Formation aux TICE : Concevoir un dispositif d'enseignement autour d'un fichier rétroprojetable

J. DELGOULET, D. GUIN, J. SALLES
IREM de Montpellier

Malgré une volonté institutionnelle affirmée depuis le plan Informatique pour tous (1985), l'intégration des outils informatiques dans l'enseignement reste actuellement relativement *marginale*. Il faut constater que les premières expériences d'intégration des TICE étaient souvent basées sur des hypothèses qui se révélèrent *trop optimistes*. Par exemple, on espérait que le calcul symbolique permettrait de dégager l'élève des aspects liés aux techniques calculatoires pour l'aider à de centrer sur la signification des concepts, et ainsi favoriserait un fonctionnement de l'élève plus *réflexif et conceptuel*. En outre, des logiciels tels que DERIVE ou CABRI pouvaient permettre de développer chez les élèves une approche *expérimentale* des mathématiques en offrant la possibilité d'explorer des propriétés mathématiques et d'émettre des conjectures.

Les expérimentations menées dans les classes ont mis en évidence des difficultés inattendues de la part des élèves, mais aussi des enseignants ; cette période a permis de formuler des hypothèses plus fines pour les recherches à venir et de cerner plus précisément certains obstacles à l'intégration identifiés auparavant dans [Artigue 95]. En particulier, M. Artigue a mis en évidence que les caractéristiques des logiciels contraignent les possibilités d'interaction avec les objets mathématiques et *conditionnent* fortement les mathématiques qui peuvent être produites ou acquises. Nos propres recherches ont mis en évidence la difficulté, pour l'enseignant même « expert », d'exploiter ces contraintes pour élaborer des situations favorisant une réflexion mathématique, de gérer les problèmes qui surgissent dans cet environnement, et de faire le lien entre les connaissances produites dans l'environnement et les connaissances officielles. Ces éléments nous ont conduits à faire évoluer les situations expérimentées pour faciliter leur gestion dans la classe par l'enseignant [Guin & Delgoulet 96 ; Delgoulet 98].

Dans ces conditions, compte tenu des contraintes de temps des dispositifs actuels de formation à l'intégration des TICE qui se réduisent souvent à des stages ponctuels de deux à trois jours, que ce soit en formation initiale ou continue, les difficultés mises en évidence dans [Abboud 98 ; Bernard & al 97] ne sont pas surprenantes. La formation consiste le plus souvent à une initiation technique et une présentation de situations « clés en main » conçues par des enseignants « experts », dont les pratiques peuvent induire une remise en cause profonde des pratiques professionnelles des enseignants stagiaires. Dans le cadre de ces contraintes temporelles, le problème de transfert de ces pratiques innovantes ne peut se résoudre. Compte tenu de ces difficultés, qui ne sont pas spécifiques à notre pays, il est nécessaire de concevoir de *nouveaux dispositifs* qui puissent permettre aux enseignants de franchir plus aisément les obstacles à l'intégration [Guin 99].

De nouveaux dispositifs de formation facilitant l'intégration : les scénarios

L'idée de constituer un *réseau évolutif* d'enseignants qui élaborent des scénarios d'usage pour des logiciels de géométrie à partir de propositions d' « experts » a été mise en œuvre aux USA avant même l'existence de la toile [Allen 92] ; un peu plus tard, pour faciliter le transfert d'innovations autour de Cabri-Géomètre, des formations à l'IUFM de Grenoble et Lyon destinées aux PLC2 ont été conçues à partir de la construction de scénarios d'une durée de 6h, accompagnés de documents destinés aux formateurs et aux étudiants [Balacheff & al 96] ; plus récemment, des scénarios d'usage ont été élaborés à destination des enseignants désireux de réaliser des séquences d'enseignement intégrant la version de Cabri-Géomètre de la TI 92. Ces scénarios comportent la présentation d'une séquence avec ses objectifs, les documents élèves et des documents d'accompagnement pour faciliter la mise en œuvre par l'enseignant de la séquence [Laborde 99].

Concevoir un dispositif d'enseignement intégrant la rétroprojection d'une *figure animée*

Contrairement aux nouveaux dispositifs que nous venons d'évoquer, dans cette situation, les élèves ne manipulent pas les logiciels par eux-mêmes, c'est uniquement l'enseignant qui manipule, en classe entière, le fichier rétroprojetable.

