

# Intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques :

## la situation hollandaise

*Cet article reprend les présentations faites par les auteurs à la conférence ITEM<sup>1</sup>. Il décrit comment l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques se développe pas à pas aux Pays-Bas, de l'intégration de la calculatrice graphique provoquée par des mesures gouvernementales concernant le baccalauréat à la description des nouvelles pratiques d'enseignement combinant plusieurs médias, qui essaient d'intégrer le manuel traditionnel et les environnements TICE en passant par la distribution d'outils logiciels directement aux élèves, qui a commencé 1998 et qui dépasse le professeur.*

L'intégration des technologies de l'information et de la communication (TICE) dans l'enseignement des mathématiques n'est pas naturelle. Au départ, il faut conduire des recherches et faire des expérimentations pour ensuite convaincre les professeurs de l'intérêt de l'utilisation des TIC dans la compréhension des mathématiques, du gain de temps qui peut en découler pour enfin les aider à donner à l'usage des TIC une place régulière dans leur enseignement.

La question de l'insertion des outils informatiques dans la réalité des classes se révèle plus épineuse que l'on aurait cru il y a quelques décennies, avec l'optimisme qui régnait à cette époque.

Depuis les années 80, on a vu des changements dans les équipements : il y a de plus en plus d'ordinateurs dans les écoles qui sont souvent mis en un réseau ; les systèmes d'exploitation ont évolué de Dos à Windows ; les ordinateurs de bureau sont munis de calculatrices et le spectre des logiciels s'est étendu allant des tableurs et des traceurs de courbes à des environnements plus riches. Cependant le quotidien n'a pas changé pour autant, l'intégration des TICE dans les classes se fait toujours attendre... et pose encore des questions importantes.

### L'introduction de la calculatrice graphique au baccalauréat...

Depuis 1998<sup>2</sup>, les élèves ont droit d'utiliser une calculatrice graphique aux épreuves de mathématiques, physique et chimie des examens nationaux. A partir de la session de 2004, l'usage de la calculatrice graphique sera étendu aux épreuves d'économie.

---

<sup>1</sup> Le congrès « Intégration des Technologies dans l'Enseignement des Mathématiques », Reims, 20-22 juin 2003 : [http://www.reims.iufm.fr/OLD\\_IUFM/Recherche/ereca/colloques/actes\\_item\\_fr.htm](http://www.reims.iufm.fr/OLD_IUFM/Recherche/ereca/colloques/actes_item_fr.htm)

- Pour la contribution de Paul Drijvers :

[http://www.reims.iufm.fr/OLD\\_IUFM/Recherche/ereca/colloques/conf\\_fr.htm](http://www.reims.iufm.fr/OLD_IUFM/Recherche/ereca/colloques/conf_fr.htm)

- Pour la contribution de Carel van de Giessen, 'Learning by plotting' :

[http://www.reims.iufm.fr/OLD\\_IUFM/Recherche/ereca/itemcom/de31th1.pdf](http://www.reims.iufm.fr/OLD_IUFM/Recherche/ereca/itemcom/de31th1.pdf)

<sup>2</sup> Aux Pays-Bas, les études au lycée sont sanctionnées par un examen national écrit pour les élèves de 18 ans. Le résultat final de l'élève est constitué pour 50 % de la note de cet examen, tandis que l'examen local du lycée apporte les autres 50%.

Baccalauréat scientifique 2002<sup>3</sup> :

Calcul de la hauteur du barycentre d'un cube qu'on est en train de remplir d'eau.

Verschuivend zwaartepunt

Een kubusvormige bak met deksel heeft binnenmaten 10 bij 10 bij 10 cm en weegt 1 kilogram.

Het zwaartepunt  $B$  van de bak ligt in het centrum van de bak, dus 5 cm boven het midden van de bodem.

De bak wordt met water gevuld tot een hoogte van  $h$  cm.

Het zwaartepunt  $W$  van het water (de bak niet meegerekend) ligt in het centrum van het water, dus  $\frac{1}{2}h$  cm boven het midden van de bodem.

