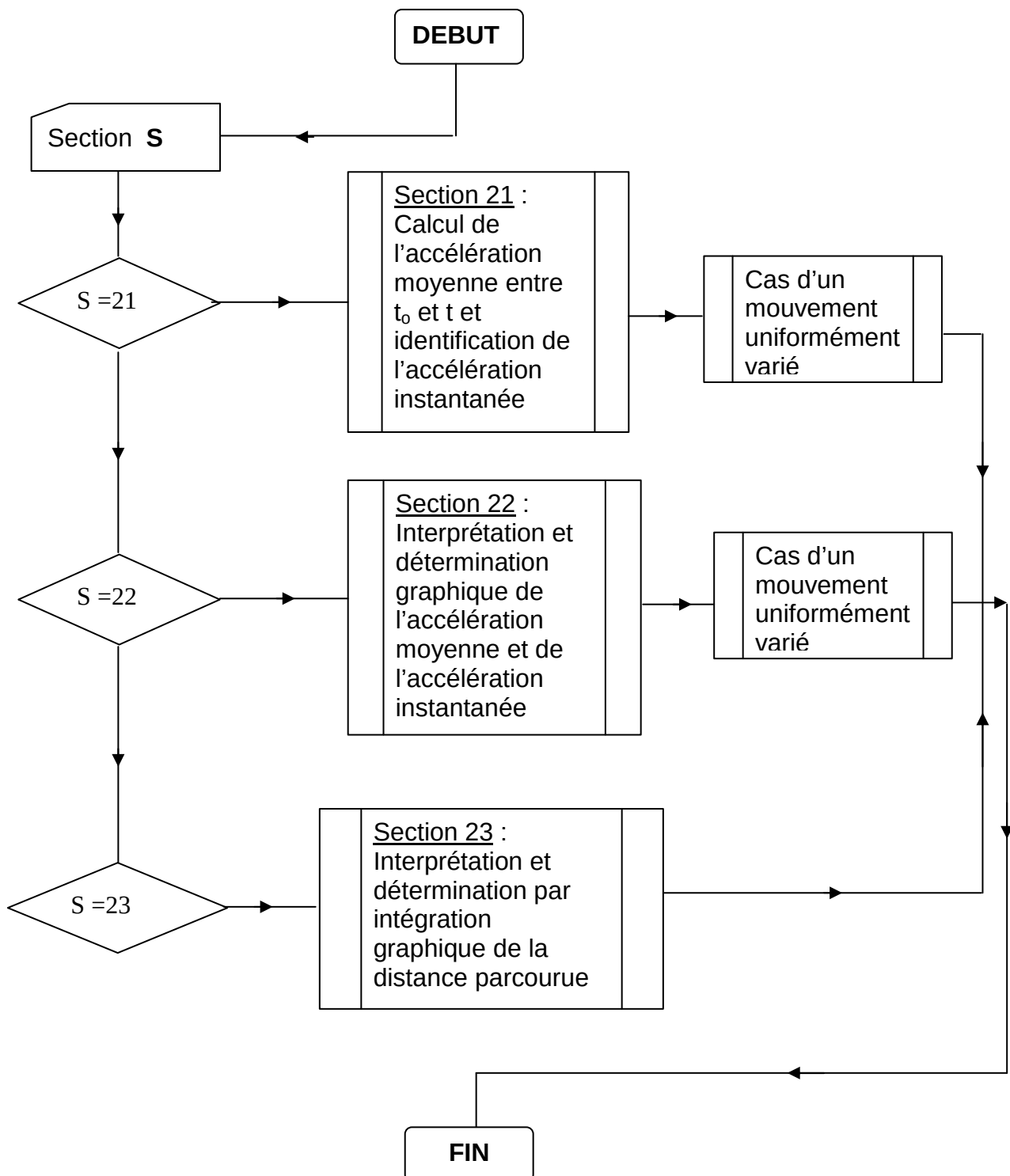


Figure 23: organigramme de l'ACTIVITE NOTION D'ACCELERATION

III-2-3 Section 22 : interprétation et détermination graphique de l'accélération moyenne a_m et de l'accélération instantanée $a(t)$.

A part les mêmes fenêtres donnant les différentes notions et indications, cette section comporte aussi la procédure animation suivi de deux courbes montrant les graphes de $v = v(t)$ et de $a = a(t)$, accélération moyenne et instantanée du mobile sur la piste horizontale.

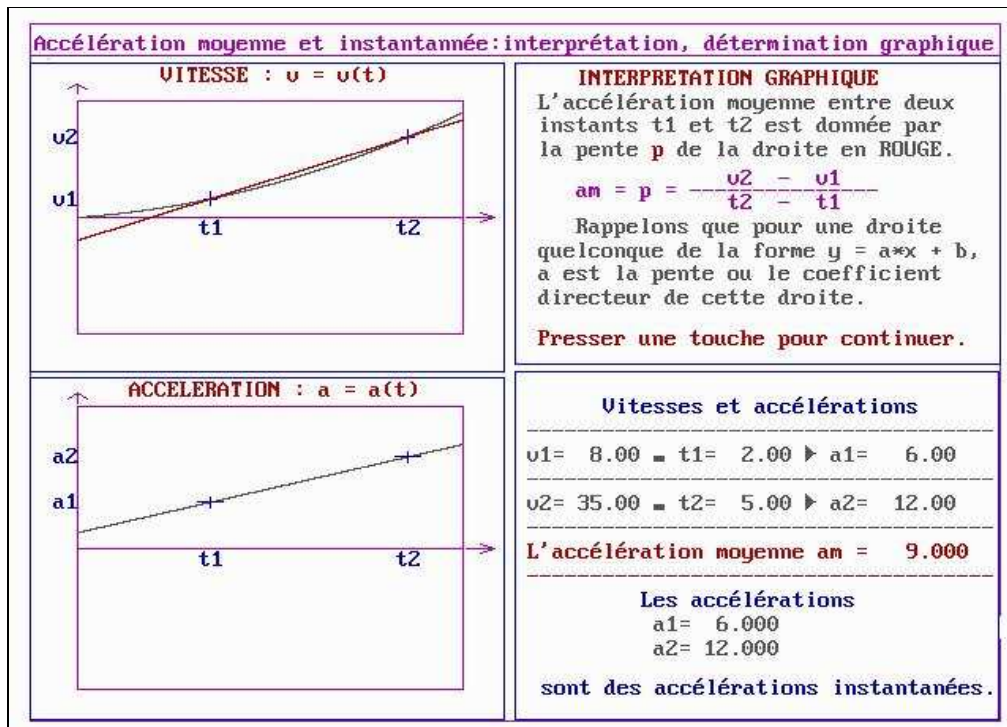


Figure 24: écran illustrant l'interprétation et la détermination graphique de a_m entre $[t_1, t_2]$

- Le programme est conçu pour permettre de diminuer l'intervalle $[t_1, t_2]$ en maintenant l'un d'entre t_1 et t_2 constant et de rapprocher l'autre. Pour cela, on suit les étapes suivantes :
 - Presser d'abord la barre d'espace
 - Presser **[F1]** pour effacer la droite en rouge.
 - Cliquer sur la courbe une nouvelle position plus rapprochée du point fixe (t_1, v_1) ou (t_2, v_2) ; une nouvelle **droite rouge** est retracée automatiquement et passe par les deux points (t_1, v_1) et (t_2, v_2) . L'accélération moyenne v_m est donnée par la pente de cette droite. Elle est affichée pour vérifier le calcul de la pente ainsi que v_1, t_1, v_2, t_2 qui sont aussi affichées simultanément.
- On peut refaire autant de fois que l'on veut ces étapes jusqu'à ce que t_1 et t_2 soient très proches et presque confondus.
- Pour ne plus refaire ces étapes :
 - Presser la barre d'espace **[BARRE]**
 - Presser ensuite la touche **[Fin]**

Le programme peut être continué pour donner la relation entre accélération moyenne et accélération instantanée qui constitue un moyen d'évaluation si les apprenants ont pu savoir eux même la connaissance demandée.

Remarques :

On rapproche en premier lieu (t_1, v_1) de (t_2, v_2) maintenu fixe pour mettre en évidence que la valeur de a_m tend vers celle de la valeur instantanée a_2 pour $[t_1, t_2]$ très petit. On peut ensuite rapprocher (t_2, v_2) de (t_1, v_1) maintenu fixe pour avoir le résultat analogue entre a_m et l'accélération instantanée a_1 .