La rétroprojection dans la classe, par le biais d'un ordinateur, d'une ***figure animée*** conçue avec un logiciel mathématique, apparaît comme un véritable outil pédagogique du fait de nombreux atouts, parmi lesquels :

- l'interactivité, permise par la présence d'objets mobiles sur la figure, avec ses trois pôles, élèves, objet rétroprojeté, professeur ;
- le dialogue au sein de la classe, suscité par les réactions des élèves à la situation rétroprojetée, conduisant à la formulation de conjectures, elle même facilitant l'émergence d'un débat en vue de les réfuter, ou bien de les consolider, voire dans certains cas de les valider .

Chaque *figure animée* rétroprojetée est accompagnée : d'un scénario d'usage comportant une fiche de présentation, qui décrit le type d'activité, l'intention, la figure et les actions possibles, un document-professeur et un document-élève. La présence d'un document-élève dans chaque séquence résulte de l'intention d'articuler l'intervention collective de l'ordinateur et l'activité individuelle des élèves. Ce document comporte une ou plusieurs activités papier-crayon qui prennent place en amont, au cours ou en aval de l'utilisation du fichier rétroprojetable : après un temps de recherche individuelle, l'animation sur l'ordinateur permet un échange d'observations, conjectures… que les élèves peuvent prendre en compte lors d'un nouveau temps de travail individuel.

Deux exemples de séquences, l'une pour le collège, l'autre pour le lycée, expérimentées au cours de l'année 1999-2000, sont présentées en annexe : *angle inscrit* et *interpolation linéaire - modélisation*.

La séquence *angle inscrit,* destinée à des élèves de collège en classe de troisième, apporte une aide à la conjecture des théorèmes de l'angle inscrit et de l'angle au centre associé ; elle souligne le privilège du cercle (par rapport à d'autres ensembles de points) dans les comparaisons d'angles liées aux situations de ces théorèmes.

La séquence *interpolation linéaire – modélisation*, présentée en classe de seconde, fournit une approche de la notion d'interpolation. Elle nécessite la connaissance préalable de la notion de fonction (généralités) et celle des fonctions de référence usuelles en seconde, pour lesquelles une reconnaissance d'allure graphique est attendue.

Formation à ce dispositif d'enseignement

L'objectif primordial visé est la *participation active* à l'élaboration du dispositif d'enseignement, avec une réduction volontaire des aspects techniques par la mise à disposition des fichiers rétroprojetables et la possibilité de centrer les échanges sur un travail pédagogique d'intégration, plutôt que sur de seules ressources informatiques.

La formation s'étale sur une année scolaire ; les échanges sont réalisés en présentiel (cinq réunions) et par courrier électronique.

Le premier volet de la formation comprend une prise en mains des logiciels mathématiques avec lesquels ont été élaborés les fichiers rétroprojetables (Cabri-géomètre et Geospace), suivie d'une présentation du dispositif à travers une séquence d'enseignement (*figure animée* rétroprojetable et scénario d'usage) permettant à chaque enseignant d'en réaliser une première appropriation.

L'ensemble du fichier informatique est alors confié à chaque enseignant, chargé d'expérimenter un certain nombre de séquences. L'expérimentation comporte plusieurs étapes : découverte de la séquence et analyse a priori, à l'aide d'indicateurs portant sur la lisibilité du document et des différentes fiches, la façon dont la figure s'intègre dans la progression, le déroulement de la séquence, la modification de la gestion de la classe ; utilisation en classe des documents-élèves et de la *figure animée* rétroprojetable ; analyse a posteriori, à l'aide des mêmes indicateurs. Un compte-rendu d'expérimentation est ainsi construit pour chaque séquence.

Le deuxième volet de la formation consiste à mettre en place un *travail coopératif*. Pour chaque séquence, une synthèse collective des comptes-rendus d'expérimentation est réalisée, avec une analyse des difficultés rencontrées et une évaluation de la pertinence de l'utilisation du dispositif d'enseignement intégrant des fichiers rétroprojetables. Cette synthèse conduit à faire évoluer la séquence. Les nouvelles séquences envisagées sont progressivement élaborées, en prenant en compte les difficultés observées.