Zie de foto en figuur 1 waarin op schaal een vooraanzicht van de bak is getekend.

Het zwaartepunt van het geheel (bak en water samen) noemen we  $T$ .

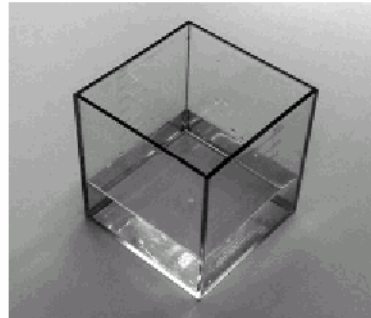
Het punt  $T$  ligt op het lijnstuk  $BW$ .

Er geldt:

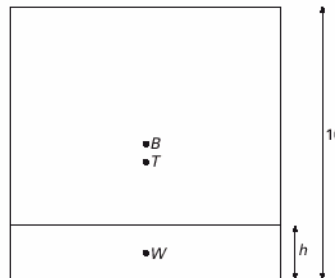
$$d_T = \frac{h}{h+10} \cdot d_W + \frac{10}{h+10} \cdot d_B$$

Hierbij zijn  $d_T$ ,  $d_W$  en  $d_B$  de afstand in cm van achtereenvolgens  $T$ ,  $W$  en  $B$  tot de bodem.

foto



figuur 1



3p 1  Bereken  $d_T$  voor  $h = 3$ . Geef je antwoord in één decimaal nauwkeurig.

4p 2  Toon aan dat voor de afstand van  $T$  tot de bodem, uitgedrukt in  $h$ , geldt:  $d_T = \frac{h^2 + 100}{2h + 20}$ .

Als de bak leeg is, valt  $T$  samen met  $B$ . Tijdens het vullen van de bak verschuift de plaats van  $T$  eerst omlaag en later weer omhoog. Als de bak vol is, valt  $T$  weer samen met  $B$ .

4p 3  Bereken voor welke waarden van  $h$  geldt:  $d_T < 4,5$ . Geef je antwoord in één decimaal nauwkeurig.

6p 4  Bereken exact voor welke waarde van  $h$  de afstand van  $T$  tot de bodem minimaal is.

Après avoir déduit la formule pour la hauteur  $d_T$  du barycentre en fonction de la hauteur de l'eau  $h$  dans la question 2, on demande dans la question 3 de « calculer la valeur de  $h$  pour  $d_T < 4,5$  en répondant à 0,1 près. » Cette dernière phrase est une phrase-clé, qui indique que l'élève peut utiliser la calculatrice de la façon montrée dans les écrans au-dessous de la tâche. Il suit une stratégie graphique / numérique.



Par contre, dans la question 4 « Calculer la valeur exacte de  $h$  pour laquelle la hauteur du barycentre  $T$  est minimale. » indique qu'une approche algébrique et exacte est demandée.

En mathématiques, la calculatrice est rendue nécessaire par le fait que les sujets peuvent comporter des tâches difficilement réalisables sans calculatrice. C'est au candidat d'assumer le risque de ne pas disposer d'une calculatrice, ou de ne pas savoir s'en servir.

<sup>3</sup> sujet disponible à l'adresse <http://www.havovwo.nl/vwo/vwb/bestanden/vwb102iopg1.pdf> ou <http://www.nvon.nl/examen/wi-vwo/wib1v021vb.pdf>

Il n'est pas demandé aux candidats de vider la mémoire de leur calculatrice : l'élève peut enregistrer dans sa machine des textes ou des applications. Cependant stocker des informations n'apporte pas grand chose, les formules et tables sont déjà mises à disposition des candidats lors l'examen sous forme de papier.

Les calculatrices les plus utilisées sont la TI-83(+) et la Casio cfx-9850+. Les calculatrices symboliques, comme la TI-89, TI-92 ou Casio FX 2.0 ne sont pas admises pour les épreuves du baccalauréat.