III-2-4 Cas d'un mouvement uniformément varié :

Cette activité fait partie de la section **21** (accélération moyenne et accélération instantanée) et de la section **22** (interprétation et détermination graphique). Avant la fin de chaque section, on fait connaître les valeurs des variables fixes pour un mouvement (rectiligne) uniformément varié pour que les apprenants de niveaux moyens puissent faire l'animation et connaître le cas d'un mouvement uniformément varié même sans avoir acquis la notion d'accélération:

- Accélération initiale **a_0 différente de zéro (au choix)**
- Accélérateur **$k = 0$**
- v_0 , t_0 et x_0 sont aussi au choix.

On invite les apprenants à recommencer la section avec ces conditions initiales et on les fait trouver eux mêmes les autres propriétés pour un mouvement (rectiligne) uniformément varié.

Les caractéristiques et les autres propriétés ainsi que les résultats exacts seront affichés à la fin de la section, pour une autoévaluation et une correction. Ces contenus sont donnés dans la partie exploitation pédagogique.

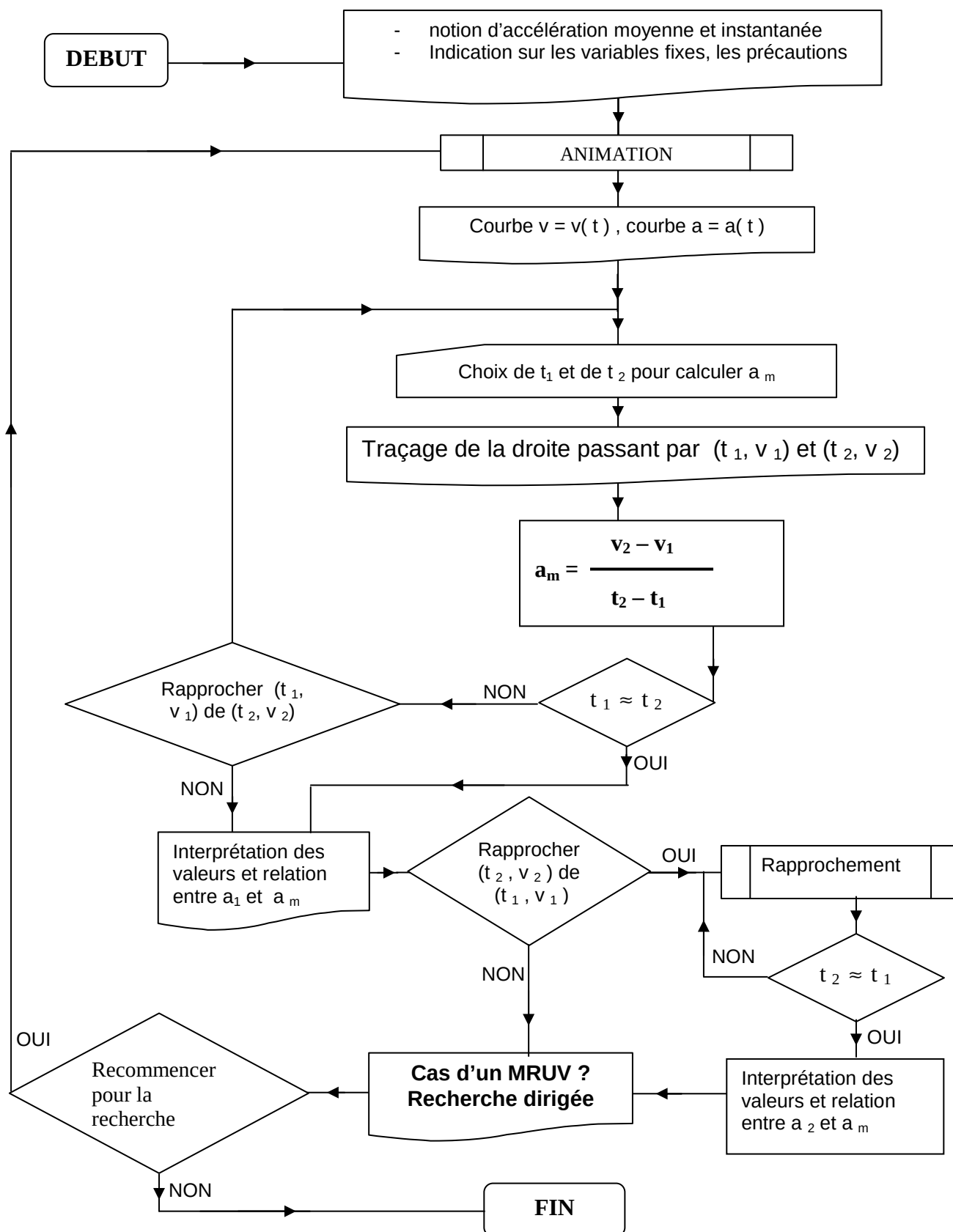


Figure 25: Organigramme : Interprétation et détermination par dérivation graphique de l'accélération moyenne et de de l'accélération instantanée

III-2-5 Section 23 : détermination de la distance parcourue entre deux instants par méthode d'intégration graphique.

Cette section comporte une notion sur l'intégration graphique numérique en utilisant la méthode des trapèzes. On détermine la surface limitée par :

- la courbe donnant $v = v(t)$,
- l'axe des abscisses et
- les droites verticales d'équation $x = t_1$ et d'équation $x = t_2$

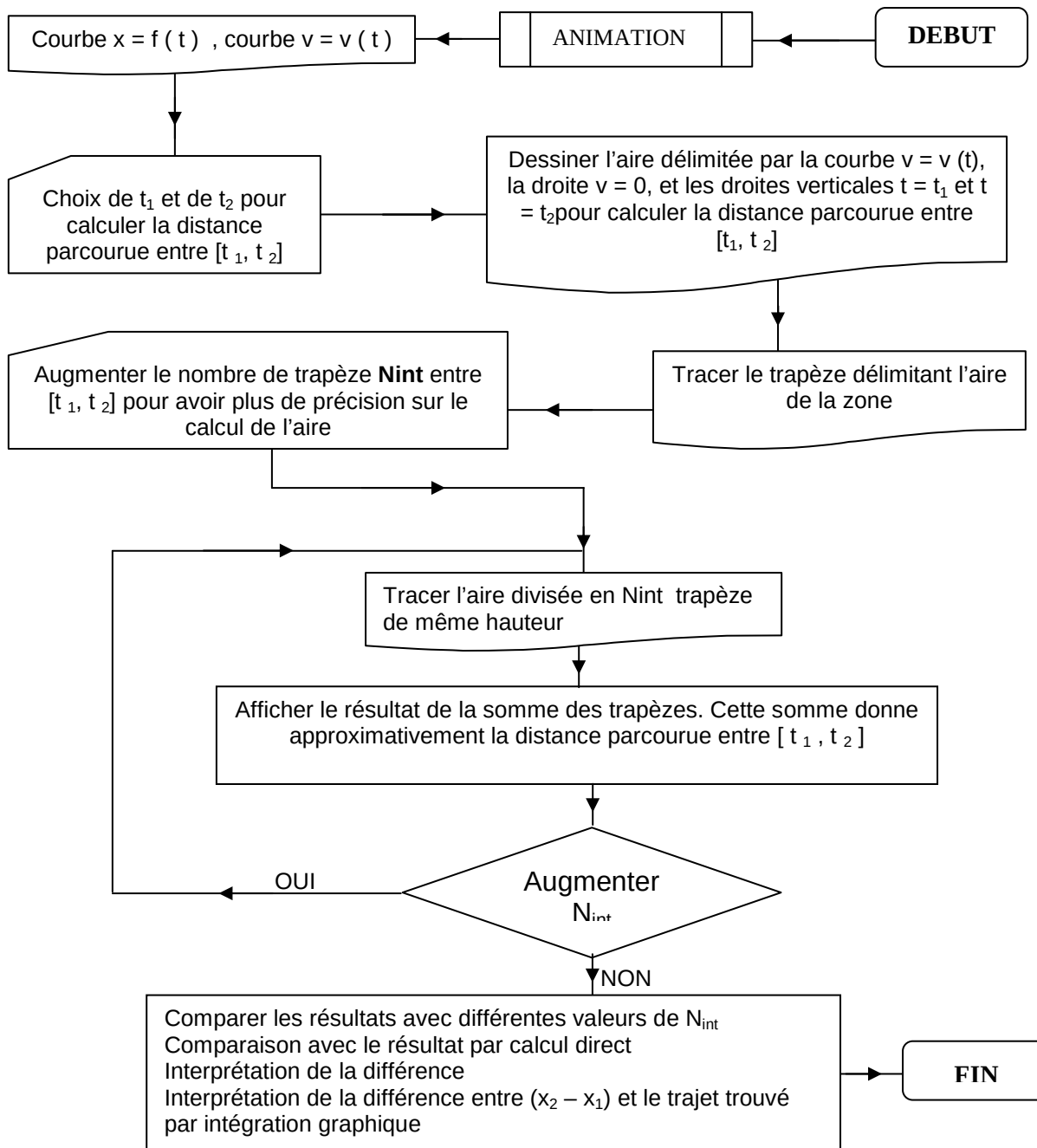


Figure 26: Organigramme de l'intégration graphique pour avoir la distance parcourue entre $[t_1, t_2]$

Principe de la méthode des trapèzes

La méthode des trapèzes consiste à diviser en plusieurs trapèzes de même hauteur h la surface considérée.