Le troisième volet de la formation a pour objet une discussion sur les pratiques induites par le nouveau dispositif d'enseignement. L'utilisation de la rétroprojection crée des interactions, suscite le dialogue au sein de la classe ; le rôle de l'élève, impliqué directement dans un temps de recherche individuel et d'échange, est valorisé ; il en résulte une modification de la gestion de la classe et l'on peut observer des répercussions sur les stratégies d'apprentissage et de recherche (repérer un cas particulier et l'utiliser, repérer des invariants, repérer des propriétés locales et globales, mettre en relation différents cadres, utiliser un exemple ou un contre exemple…), ainsi que sur les compétences transversales (interpréter ce que l'on voit, se saisir de la question, anticiper, décrire des situations, les distinguer, les classer, écouter, s'exprimer, argumenter …)

Après avoir animé, lors d'années précédentes, des stages (d'une durée de deux à trois jours) de formation à l'utilisation en classe de logiciels mathématiques, il nous semble que la formation conduit à une meilleure intégration et présente donc une efficacité accrue, lorsqu'elle s'inscrit dans la durée, bénéficie d'un accompagnement et rend chaque enseignant acteur de sa propre formation.

En conclusion, ce dispositif présente à nos yeux l'avantage de pouvoir être proposé à des enseignants motivés pour essayer d'intégrer les nouvelles technologies dans leur enseignement, sans pouvoir nécessairement y consacrer un temps très important, tout en ayant l'assurance d'un accompagnement dans cette phase d'intégration.

Vers un suivi de formation à distance

Dans le cadre du projet SFODEM (Suivi de FOrmation à Distance d'Enseignants de Mathématiques) de l'IREM de Montpellier, un suivi de formation à distance s'adressera aux enseignants ayant participé auparavant à la formation décrite ci-dessus afin de les *accompagner* de manière continue dans une intégration effective de l'outil informatique dans leurs classes. Ce projet, qui débutera en octobre 2000, s'inscrit dans le cadre d'un partenariat entre l'IREM, le CRDP et l'IUFM de Montpellier, la plate-forme utilisée est mise à disposition par le CNAM. Les outils de communication à distance permettront d'une part un travail coopératif sur l'expérimentation et l'évolution des dispositifs proposés par le groupe tuteur, nécessaire à leur adaptation pour chaque enseignant et d'autre part une aide logicielle, plus technique, grâce aux compétences de chacun. A partir des données recueillies par les enseignants dans leurs classes, les scénarios d'utilisation pourront être discutés et modifiés de manière interactive. A plus long terme, l'objectif de ce projet SFODEM, qui porte également sur d'autres thèmes de formation, est de dégager une architecture plus générale pour la conception de suivis de formation à distance.

REFERENCES

[Abboud 98] : Réflexion sur la formation des enseignants à l'utilisation de logiciels dans leur enseignement, *Faire des Mathématiques avec un système de calcul formel, MEN DT et DESCO, CRDP de Champagne-Ardennes, volume 1*, 137-154.

[Allen 92] : L'intégration de l'ordinateur dans l'enseignement de la géométrie en tant que projet de formation continue, Séminaire de didactique, *IREM de Rennes*.

[Artigue 95] : Une approche didactique de l'intégration des EIAO à l'enseignement, in *Environnements informatiques d'apprentissage avec ordinateur*, Guin D., Nicaud J.-F.& Py D. (eds), Paris, Eyrolles,17-28.

[Balacheff, Jaffard & Rollet 96] : Un cadre d'études des conditions de transfert d'innovations : le cas de Cabri-géomètre, in *Informatique et éducation : regards cognitifs, pédagogiques et sociaux*, G-L Baron & E. Bruillard (eds), INRP, 21-30.

[Bernard, Faure, Nogues & Trouche 97] : L'intégration des calculatrices dans la formation initiale de maîtres, *IREM de Montpellier.*

[Delgoulet 98] : Introduction des fonctions en seconde à l'aide de la TI 92, *Actes du colloque Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques*, Guin D. (ed*), IREM de Montpellier*, 267-272.

[Guin & Delgoulet 96] : Etude des modes d'appropriation de calculatrices graphiques et symboliques dans une classe de seconde, *IREM de Montpellier*.