Dans la préparation aux épreuves de mathématiques, les enseignants apprennent aux élèves à reconnaître les informations contenues dans l'énoncé. Le candidat saura si on attend une réponse exacte ou une réponse approchée. L'encadré 1 – sujet de l'épreuve de 2002 demandant de calculer la hauteur de l'eau dans un cube – fournit un exemple des types de sujets.

#### **.... stimule sa vraie intégration dans l'enseignement**

Il est évident que de telles mesures nationales ont provoqué une intégration de la calculatrice graphique dans l'enseignement des mathématiques. Chaque élève de lycée a sa machine, les professeurs savent s'en servir, et des cours de formation continue leur sont proposés. La plupart des écoles ont par ailleurs des moyens de projection d'écran de calculatrice, et les livres contiennent des images d'écrans ainsi que des instructions sur la façon d'utiliser la calculatrice pour le sujet étudié.

Dans l'enseignement, cette intégration de la calculatrice permet en principe d'accorder plus d'attention à la mathématisation, au développement des modèles, à l'interprétation des résultats, et aux calculs numériques approchés. En réalité, ces buts ne sont pas faciles à atteindre. En plus, cette intégration provoque une tendance à la diminution de l'attention pour les aptitudes algébriques et les méthodes.

Finalement, on constate que, si la calculatrice graphique est un environnement TICE limité en raison de la résolution modeste de l'écran, d'un manque de versatilité et de l'absence de possibilités de communication, la "portabilité" de l'outil permet un emploi régulier, à la maison comme à l'école, et une appropriation de la part de l'élève.

#### **Les TICE sont distribuées avec les manuels scolaires**

En 1998, une nouvelle génération de livres de mathématiques pour les élèves de lycée est apparue. Un des éléments nouveaux qu'ils proposent est la diffusion sur un support numérique de logiciels accompagnant ces livres. Chaque élève dispose ainsi d'un traceur de courbes, d'un logiciel pour analyser les données statistiques et d'un environnement de géométrie dynamique. Dans les livres eux-mêmes on trouve des activités qui font appel à ces logiciels et qui guident les élèves dans leur utilisation.

En conséquence, les élèves peuvent se servir des TICE à la maison et ne sont plus dépendants de la seule volonté de leur professeur. Les professeurs, de leur côté, peuvent donner des devoirs dans lesquels les TICE jouent un rôle, en estimant que les élèves ont un ordinateur à la maison ou qu'ils peuvent accéder à une machine dans la médiathèque de l'école. De cette manière, le professeur n'est plus dépendant de la disponibilité de la salle informatique, qu'il faut réserver d'avance, qui est souvent occupée par les cours d'informatique, et qui n'est pas pratique pour organiser des discussions en classe. En plus, les cours dans cette salle spécialisée sont souvent perçus comme des interruptions des cours dits normaux.

A partir du moment où les élèves disposent tous d'outils informatiques, les cours peuvent avoir lieu dans des salles de cours normales. Néanmoins, il est important que le travail avec les outils informatiques soit approfondi en classe, par exemple par une discussion autour d'une présentation avec un vidéo-projecteur, ou évalué sous forme de contrôle. Pour le travail effectué à la maison sans l'aide du professeur, une synthèse est indispensable au sein de la classe.

L'activité de la méthode *Moderne wiskunde*<sup>4</sup> édition 2003 (« Mathématiques modernes ») utilisant le logiciel VU-Grafiek<sup>5</sup> (« Graphe » en version française), qui est présentée dans l'encadré ci-dessous,

---

<sup>4</sup> Voir [www.modernewiskunde.wolters.nl](http://www.modernewiskunde.wolters.nl)

donne une image des activités que l'on trouve dans ces nouvelles méthodes. Dans ce type de tâches, nous avons constaté que c'est surtout le travail interactif dans un environnement dynamique qui est motivant pour l'élève.

### Le paramètre glissant

Extrait de *Moderne wiskunde*, édition 2003<sup>6</sup> qui concerne la transformation d'une sinusoïde.