La surface d'un trapèze est : $A = \frac{1}{2} \cdot (\text{grande base} + \text{petite base}) \cdot \text{hauteur}$

Pour notre courbe, on a **$A = h/2 \cdot (v_1 + v_2)$**

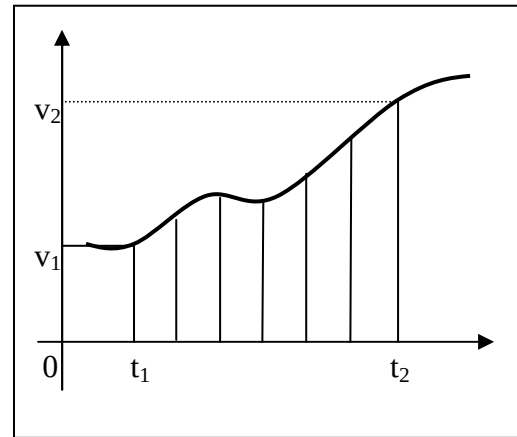
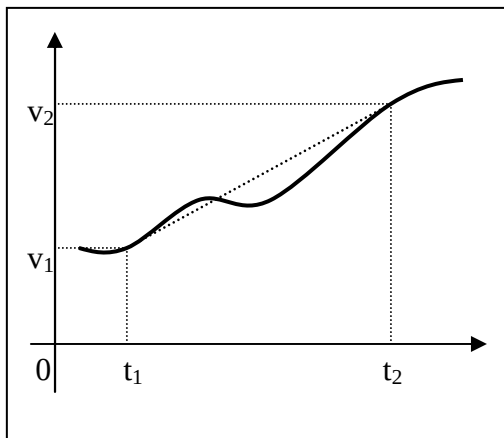


Figure 27: Principe de la méthode des trapèzes

Si on divise en plusieurs trapèzes on a : **$A_{\text{int}} = h/2 \cdot (v_1 + v_2 + 2 \cdot S)$**
avec :

$$S = v(t_1 + h) + v(t_1 + 2h) + v(t_1 + 3h) + \dots + v(t_1 + ih) + \dots + v(t_1 + nh)$$

i : nombre entier positif 1,2,3,4,5,... **n = nombre d'intervalles ou de trapèzes - 1**

- $v_1 = v(t_1)$ et $v_2 = v(t_2)$
- h est la largeur des intervalles de temps identiques entre $[t_1, t_2]$. **h est donc la largeur de chaque trapèze (ou le pas d'intégration)**
- $v(t_1 + ih)$ sont les valeurs des vitesses instantanées entre t_1 et t_2

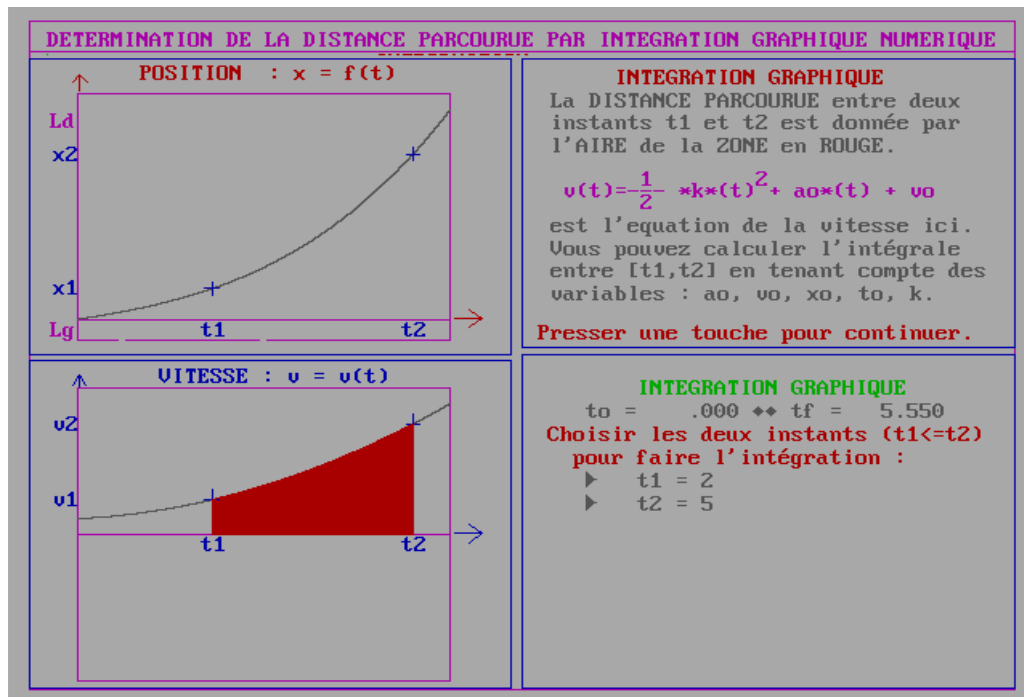


Figure 28: interprétation et détermination par intégration de la distance parcourue entre deux instants choisis

III-3 EXPLOITATIONS PEDAGOGIQUES

III-3-1 Section 21 : calcul de l'accélération moyenne entre l'instant initial t_0 et un instant t après. Identification de l'accélération instantanée à chaque instant t .

a) Objectifs spécifiques

- L'apprenant doit savoir que l'accélération moyenne n'est pas en général l'accélération du mobile tout au long de son trajet.
- L'apprenant doit savoir que l'accélération instantanée est l'accélération du mobile à l'instant considéré et celui-ci peut varier au cours du temps.
- L'apprenant doit savoir appliquer la formule de l'accélération moyenne et l'appliquer à la situation où on connaît l'instant initial t_0 en recueillant les valeurs de t et de v avec le logiciel.

$$a_m = \text{pente} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

b) Remarque :

Les activités et les questions proposées dans le didacticiel ne sont que des guides mais l'enseignant, après avoir bien maîtrisé la manipulation du logiciel peut **modifier** ou **ajouter** les questions et activités pratiques ou aussi les **adapter** à une situation différente

c) Manipulation

Les manipulations dans les sections qui suivent sont similaires à celles de la section 12 et 13 de l'activité 1 (notion de vitesse).

Au début, les apprenants peuvent seulement observer le mouvement du mobile sur la piste. Mais ils peuvent autant de fois revoir le mouvement et prendre note des valeurs affichées à chaque pause commandée avec la barre d'espace. On peut utiliser un tableau pour les valeurs si on fait plusieurs pauses.

On calcule a_m entre t_0 et t et comparer la réponse avec l'accélération instantanée a . En USI : distance en mètre, vitesse en mètre par seconde, accélération en mètre par seconde au carrée.

d) Calculs et raisonnement demandé :

$$\text{On a : } a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{et } \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ est l'accroissement de la vitesse dans}$$

l'intervalle de temps Δt considéré.

L'auto évaluation se fait par simple comparaison du calcul fait avec la valeur de a_m donné par le logiciel.

La comparaison fait aussi constater que a_m est comprise entre l'accélération au début du mouvement et celle à la pause ; la vraie valeur de l'accélération du mobile varie à chaque instant (sauf pour le mouvement uniformément varié qui sera étudié séparément plus tard).

e) Autres possibilités :

On peut aussi concevoir d'autres exercices en recueillant des données dans ce logiciel puis cacher ou faire trouver une ou plusieurs variables suivant le type d'exercice qu'on veut élaborer, ou aussi utiliser un tableau à faire compléter par les apprenants...

III-3-2 Section 22 : interprétation graphique et détermination par dérivation graphique de l'accélération moyenne et de l'accélération instantanée.

a) Objectifs spécifiques :

L'apprenant doit savoir adapter la formule générale de l'accélération moyenne à la situation où le mobile possède la vitesse v_1 à l'instant t_1 et la vitesse v_2 à l'instant t_2 .