[Guin 99] : Intégration des outils de calcul symbolique dans l'enseignement des mathématiques : comment concevoir une formation mieux adaptée?*, Actes de l'université d'été "Les défis que doit relever la formation des enseignants en mathématiques"*, Marseille.

[Laborde 99] : Vers un usage banalisé de Cabri-géomètre avec la TI 92 en classe de seconde : analyse des facteurs de l'intégration, *Actes du colloque Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques*, Guin D. (ed*), IREM de Montpellier*, 79-94.

[Salles 99] : TI 92 rétroprojetée, outil d'aide à l'introduction d'une notion, à la conjecture, à la découverte des propriétés, ... à partir de figures de base, *Actes du colloque Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques,* Guin D. (ed*), IREM de Montpellier*, 227-238.

ANGLE INSCRIT

Type : Aide à la conjecture d'un théorème

Nom : anglins.fig et wanglins.fig

Intention : Fournir une aide à la conjecture des théorèmes de l'angle inscrit et de l'angle au centre associé.

Description : Les fichiers contiennent trois figures accessibles avec Ctrl et la touche gauche de la souris sous Dos ou l'ascenseur sous Windows :

- Figure 1 : M est un **point mobile** sur une droite D parallèle au segment [AB] ; la mesure de l'angle $\widehat{AMB}$ est affichée.
- Figure 2 : M est un **point mobile** sur un carré de côté [AB] ; la mesure de l'angle $\widehat{AMB}$ est affichée.
- Figure 3 (voir ci-dessous) : M est un **point mobile** sur les arcs $\overset{\frown}{AB}$ d'un cercle de centre O ; la mesure de l'angle $\widehat{AMB}$ est affichée. L'angle au centre $\widehat{AOB}$ peut être visualisé avec un angle inscrit $\widehat{AMB}$ interceptant le même arc $\overset{\frown}{AB}$; les mesures des deux angles sont alors affichées.

On peut même prendre un point M libre dans le plan.

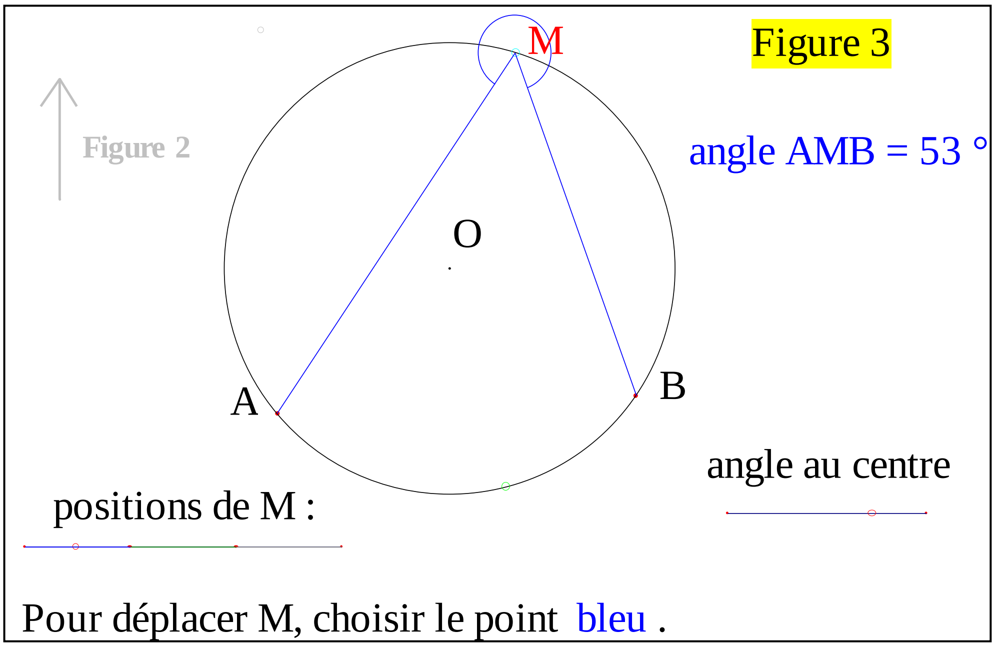
Actions possibles : Sur le curseur (Figure 3) :

On choisit la position de M : M appartient à l'un des arcs $\overset{\frown}{AB}$ ou n'appartient pas au cercle. Lorsque M appartient au cercle, un curseur permet de visualiser l'angle au centre et sa mesure.