**I\_4a** Je ziet een grafiek van het type  $y = \sin(x - c)$ .

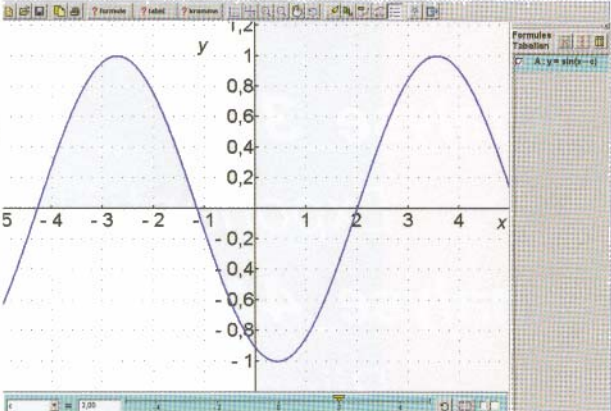
**ICT** Onderzoek welke invloed de parameter  $c$  heeft op een sinusoïde.

**b** Plot voor verschillende waarden van  $c$  de grafiek van  $y = \sin(x - c)$ . Welk verschil zie je als  $c < 0$  of als  $c > 0$ ?

**c** In welk punt zit het beginpunt van een golf?

**d** Voor welke waarden van  $c$  vallen de grafieken van  $y = \sin(x - c)$  en  $y = \cos x$  samen? Geef zo mogelijk een exact antwoord.

**e** Voor welke waarden van  $c$  vallen de grafieken van  $y = \sin(x - c)$  en  $y = -\sin x$  samen?



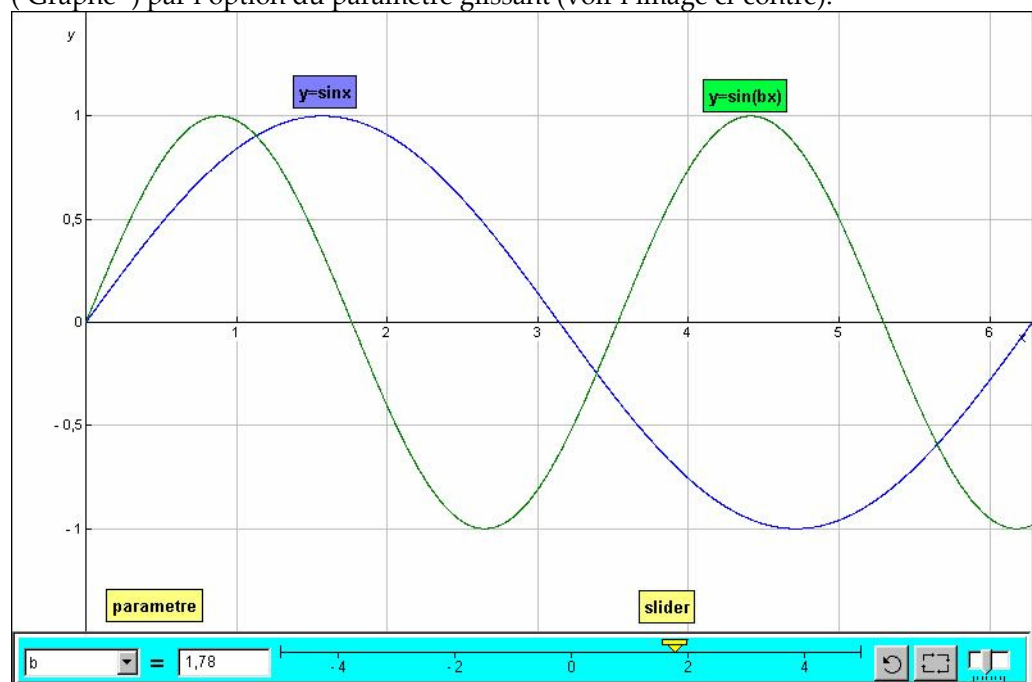
**I\_5a** Plot de grafiek van  $g(x) = \sin bx$  voor  $b = 2$ .