Il doit savoir interpréter et déterminer graphiquement la vitesse moyenne et la vitesse instantanée ainsi que la relation entre les deux.

b) Manipulation :

1. Bien lire les différentes notions et les instructions du logiciel.
2. Après l'animation, deux courbes montrant la vitesse instantanée et l'accélération instantanée sont affichées successivement. Introduire la valeur des deux instants t_1 et t_2 . une droite rouge passe par les deux points (t_1, v_1) .et (t_2, v_2) . La pente de cette droite donne l'accélération moyenne.
3. Bien suivre les instructions pour rapprocher t_1 de t_2
4. Noter à chaque fois les résultats
5. Interpréter et en donner une conclusion

c) Résultats

On peut avoir un tableau avec lequel on peut comparer les valeurs et tirer une conclusion sur la relation entre accélération moyenne et accélération instantanée.

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6
a_1						
a_2						
t_1						
t_2						
v_1						
v_2						
a_m						

Tableau 3: Tableau pour différentes valeurs pour les accélérations moyennes et des accélérations instantanées en différents points cliqués sur la courbe représentant $v = v(t)$ (rapprochement).

d) Conclusion attendue :

Plus on rapproche t_1 de t_2 , plus l'accélération moyenne a_m tend vers l'accélération instantanée a_2 (fixée).

III-3-3 cas d'un mouvement uniformément varié.

Cette partie n'est pas une section indépendante. Elle fait partie de la section traitant l'accélération moyenne et aussi celle de l'accélération instantanée.

Nous parlons ici d'un mouvement uniformément varié où l'accélération est constante au cours du temps.

a) Objectifs spécifiques

L'apprenant doit savoir :

- les caractéristiques d'un mouvement uniformément varié.
- Que l'accélération moyenne et l'accélération instantanée sont identiques et constantes pour un mouvement uniformément varié.
-

b) Manipulation :

Des consignes, surtout pour les apprenants n'ayant pas encore les notions sur l'accélération et la nature de la variation du mouvement sont préalablement données :

Accélération initiale $a_0 = \text{constante (au choix)}$

Accélérateur (variateur de l'accélération) $k = 0$

- Lancer le mobile sur la piste et observer son évolution
- Faire plusieurs pauses et comparer les valeurs de v_0 et de v à chaque pause ainsi que celles de a_0 et de a jusqu'à la fin du mouvement. Conclusion ?
- Calculer a_m par la formule habituelle (étape qui peut être sauté)
- Suivre les différentes étapes dans la partie interprétation et détermination graphique.

c) Conclusions attendues :

En principe, les apprenants devraient trouver eux-mêmes les autres propriétés du mouvement uniformément varié et la relation entre l'accélération moyenne et l'accélération instantanée pour ce type de mouvement. Voici ces résultats

- Le mouvement du mobile devient de plus en plus vite : sa vitesse augmente ou diminue uniformément.

- L'accélération reste constante au cours du temps pour un mouvement uniformément varié.
- L'accélération moyenne et l'accélération instantanée sont identiques et constantes pour un mouvement uniformément varié

III-3-3 section 13 : détermination par intégration graphique de la distance parcourue entre deux instants t_1 et t_2

a) Objectifs spécifiques :

L'apprenant doit être capable :

- de savoir la signification et l'application de l'intégrale définie entre deux bornes d'intégration (analytiquement et graphiquement)
- de déterminer la distance parcourue entre deux instants en utilisant la méthode d'intégration graphique

b) Manipulation

Pour les classes de niveau plus bas, on peut commencer par une intégration graphique simple :

Avec un mouvement uniforme, la courbe donnant $v = v(t)$ est *une droite horizontale* ; l'intégration graphique entre deux instants t_1 et t_2 revient à calculer la surface d'un rectangle de base $(t_2 - t_1)$ et de hauteur v_0 (vitesse initiale qui reste inchangée au cours du mouvement

$$S = v_0 \cdot (t_2 - t_1)$$

Avec un mouvement uniformément varié (avec une accélération constante), la courbe de $v = v(t)$ est *une droite inclinée* ; l'intégration graphique entre deux instants t_1 et t_2 revient à calculer la surface d'un trapèze de largeur $(t_2 - t_1)$, de grande base et de petite base v_1 et v_2 :

$$S = .1/2 \cdot (v_1 + v_2) \cdot (t_2 - t_1)$$

On doit alors choisir les variables fixes initiales (a_0 , v_0 , t_0 , x_0 , k) en fonction de la nature du mouvement désiré.

Pour les classes avancées qui ont déjà eu les notions de primitives et intégrales définies, on peut aborder des cas plus généraux.

Exemple 1

1) Introduire les paramètres initiaux :

Accélération initiale $a_0 = 1$

Vitesse initiale $v_0 = 5$

Accélérateur $k = 2$

Instant initial $t_0 = 0$

Limite du mouvement à gauche $L_g = 0$

Limite du mouvement à droite $L_d = 100$

Position initiale $x_0 = 0$

2) Observer bien le mouvement du mobile. Il va de plus en plus vite de l'extrême gauche à droite.

3) Introduire les deux bornes d'intégration t_1 et t_2

$t_1 = 2$ $t_2 = 5$

4) Choisir un nombre de trapèze $N_{\text{int}} = 5$; puis $N_{\text{int}} = 20$ et pour terminer, avec $N_{\text{int}} = 100$ pour pouvoir faire une comparaison entre les valeurs de la distance parcourue obtenues avec ces nombres de trapèzes choisis et éventuellement une comparaison avec la valeur obtenue analytiquement.

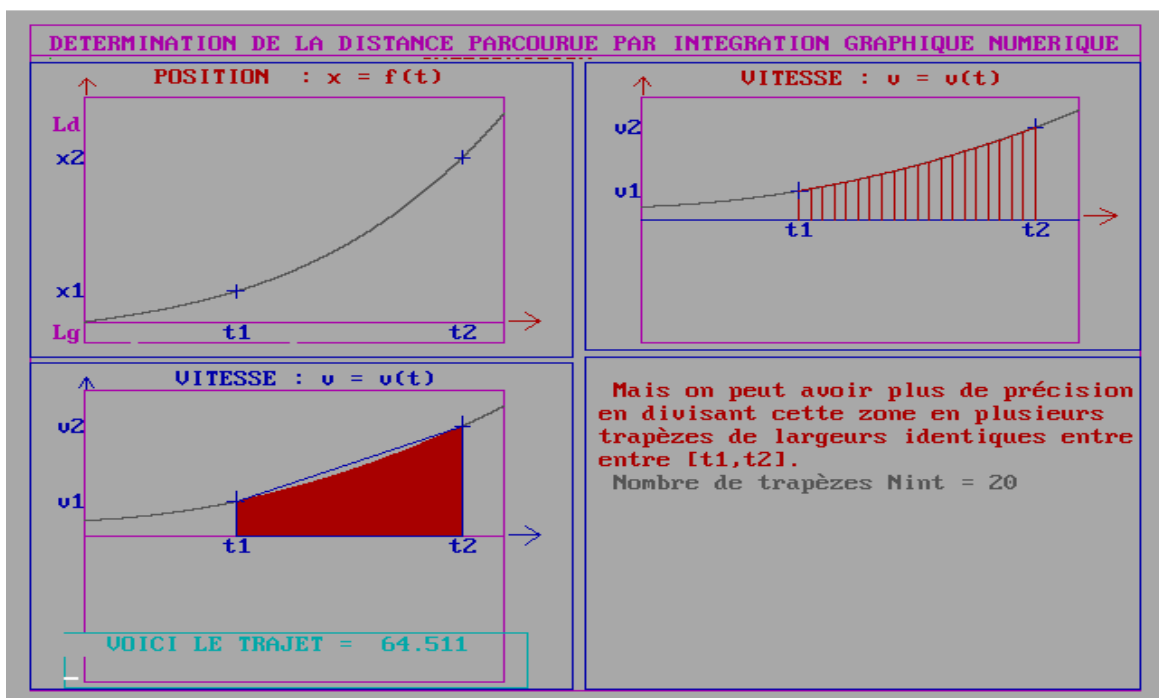


Figure 29: écran indiquant l'intégration graphique pour l'exemple 1

5) Détermination analytique.