Sur les points libres ou mobiles :

- en déplaçant le point M, on observe les variations de la mesure de l'angle $\widehat{AMB}$.
- en déplaçant A ou B sur le cercle (Figure 3), on peut modifier les mesures des angles $\widehat{AMB}$ et $\widehat{AOB}$.

Scénario possible : Voir pages suivantes.



ANGLE INSCRIT : document-professeur

Programme officiel
Compétences exigibles : Comparer un angle inscrit et l'angle au centre qui intercepte le même arc.
Commentaires : On généralise le résultat relatif à l'angle droit, établi en classe de quatrième. Cette comparaison permet celle de deux angles inscrits interceptant le même arc.

Prérequis : Savoir mesurer un angle avec un rapporteur.
Savoir que la somme des angles d'un triangle est égale à 180°.
Savoir que le sommet de l'angle droit d'un triangle rectangle se trouve sur le cercle ayant pour diamètre l'hypoténuse.

Activité *papier-crayon* précédant l'utilisation de la séquence rétroprojetée « angle inscrit »

Le but est d'amener l'élève à percevoir le problème de la construction de points M tels que l'angle $\widehat{AMB}$ a une mesure donnée, [AB] étant un segment fixé, puis de lui faire observer la mesure de ce même angle lorsque M décrit quelques ensembles de points (droite,…). La constance de cette mesure lorsque M décrit un arc de cercle devrait alors prendre plus de sens et paraître moins artificielle.

Les activités 1 et 2 proposent la construction de points M tels que $\widehat{AMB}$ ait une mesure remarquable donnée (60°, 45°, 180°, 0°…), [AB] étant un segment fixé.

L'activité 3 consiste à mesurer l'angle $\widehat{AMB}$ pour quelques points M appartenant à des ensembles de points donnés :

- droite (Figure 1)
- carré (Figure 2)
- cercle (Figure 3).

Le bilan de cette activité se fait à l'aide des animations réalisées avec le fichier anglins.fig décrit à la page précédente. On pourra aussi prendre un point M n'appartenant pas au cercle et observer la mesure de l'angle $\widehat{AMB}$.

La conjecture sur l'invariance de la mesure de l'angle $\widehat{AMB}$ se trouve confortée dans un premier temps par le déplacement du point M sur l'un des deux arcs $\overset{\frown}{AB}$, ensuite par le lien entre les mesures de l'angle inscrit $\widehat{AMB}$ et de l'angle au centre associé $\widehat{AOB}$.

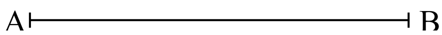
Paroles d'expérimentateurs :

"Les activités papier, en particulier l'activité 3 me paraissent tout à fait intéressantes, permettant certainement de mieux lier la constance de l'angle inscrit à l'arc de cercle par comparaison avec d'autres lignes de référence."

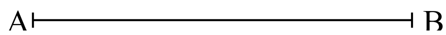
"Le fichier Cabri permet d'examiner un grand nombre de cas rapidement."

"Les élèves sont attentifs aux modifications du dessin et proposent des situations intéressantes (et si l'angle $\widehat{AOB}$ était rentrant ?)."

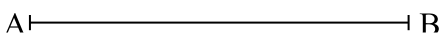
ACTIVITE 1 Construis trois points M tels que l'angle $\widehat{AMB}$ mesure : 60° (figure 1),
45° (figure2).



◂ fig 1
fig 2 ▸



ACTIVITE 2 Construis trois points M tels que l'angle $\widehat{AMB}$ mesure :
90° (figure 1), 180° (figure 2), 0° (figure 3).



◂ fig 1
fig 2 ▸

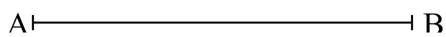
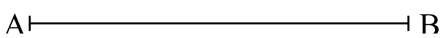


fig 3 ▾



Compléter les phrases suivantes :

Les points M tels que l'angle $\widehat{AMB}$ mesure 90° (figure 1) se trouvent ....
....

Les points M tels que l'angle $\widehat{AMB}$ mesure 180° (figure 2) se trouvent ....
....