**ICT** Hoe vaak past de periode van deze grafiek in één periode van de grafiek van  $f(x) = \sin x$ ? Hoe zit dit bij  $b = 3$ ? En bij  $b = 0,25$ ?

**b** Welk verschil zie je als  $0 < b < 1$  of als  $b > 1$ ?

**c** Welk verband bestaat er tussen  $b$  en de periode?

Dans l'énoncé I\_5a, on demande à l'élève d'examiner l'influence de la valeur du paramètre dans la formule sur la représentation graphique. Cela se fait avec un environnement TICE, VU-Grafiek ('Graphe') par l'option du paramètre glissant (voir l'image ci-contre).



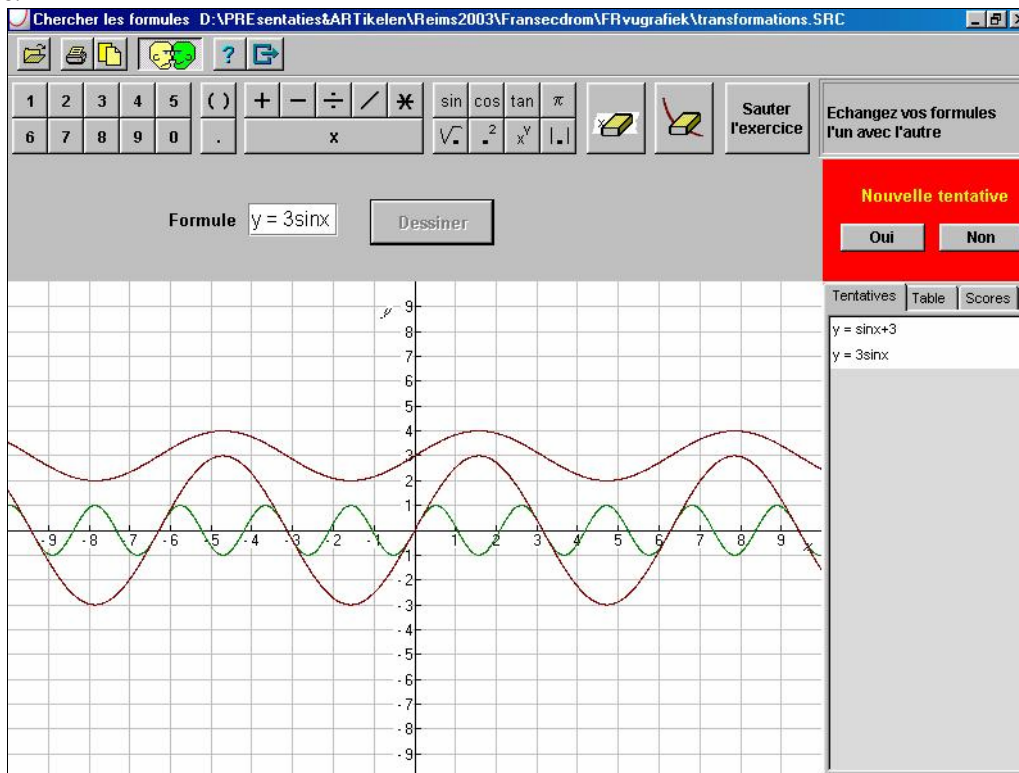
Avec un « glisseur » (un 'slider'), la valeur du paramètre peut être changée, et la représentation graphique change en fonction de la variation du paramètre. Cela indique la relation entre la valeur et la position du paramètre d'un côté, et de la position et la forme de la représentation graphique de l'autre.

<sup>5</sup> Voir [www.vusoft.nl](http://www.vusoft.nl)

<sup>6</sup> Voir [www.modernewiskunde.wolters.nl](http://www.modernewiskunde.wolters.nl)

<sup>7</sup> Voir [www.vusoft.nl](http://www.vusoft.nl)

Après ces activités d'observation, le livre propose des tâches où est demandée la formule des sinusoides dont les représentations graphiques sont données. L'image ci-dessous montre comment l'élève peut, en réfléchissant et par tâtonnements interactifs, avancer vers la bonne représentation, qui est verte.