La fonction du temps v qui a pour image $v = v(t)$ est une fonction polynôme ; Dans notre cas, $v(t) = \frac{1}{2}k \cdot (t - t_0)^2 + a_0 \cdot (t - t_0) + v_0$

En remplaçant k , a_0 , t_0 , v_0 , par les valeurs prises dans cet exemple, on a :

$$v(t) = t^2 + t + 5$$

Son intégration n'est pas trop difficile. $D = \int_{t_1}^{t_2} v(t) = \int_2^5 t^2 + t + 5$

On trouve après calcul que la distance parcourue est **D = 64,5**

6) Résultats donnés par le logiciel:

Pour Nint = 5 , on trouve D = 64,680
 Si on utilise Nint = 20 , on trouve D = 64,511
 Si on utilise Nint = 100 , on trouve D = 64,5

7) Interprétations attendues :

Plus on augmente Nint, plus on se rapproche de la valeur théorique de la distance parcourue D : l'erreur due à l'approximation est de plus en plus petite.

L'intégration graphique par la méthode des trapèzes est donc efficace si on choisit un nombre de trapèze suffisamment élevé de petites trapèzes de hauteurs identiques.

Exemple 2 :

Ce qui est plus intéressant avec cette méthode, c'est de pouvoir choisir deux instants quelconques avec un mouvement comportant par exemple un aller et retour .comme les mouvements périodiques ou une projectile lancé vers le haut et qui retombe. On peut obtenir facilement la distance parcourue indépendamment de la trajectoire suivie ou de la variation du mouvement pendant cet intervalle de temps.

Prenons comme exemple le mouvement de va et vient suivant:

a₀ = 2	t₀ = 0		Lg = 0
v₀ = 12	x₀ = 0	K = - 2	Ld = 100

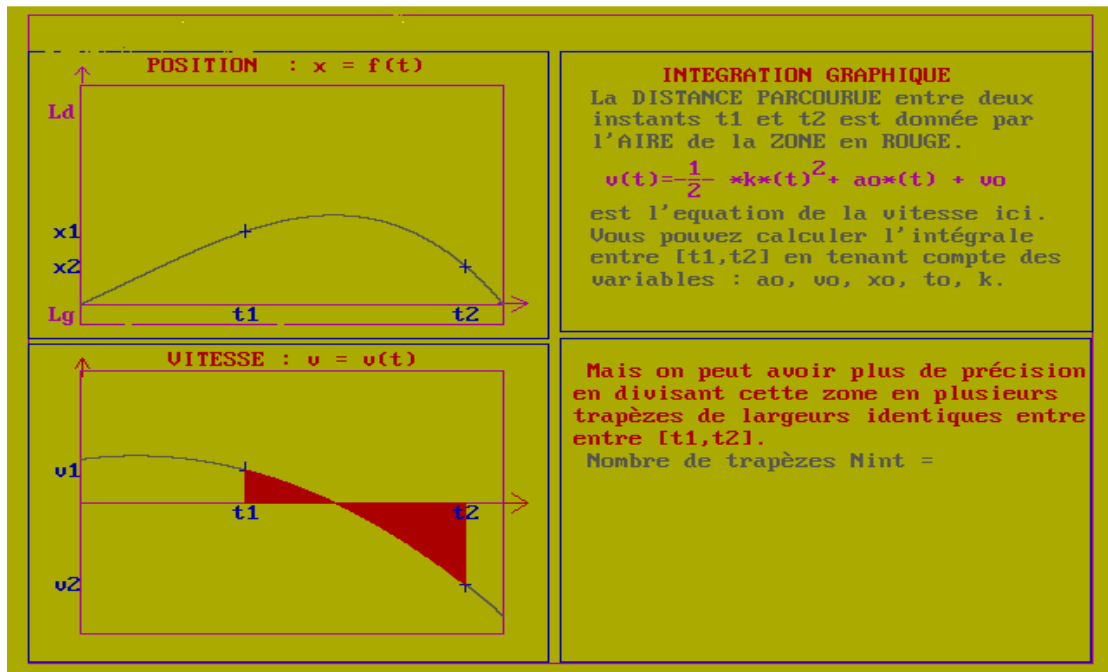


Figure 30: fenêtre illustrant une intégration graphique avec un aller et retour du mobile sur la piste.

Avec un nombre d'intervalle assez grand $N_{int} = 100$ par exemple, on obtient la distance parcourue entre $t_1 = 3$ et $t_2 = 7$ est **$D = 33,164$**

Avec $N_{int} = 200$ cette distance est toujours **$D = 33,164$**

Pourtant, cette distance ici n'est plus obtenue facilement par un simple calcul de **$D = x_2 - x_1$** car on a ici un mouvement aller et retour sur la piste

c) Conclusion :

Si on dispose de la courbe donnant la vitesse en fonction du temps **$v = v(t)$** , on peut facilement avoir la distance parcourue par le mobile entre deux instants par l'intégration graphique numérique. Parfois, il y a des cas faciles à déterminer même par un simple calcul analytique mais il faut savoir aussi qu'il existe des cas délicats comme dans l'exemple 2.

Cette méthode est avantageuse surtout dans le cas d'un mouvement comportant un ou plusieurs allers et retours comme les mouvements périodiques ou les projectiles lancés vers le haut.

Cette section a, elle aussi une importance particulière parce qu'elle permet d'illustrer une notion abstraite de mathématique et de voir son application en physique.

III – 4 conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis d'illustrer une autre notion de mathématiques très utilisée et de voir son application en physique : « l'intégration ». Cela grâce à l'interprétation et la détermination par intégration graphique de la distance parcourue. Nous avons vu aussi une technique efficace pour l'évaluation numérique d'une intégrale par la méthode des trapèzes.

La partie concernant le calcul de l'accélération moyenne et de l'accélération instantanée permet d'avoir l'ordre moyen de grandeur de l'accélération tout au long du trajet mais aussi de faire la différence entre l'accélération moyenne et l'accélération instantanée.

CHAPITRE IV

MOUVEMENT ACCELERE

MOUVEMENT DECELERE

MOUVEMENT UNIFORME

IMMOBILITE

Chapitre IV :

MOUVEMENT ACCELERE - MOUVEMENT DECELERE – IMMOBILITE MOUVEMENT UNIFORME

IV-1 ETUDE THEORIQUE

IV-1-1 Notion d'accélération dépendante du temps : $a=a(t)$

En général, on peut rencontrer des mouvements dont l'accélération n'est ni nulle (cas d'un mouvement uniforme) ni constante (cas d'un mouvement uniformément varié). Nous pouvons simplement appeler « mouvement varié » ces types de mouvement.

On peut rencontrer ces mouvements variés en faisant l'étude dynamique d'un système dont certaines forces varient au cours du temps.

Par exemple :

Les forces de frottement (de l'air, de l'eau, du plan de glissement...) dépendent en général de la vitesse de déplacement dans ces milieux ; or la vitesse est une fonction du temps t .

Pour le cas le plus simple et le plus courant, nous allons considérer le cas de l'accélération, fonction linéaire du temps t qui peut être croissante ou décroissante, de la forme :

$$a(t) = k.t + a_0$$

a_0 : accélération à l'instant initial

k : variateur de l'accélération.

k est un paramètre déterminant la nature de l'accélération

- Si $k > 0$, on a une accélération croissante
- Si $k < 0$, on a une accélération décroissante
- Si $k = 0$, on a un mouvement uniforme $a(t) = a_0 = \text{constante}$

IV-1-2 Nature d'un mouvement à un instant déterminé : accélération, décélération, immobilité, uniformité.

Le type de l'accélération (constante ou croissante ou décroissante) n'est pas le seul facteur nécessaire pour déterminer à un instant donné t la nature du mouvement à cet instant.

L'accélération, la décélération et l'immobilité d'un mouvement dans un repère donné sont déterminées par l'orientation du vecteur vitesse $\vec{v}$ et celle du vecteur accélération ; ces vecteurs n'ont pas généralement la même direction ni le même sens.

Il faut effectuer leur produit scalaire pour avoir la nature du mouvement :

- .Si $\vec{v} \cdot \vec{a} > 0$, on a un mouvement **accélééré**
- .Si $\vec{v} \cdot \vec{a} < 0$, on a un mouvement **décélééré**
- .Si $\vec{v} \cdot \vec{a} = 0$, on a un mouvement uniforme si $v \neq 0$
- .Si $v = 0$ et $a = 0$ on a une immobilité du système dans repère.