Les points M tels que l'angle $\widehat{AMB}$ mesure 0° (figure 1) se trouvent ....
....

ACTIVITE 3 Sur chacune des figures ci-dessous, mesure l'angle $\widehat{AMB}$ lorsque M est en M_1, M_2, …, M_5 et note ces cinq mesures.

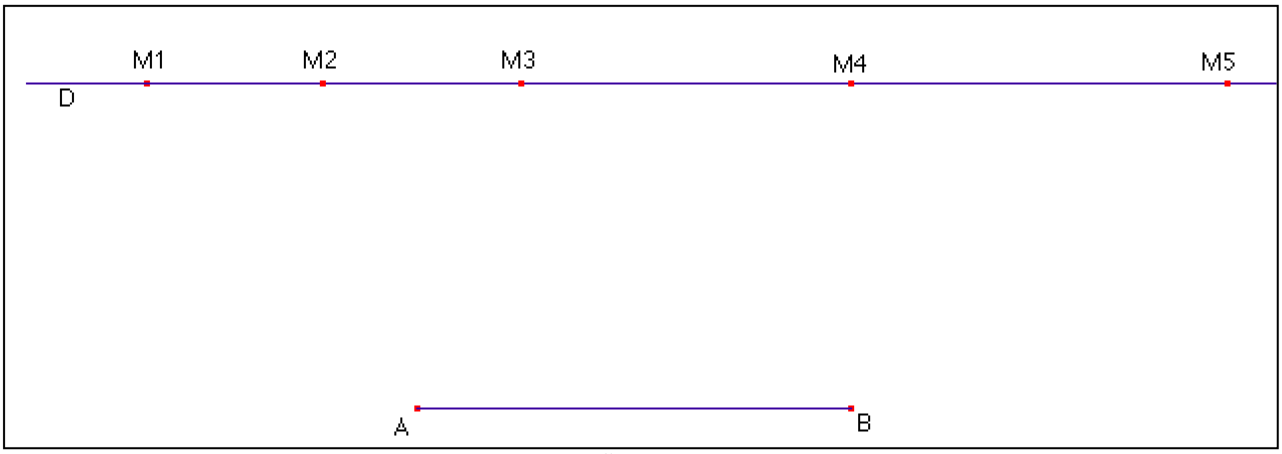


figure 1

Pour quelle position de M sur la droite D, l'angle $\widehat{AMB}$ semble-t-il avoir la plus grande mesure ?

....

....

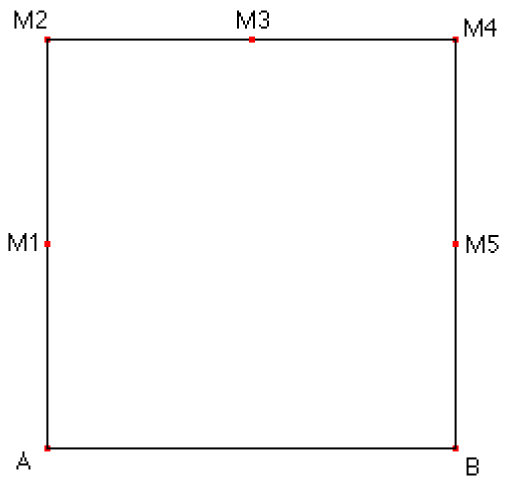


figure 2

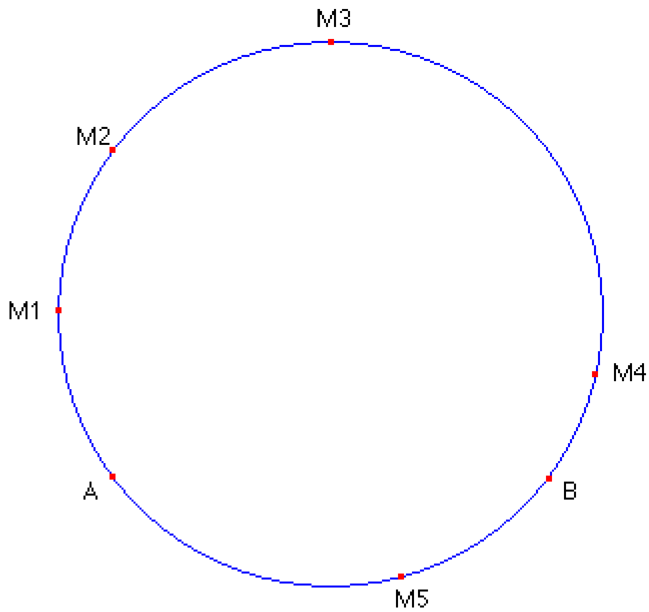


figure 3

Pour quelles positions de M sur le carré, l'angle $\widehat{AMB}$ semble-t-il avoir la plus grande mesure ?