On voit que cette génération nouvelle de méthodes, en distribuant des outils logiciels directement à l'élève, le rend moins dépendant du professeur, ce qui favorise l'intégration des TICE. Une conséquence pratique est que l'élève peut travailler avec les TICE d'une façon indépendante, souvent sans que le professeur ait besoin d'aller dans une salle informatique avec sa classe ; de ce fait, celui-ci peut être moins réservé vis-à-vis de l'intégration de l'informatique dans son enseignement. Une précondition pour cette stratégie est que les salles de classe normales aient des moyens de projection pour introduire ou synthétiser les devoirs utilisant les TICE.

### Les TICE sont intégrés dans les manuels scolaires

Les développements décrits dans le paragraphe précédent ont conduit, dans les nouvelles éditions des manuels, à présenter des méthodes d'apprentissage combinant plusieurs média. Cela veut dire que non seulement il y a des outils informatiques qui accompagnent le livre, mais que l'utilisation de ces outils est vraiment intégrée dans la méthode. Ainsi, la méthode se compose d'un manuel papier et d'un environnement numérique. Nous prendrons l'exemple d'une tâche qui peut être faite soit sur papier soit en utilisant une applique pour plier un cube extrait de la méthode *Getal en ruimte*<sup>8</sup> (« Nombre et espace »).

Pour cette activité, la question posée est : « quels papiers peuvent être pliés en forme de cube ? »

<sup>8</sup> Voir [www.getalenruimte.epn.nl](http://www.getalenruimte.epn.nl)

- 14 Is figuur 1.11 de uitslag van een kubus? Probeer het eerst uit je hoofd. Lukt het niet, teken dan de figuur over en knip hem uit.

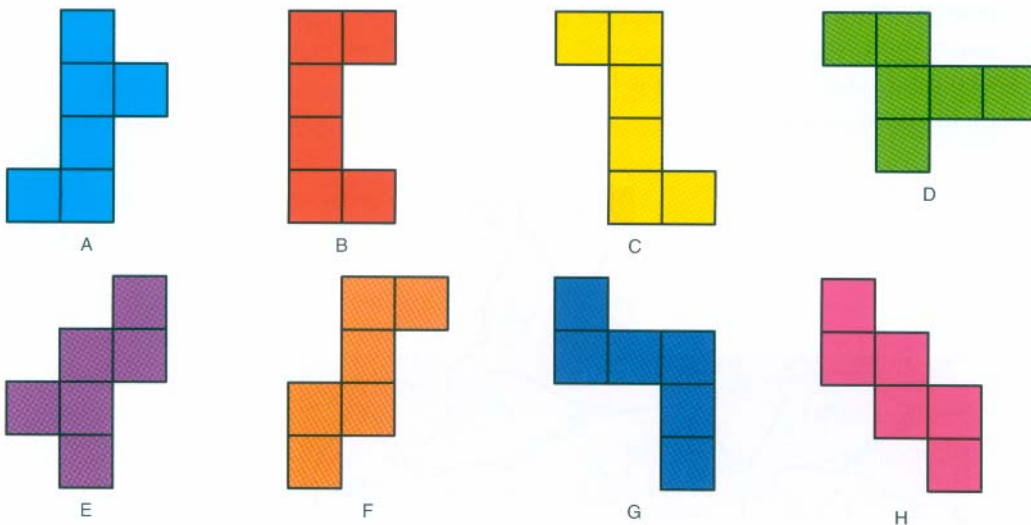


Je kunt kiezen:

- je maakt de opgaven naast de blauwe lijn in je schrift of
- je maakt de opgaven op de computer.

Gebruik hiervoor de ►cd-rom in je werkboek.