Dans notre cas qui est l'étude d'un mouvement de translation rectiligne, $\vec{v}$ et $\vec{a}$ sont colinéaires. Il suffit d'appliquer les résultats du produit scalaire suivants :

- .Si $\vec{v} \cdot \vec{a} > 0$, on a un mouvement rectiligne **accélééré**
- .Si $\vec{v} \cdot \vec{a} < 0$, on a un mouvement rectiligne **décélééré**
- .Si $\vec{v} \cdot \vec{a} = 0$ avec : $-v \neq 0$ mais $a = 0$, on a un mouvement **uniforme**
- $-v = 0$ et $a = 0$, on a une **immobilité**.

Les signes et valeurs de v et de a seront donc comparés à chaque instant pour connaître la nature de la variation du mouvement.

IV 2 ELABORATION DES PROGRAMMES

IV-2-1 Contenus

Cette activité qui fait partie des trois contenus du programme principal permet de faire connaître les différentes variations du mouvement. En terme d'observation et pour avoir un concept sur le sujet, voici les significations de chaque variation. Tout ce qui vient ici est relatif au repère d'étude considéré :

- On a une accélération lorsque le mobile se déplace de plus en plus vite.
- On a une décélération lorsque la vitesse de déplacement diminue au cours du temps
- On a un mouvement uniforme lorsque la vitesse de déplacement reste constante au cours du temps.
- On a une immobilité lorsque le système reste au repos par.

Cette activité comme les autres contient au début les notions à connaître pour déterminer la nature de la variation du mouvement à un instant considéré.

Ensuite il y a une partie animation où on peut prédéfinir le mouvement du mobile.

Les courbes de la vitesse, de l'accélération et de la position instantanée sur la piste sont affichées à la fin du mouvement.

En cliquant un point sur la courbe donnant la position instantanée $x = x(t)$, les valeurs de la vitesse et de l'accélération sont affichées. On peut alors appliquer les règles pour déterminer la nature de la variation du mouvement à cet instant.

Nous avons adopté cette démarche pour permettre aux apprenants d'apprendre à interpréter les différentes courbes en cinématique (la position, la vitesse, l'accélération instantanée) simplement en cliquant sur des endroits différents.

En donnant à l'aide du clavier du micro-ordinateur le chiffre correspondant à l'activité choisie, on y accède après validation.

Voici l'organigramme principal de cette activité:

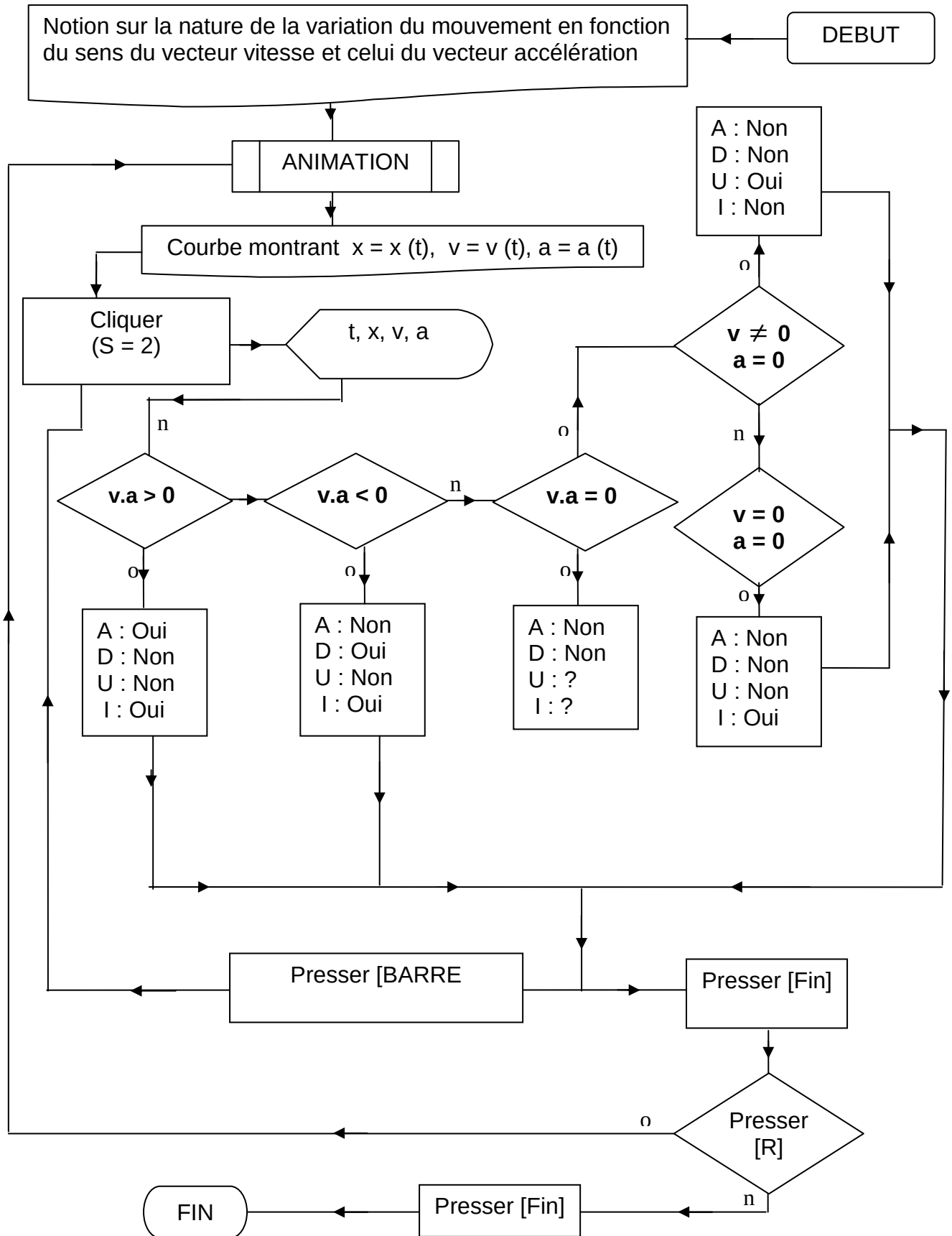


Figure 31: organigramme relative à l'activité 3 : les types de variation du mouvement

IV. 3- EXPLOITATIONS PEDAGOGIQUES

- Comme les autres activités, cette dernière qui concerne la nature de la variation du mouvement à une position ou un instant considéré ; comporte une partie d'initiation aux notions requises, la procédure d'animation et l'affichage des courbes.
- L'animation permet d'observer le mouvement sur la piste et d'avoir le mouvement en premier lieu des idées sur ce qu'est une accélération ou une décélération ou un mouvement uniforme ; l'immobilité est un concept déjà acquis de tout le monde.
- Avec les trois courbes représentants la position instantanée $x = x(t)$ sur la piste, la vitesse instantanée $v = v(t)$ du mobile et son accélération $a = a(t)$, nous pouvons vérifier les observations faites dans la partie animation, connaître les différentes étapes du mouvement et interpréter ces courbes.

Manipulation

La procédure d'animation de ce logiciel ne permet pas d'avoir à la fois une accélération, une décélération, une immobilité et une uniformité du mouvement du mobile. Il faut introduire les variables fixes initiales en accord avec chaque type de mouvement voulu. Mais quand même, on peut avoir à la fois une accélération et une décélération avec un mouvement comportant un va et vient du mobile sur la piste.

Voici des variables qui permettent d'avoir un tel mouvement:

a) Valeurs des variables fixes (paramètres du mouvement)

Accélération initiale $a_0 = 2$

Vitesses initiale $v_0 = 10$

Variation de l'accélération $k = -3$

Position initiale $x_0 = 0$

Instant initiale $t_0 = 0$

Limite à gauche du mouvement $L_g = 0$

Limite à droite du mouvement $L_d = 100$

a) Illustration :