....

....

....

Pour quelles positions de M sur le cercle, l'angle $\widehat{AMB}$ semble-t-il avoir la plus grande mesure ?

....

....

....

INTERPOLATION LINEAIRE MODELISATION

Type : Découverte d'une notion

Nom : interpol.fig

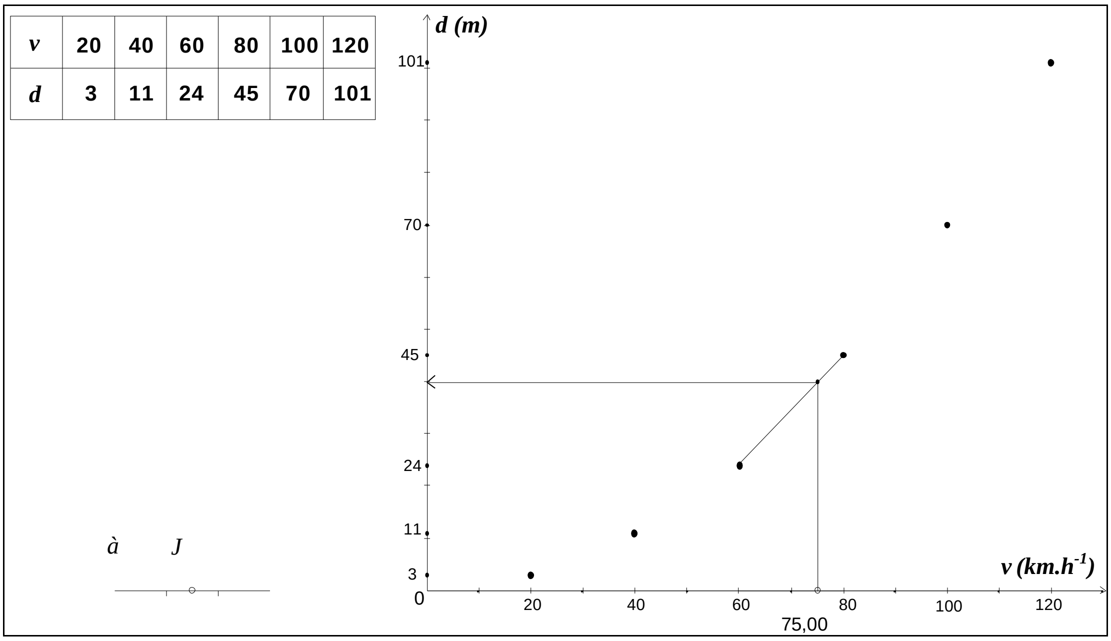
Intention : Présenter graphiquement la notion d'interpolation linéaire.
Ajuster la représentation graphique d'une fonction de référence à un nuage de points donnés dans un repère.

Description :

La figure présente un tableau de données et le nuage de points correspondant graphiquement à ce tableau (curseur en position 1).
En position 2 (écran ci-dessous), le curseur affiche le segment joignant les 3ème et 4ème points et présente le principe de l'interpolation linéaire.
En position 3 (écran suivant), la courbe d'équation $d = a.v^2$ s'affiche ; un nouveau curseur permet d'agir sur le coefficient réel *a* et donc de rechercher une approximation (aussi bonne que possible) du nuage de points par une parabole.

Actions possibles : Sur la vitesse *v* : la distance *d* correspondante apparaît par interpolation linéaire (curseur en position 2).

Scénario possible : Voir pages suivantes.



INTERPOLATION LINEAIRE MODELISATION : document-professeur

Prérequis : Savoir utiliser un tableau de proportionnalité ou calculer le coefficient directeur d'une droite.
Connaître « l'allure » des représentations graphiques des fonctions de référence en seconde (affine, carré, inverse, racine carrée).