- 15 De figuren hieronder zijn niet allemaal uitslagen van een kubus. Van welke figuren kun je geen kubus maken?



figuur 1.12

Le logo dans la marge montre que cet exercice peut se faire en utilisant un outil informatique. Dans ce cas, sur le cédérom qui accompagne le livre, on trouve une applique qui permet de plier très vite les différentes formes pour vérifier la réponse. Comme si l'on le faisait avec papier et une paire de ciseaux, mais plus vite et de façon plus dynamique !

Ces méthodes proposent, sur le cédérom accompagnant le livre ou sur un site Internet, toutes sortes d'outils TICE, comme des appliques ou des applications Flash, qui peuvent jouer un rôle dans les processus d'apprentissage. On trouve même des environnements technologiques qui remplacent des sections entières du livre, en proposant un parcours plus court qu'on peut réaliser par des moyens interactifs et dynamiques pour expliquer l'essentiel du sujet.

Parmi ces environnements technologiques on trouve régulièrement des appliques, de petits logiciels Java interactifs faits avec un but didactique spécifique. Il est essentiel, pour que ce genre d'application soit pédagogiquement utile, qu'elle corresponde avec le livre tant en ce qui concerne le contenu mathématique que les notations. Un manque de correspondance, par exemple à cause d'une position maladroite dans la séquence éducative, peut causer un usage non-productif. L'exemple « Tirer les ballons » (voir l'encadré à la suite de l'article) du projet 'Wisweb' du Freudenthal Institut<sup>9</sup> montre que la présence du professeur est souvent indispensable pour provoquer le transfert des expériences de l'environnement TICE vers l'environnement papier-crayon, ainsi que la généralisation de ces expériences et la relation avec les grandes lignes de trajet d'apprentissage.

On voit que les méthodes néerlandaises reposent de plus en plus sur la combinaison de plusieurs média, ce qui favorise l'intégration des TICE dans l'enseignement. Une question importante est la

<sup>9</sup> Voir [www.wisweb.nl](http://www.wisweb.nl)

relation entre livre et technologie, qui est sensible aux différences concernant les représentations et notations. Une adéquation entre les représentations dans les différents média est recommandée afin de produire un regard cohérent sur les mathématiques.

### **Les encouragements sont utiles !**

Ce court synopsis des développements récents montre que l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques ne va pas de soi, mais qu'il a besoin d'être encouragé par des mesures institutionnelles (type de sujets au baccalauréat), ou par des stratégies d'éditeurs de manuels scolaires, qui s'engagent dans des stratégies combinant plusieurs média. Procurer aux élèves des TICE directement semble être une politique efficace, parce que l'élève n'est plus dépendant du professeur, qui lui-même n'est plus dépendant de l'infrastructure disponible dans l'école. Dans ce sens là, les appliquestes que l'on peut faire fonctionner sur tout ordinateur possédant un navigateur sont intéressantes. La correspondance entre livre et environnement TICE reste délicate, et c'est le professeur qui doit garantir cette compatibilité, en guidant, en orchestrant et en organisant la discussion autour du travail.

### **Quelles seront les développements aux Pays-Bas dans le futur proche ?**

Sans avoir des dons prophétiques, on peut s'attendre à ce que les tendances suivantes se poursuivent :