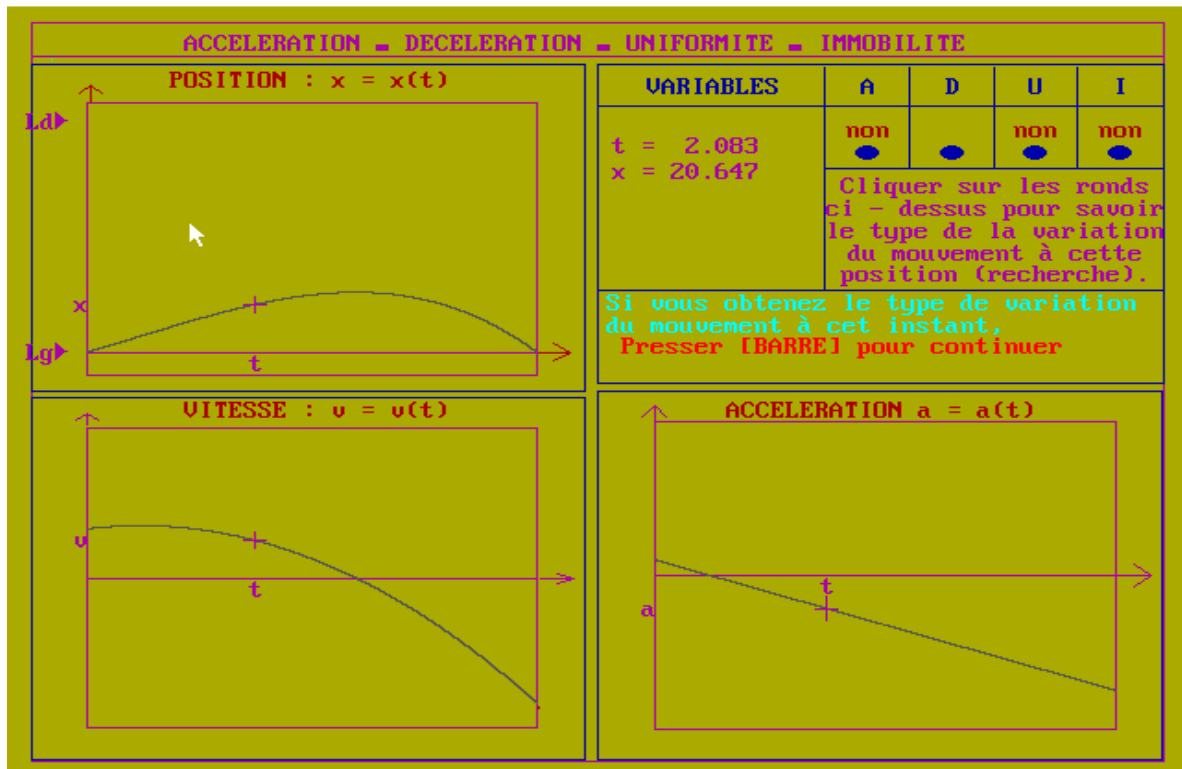


Figure 32: Ecran montrant les courbes pour un mouvement comportant un va et vient dans la manipulation concernant l'accélération, la décélération, l'uniformité et l'immobilité du mouvement.

b) Résultats :

On recueille sous forme de tableau les différentes valeurs des variables avec lesquelles on peut déterminer la nature de la variation du mouvement à telle position ou tel instant. On rappelle qu'on peut obtenir ces valeurs simplement en cliquant sur différents points de la courbe montrant $x = x(t)$.

Instant t					
Position x					
Vitesse v					
Accélération a					
Nature du mouvement à cet instant?					

Tableau 4: résultats obtenus pour déterminer les variations du mouvements à ces instants

c) Interprétation générale du mouvement sur tout le parcours du mobile :

L'interprétation de chaque courbe peut se faire à la demande du professeur et ceci sera suivi de ses compléments d'explication et ces directions.

Mais ce que nous proposons ici, c'est l'interprétation générale du mouvement sur tout le parcours du mobile.

Pour les classes de niveau avancé, on peut aussi faire une étude des signes de la vitesse et de l'accélération instantanée.

Voici les formes générales des équations horaires.

$$x = \frac{1}{6} k (t - t_o)^3 + \frac{1}{2} k (t - t_o)^2 + a_o (t - t_o) + v_o (t - t_o) + x_o$$

Avec les variables fixes initiales utilisées, cette équation devient :

$$x = -\frac{1}{2} t^3 + t^2 + 10 t$$

De ceci on obtient l'équation de la vitesse en dérivant une fois par rapport au temps :

$$v = -\frac{3}{2} t^2 + 2 t + 10$$

En dérivant une dernière par rapport à t on a :

$$a = -3 t + 2$$

Instant t (s)	0	2/3 = 0.666		10/3 = 3,333		T _f
Position x (m)	6,962		25,925		?	
Vitesse v (m/s)	10	+	11,258	+	0	- ?
	Marche avant				marche arrière	
Accélération a (m.s ⁻²)	2	+	0	-	- 7,999	- ?
v . a	2	+	0	-	0	+
Nature du mouvement	Accéléré	U		Décéléré	U	

Tableau 5: Tableau pour déterminer les signes de v . a pour savoir les variations du mouvement pendant le parcours

Pendant un bref instant, le mouvement est accéléré ; mais comme l'accélération est décroissante, dès qu'elle atteint des valeurs négatives, elle annule rapidement la

vitesse. La vitesse devient négative comme l'accélération et le mouvement devient accéléré mais dans le sens contraire au sens de déplacement précédent. Tout cela est bien visible sur les tracés des courbes dans la figure 31 précédente.

Voici une fenêtre qui permet de faire une autoévaluation mais aussi de renforcer les acquis dans le cours théoriques



Figure 33: Ecran donnant des notions pour une autoévaluation sur la nature du mouvement connaissant le signe du produit « $v \cdot a$ »

IV- 4 Conclusion du chapitre

Il est indéniable que le tableau des signes du produit $v \cdot a$ permet de savoir avec précision les variations du mouvement tout au long de son parcours. Cependant nous n'allons pas nous intéresser au calcul de ce produit scalaire et à l'étude de son signe tout au long du trajet car si on a un mouvement complexe, un simple clic sur différents points de la courbe de la vitesse instantané $v(t)$ permet de savoir la nature du mouvement à ce point. Cela peut très bien être exploité pour entraîner les apprenants à interpréter une courbe donnée

Au début, les apprenants, à force de manipuler de nombreuses et différentes valeurs sous la direction de l'enseignant sauront petit à petit programmer et donner les paramètres d'un mouvement mais aussi interpréter des courbes et des graphes.

Cette activité permet d'illustrer directement le cours sur les différentes variations du mouvement en fonction des sens ou du signe de la vitesse et celui de l'accélération instantanée du système étudié.

CONCLUSION GENERALE

La conception de ce didacticiel a pour but d'apporter une petite part de remblayage des lacunes dues aux manques d'illustrations des cours de sciences physiques. Cette science a pour objectifs d'éveiller chez les apprenants l'esprit scientifique et la capacité de comprendre et d'interpréter les phénomènes de la vie courante. Enseigner cette matière n'est pas un métier mécanique ordinaire et simple ; les enseignants doivent toujours chercher à améliorer les moyens surtout matériels pour les matières scientifiques. Nous avons choisi d'utiliser l'outil informatique, comme celui ci trouve déjà de nombreuses applications et apporte des avantages dans de nombreux domaines. En d'autres termes, nous introduisons la médiation informatique dans les relations d'enseignement.

Dans le chapitre I, autres les notions concernant les objectifs pédagogiques et la pédagogie nouvelle utilisée pour l'élaboration de ce didacticiel, on parle aussi de ses avantages et de ses limites, mais aussi des problèmes rencontrés dans l'intégration de la médiation informatique dans l'enseignement.

Le chapitre II sur la notion de vitesse est le plus étendu parmi les autres. C'est dans ce chapitre que sont données les parties qui sont communes aux différentes sections, à savoir :

- La présentation du programme principale
- Les messages d'erreurs et les remèdes correspondants
- La procédure d'animation, son but, les motifs de son choix son organigramme.

La notion de vitesse est l'activité 1 parmi les trois du programme principal et elle comporte 3 section distinctes :..

- La section 11 permet d'illustrer la notion de vecteur vitesse et ses caractéristiques

- La section 12 de l'activité 1 permet d'acquérir le concept et la différentiation entre la vitesse moyenne et la vitesse instantanée, la capacité de calculer la vitesse moyenne entre deux instants et le cas pour un mouvement uniforme (recherche dirigée).

- La section 13 concerne l'interprétation et la détermination par dérivation graphique de la vitesse instantanée.

Ce chapitre a permis d'illustrer une notion de mathématiques très utilisée et de voir son application en physique : « *la dérivée et sa signification graphique* ».

Le chapitre III traitant la notion d'accélération comporte aussi trois sections. Les sections concernant l'accélération moyenne et l'accélération instantanée ainsi que leurs déterminations par dérivation graphique est très similaires aux section 12 et 13 dans la notion de vitesse. Mais il y a dans ce chapitre une section intéressante concernant *l'interprétation et la détermination par intégration graphique numérique de la distance parcourue entre deux instants choisis*.