Activité *papier-crayon* :

- On peut donner la question 1 à faire à la maison. La séance en classe débute alors par l'ouverture du fichier rétroprojeté (curseur en position 1) ; une autovérification des graphiques est ainsi réalisée très rapidement.

- Après avoir laissé les élèves s'exprimer sur la deuxième question, le passage du curseur en position 2 permet une mise au point sur le sens à donner à la question : quelle traduction graphique ? Les méthodes d'estimation de Δ sont débattues. On peut éventuellement intervenir sur l'index donnant la vitesse v pour commencer par une situation plus familière encore : « Quelle distance de freinage correspond à la vitesse 70 km.h^{-1} ? » (70 est le centre de l'intervalle [60,80].)

- La « forme » $d = a\,v^2$ (fonction de référence : x **Erreur !** $a\,x^2$) ayant été reconnue, la position 3 du curseur affiche la courbe d'équation $d = a\,v^2$; l'action sur le nouveau curseur « a », que l'on peut confier à un élève, permet d'ajuster le nuage ; l'hypothèse $a = 0.007$ peut ensuite être consolidée par le calcul papier-crayon, par chaque élève, des rapports $\frac{d}{v^2}$.
  Cela peut être l'occasion d'entraîner les élèves à utiliser le mini tableur de leur calculatrice (trois listes, L_1 pour la vitesse, L_2 pour la distance, $L_3 = \frac{L_2}{L_1^2}$) ; la comparaison des résultats affichés dans L_3 conforte l'estimation de a fournie par la figure rétroprojetée.

- La construction de la courbe d'équation $d = 0{,}007\,v^2$ fournit un tracé qui n'est pas très éloigné de la représentation affine par morceaux proposée au 2°). Néanmoins elle peut amener le professeur à parler de lissage et à comparer les deux modèles : le dernier supprime les points anguleux.

La distance de freinage

Sur une route sèche et rectiligne on a testé, pour un certain modèle de véhicule, la distance de freinage ***d*** en fonction de la vitesse ***v*** (***d*** est la distance parcourue entre le début du freinage et l'immobilisation du véhicule, ***v*** est la vitesse de la voiture au début du freinage). Voici les mesures obtenues :

v ($km.h^{-1}$)	20	40	60	80	100	120
d (m)	3	11	24	45	70	101

Un automobiliste, roulant à la vitesse de 75 $km.h^{-1}$, aperçoit un hérisson au milieu de la route ; il freine aussitôt ; au début du freinage 39,5 mètres le séparent du hérisson ; pourra-t-il s'arrêter à temps ?

(Enoncé extrait du manuel de seconde Collection Pyramide, éditeur Hachette)

On note Δ la distance de freinage pour ***v*** = 75 $km.h^{-1}$.

1. a) Construire sur une feuille de papier millimétré les points de coordonnées (***v***,***d***) associés aux mesures obtenues.
b) Le tableau de mesures fournit un encadrement sûr, quoique grossier, de la distance Δ ; lequel ?
c) Proposer une estimation de Δ.

2. On émet l'hypothèse suivante : la représentation graphique de la fonction f qui à la vitesse ***v*** (en $km.h^{-1}$) associe la distance ***d*** (en m) est obtenue en joignant les points du graphique par des segments de droite. En utilisant cette hypothèse, donner une estimation de Δ par lecture graphique, puis par un calcul. Cette estimation paraît-elle satisfaisante ?

3. L'hypothèse de la question précédente est abandonnée, et on observe les six points du graphique obtenus au 1.a).
a) Reconnaître, parmi les choix suivants, une fonction de référence f susceptible de *modéliser* l'expression $f(v)$ de la distance de freinage d en fonction de la vitesse.
Choix proposés : constante : *x* **Erreur !** *a* linéaire : *x* **Erreur !** *a x* affine : *x* **Erreur !** *a x* + *b*
carré : *x* **Erreur !** $a\,x^2$ inverse : *x* **Erreur ! Erreur !** racine carrée : *x* **Erreur !** *a* **Erreur !**.
b) Calculer le coefficient *a* pour la fonction f choisie, en utilisant le tableau de mesures.
Donner la nouvelle estimation de Δ fournie par f et conclure.