Si on dispose de la courbe donnant la vitesse en fonction du temps $v = v(t)$, on peut facilement avoir la distance parcourue par le mobile entre deux instants par l'intégration graphique. Parfois, il y a des cas faciles à déterminer même par simple calcul analytique mais les distances sur un parcours difficile comportant par exemple un ou plusieurs allers et retours peuvent être obtenues facilement ici.

Cette méthode est donc avantageuse surtout dans le cas d'un mouvement comportant un ou plusieurs allers et retours comme les mouvements périodiques.

Ce chapitre a permis d'illustrer une autre notion de mathématiques très utilisée et de voir son application en physique : « *l'intégration et sa signification graphique* » cela grâce à la détermination par intégration graphique de la distance parcourue. Nous avons pu aussi montrer une technique efficace pour l'évaluation numérique d'une intégrale par la méthode des trapèzes.

La partie concernant le calcul de l'accélération moyenne et de l'accélération instantanée permet d'avoir l'ordre de grandeur et un concept de différentiation entre la première et cette dernière.

Le dernier chapitre concerne une activité permettant d'illustrer le cours sur les différentes variations du mouvement en fonction des sens ou des signes de la vitesse et de l'accélération instantanée du système étudié.

Il est indéniable que le tableau des signes de « $v.a$ » permet de savoir avec précision les variations du mouvement tout au long de son parcours mais il y a des

mouvements complexes dont les courbes donnant $v = v(t)$ et $a = a(t)$ suffisent pour déterminer ces variations avec des simples clics sur différent points

Au début les apprenants, à force de manipuler de nombreuses et différentes valeurs sous la direction de l'enseignement sauront petit à petit programmer un mouvement à volonté et aussi interpréter des courbes et des graphes.

Nous avons essayé d'exploiter au mieux les possibilités du logiciel de programmation **true basic version 3.0** : facilité de faire des calculs scientifiques, le traçage des courbes et l'animation. Mais actuellement, il y a déjà des logiciels beaucoup plus développés pour faire des choses encore plus spectaculaires notamment sa famille **visual BASIC** qui permet d'utiliser des outils et des programmes déjà avancés et prêts à l'emploi comme la gestion des fenêtres, l'utilisation de la souris, l'utilisation du système d'exploitation XP et ses versions postérieures....Mais ici, nous ne regrettons pas d'avoir utilisé *true basic version 3.0* car cela nous a permis de savoir par exemple, comment une fenêtre de Windows a été créé ou comment programmer les clics d'une souris pour accomplir une tâche. Cependant nous avons l'intention d'améliorer ce programme avec les logiciels plus récents compatibles avec le système d'exploitation XP et ses versions postérieures afin de mettre à l'aise les utilisateurs.

Avec ce mémoire, on peut dire que nous avons acquis la base nécessaire pour aller encore plus en avant dans la recherche sur la conception l'utilisation des logiciels dans l'enseignement ici à Madagascar pour améliorer la formation et l'enseignement.

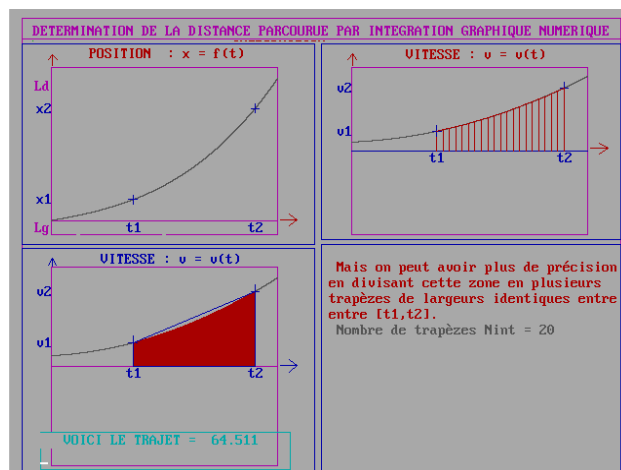
Nous espérons recevoir les soutiens et l'encouragement à continuer de tout ceux qui sentent avoir une envie de promouvoir la qualité de l'enseignement et que notre travail soit suivi et amélioré par les promotions qui suivent qui, surement disposeront de matériels plus évolués. Les critiques d'ajustement et de perfection seront reçues à cœur ouvert

BIBLIOGRAPHIE

- [1]- RAHARINIRINA, L. Etude des lentilles minces sur micro-ordinateur. Mémoire de fin d'études, CER Physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo, 2002.
- [2]- RASOANAIVO, R. Y. Analyse numérique et programmation : Antananarivo, ENS.
- [3]- ELAMINE, A. Simulation sur micro-ordinateur du système terre lune par rapport au soleil. Mémoire de fin d'études, CER Physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo, 2004
- [4]- HAMELINE, D. Les objectifs pédagogiques en formation initiale et formation continue. Suivi de l'éducation et l'action sensée, PARIS : ESF, 1995
- [5]- MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE ET DE L'EDUCATION DE BASE (MINISEB). Programme scolaire classe de Seconde, Antananarivo : UERP1996
- [6]- MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE ET DE L'EDUCATION DE BASE (MINISEB). Programme scolaire classes de première, Antananarivo : UERP, 1997
- [7]- MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE ET DE L'EDUCATION DE BASE (MINISEB). Programme scolaire classes de terminale, Antananarivo : UERP, 1998
- [8]- RAZAFIMBEDO, J., Le mémoire de fin d'études au CER Physique chimie. Séminaire d'initiation à la recherche, 2004, pp 1-5
- [9]- LANTOARIMANANA, H. Simulation sur micro-ordinateur : Etudes d'un système glissant sur un double plan incliné. Mémoire de fin d'études, CER Physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo, 2002.
- [10]- RANDRIAMBOLOLONA, J. R. Etude sur micro-ordinateur d'un mouvement d'un solide : glissement sur un plan incliné et chute dans l'air avec vitesse horizontale. Mémoire de fin d'études, CER Physique Chimie, ENS, Université d'Antananarivo, 2002.
- [11]- BRAMAND, P. FAYE, THOMASIER, P. Physique Terminale C : Paris, Hachette, 1983.
- [12]- COLLECTION EURIN-GIE. Physique seconde : Paris, Hachette 1987
- [13]- COLLECTION EURIN-GIE. Physique Première S et E : Paris, Hachette 1987
- [14]- KEMEN, J. G., KURTZ, T. E. True Basic. Reference manual. Expanded guide to version 3.0 : Microsoft Basic, 1991
- [15]- BERBAUM, J. Développer la capacité d'apprendre PARIS : ESF, 1995
- [16]- [http : // www.physicslab.co.uk](http://www.physicslab.co.uk)
- [17]- BRAMAND, P. FAYE, THOMASIER, P. Physique 1^{ère} S et E : Paris, Hachette, 1982.
- [18]- BRAMAND, P. FAYE, THOMASIER, P. Physique Terminale D : Paris, Hachette, 1983.
- [19]- Liste des titres des mémoires de fin d'études dans la filière Physique chimie de l'ENS d'Antananarivo, centre de documentation de l'ENS

RESUME

Ce mémoire consiste en la conception et la réalisation d'un didacticiel de cinématique pour remblayer les lacunes dues aux manques ou insuffisances d'illustrations des cours de sciences physiques et de travaux pratiques. Ce dernier traite principalement les notions de base : vitesse, accélération et les différentes variations du mouvement d'un système). Ce logiciel comporte aussi des parties pour illustrer sur l'écran d'un micro-ordinateur les notions de mathématiques comme la dérivation et l'intégration graphique numérique utilisées en cinématique



ABSTRACT

The present dissertation consists in the conception and realization of a teaching kinematics software. The latter aims at filling the gaps due to both, lack of illustrations and practical experiences in physics course. It mainly deals with basic notions including: speed, acceleration and different motion variations (acceleration, deceleration, immobility and uniformity of a system motion). Moreover, parts of the program illustrate on a computer screen mathematical notions such as graphic dérivation and numerical intégration which are generally used in kinematics.

Auteur : **M. ANDRIATIANA Herinirina**

Adresse : lot 514 G 35 Ambalavato
110 ANTSIRABE

TITRE DU MEMOIRE:

**REALISATION D'UN DIDACTICIEL
DE NOTIONS DE BASE DE
CINEMATIQUE**

Directeur de mémoire :
M. RASOANAIVO René Yves
Maitre de conférences

Nombre de pages : 69
Nombre de figures : 32
Nombre de tableaux : 05

Mots clés :

Logiciel, didactique, cinématique, dérivation graphique, intégration, graphique, courbes, médiation informatique