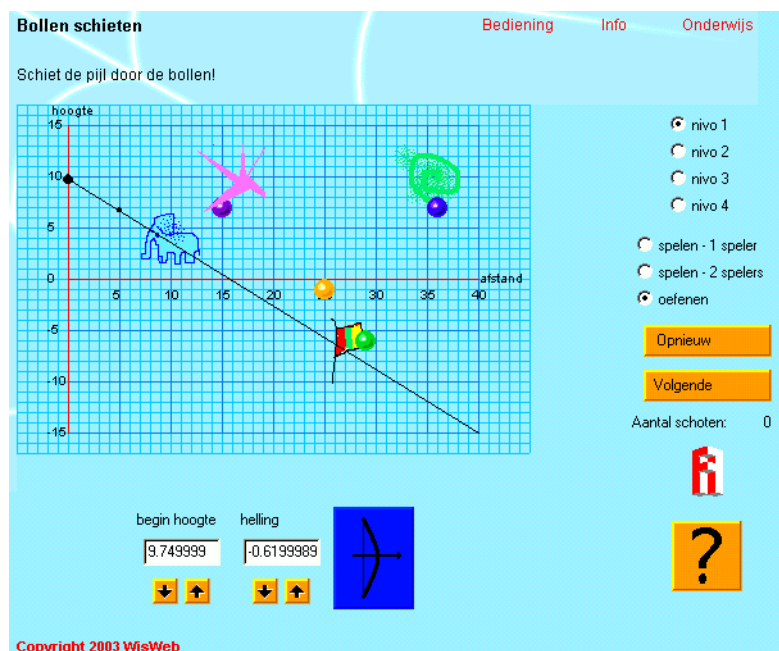
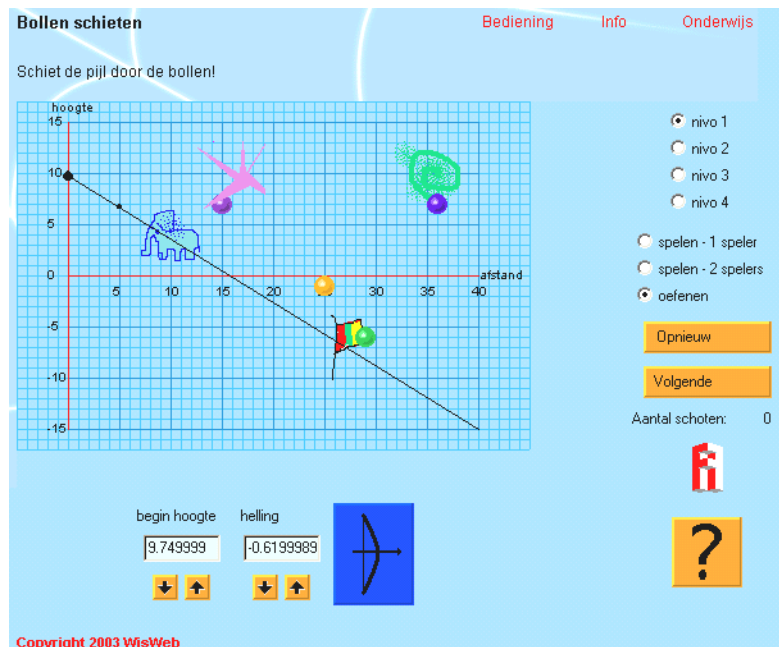
- une importance croissante pour les appliquestes et les simulations, qui correspondent au contenu des livres ;
- une correspondance plus avancée entre le livre et les TICE ; une élaboration du concept de la méthode 'mixed media' ;
- un rôle pour les TICE dans les épreuves et examens. Aux Pays-Bas on fait actuellement des expérimentations portant sur le passage des examens sur ordinateur. Malgré les complications que cela donne, il est probable que la technologie sera de plus en plus présente aux épreuves et examens ;
- concernant l'infrastructure aux écoles, on s'attend, à côté des salles dédiées à l'informatique, à rencontrer de plus en plus d'équipement dans les salles de classe, quelques ordinateurs avec un moyen de projection. Les élèves travailleront de plus en plus avec l'ordinateur à la maison aux tâches qui seront introduits et évalués pendant les cours.

Finalement, l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques est loin d'être fini aux Pays-Bas. En même temps, on voit que quelques pas ont été accomplis dans la bonne direction. L'assistance fournie aux professeurs dans leur processus de professionnalisation sera indispensable, par exemple sous forme de formation continue. Les conséquences de l'intégration des TICE pour le curriculum ne sont pas claires encore et demandent une reconsidération profonde.

Paul DRIJVERS,  
*Freudenthal Institut, Université d'Utrecht, Pays-Bas*  
Carel VAN DE GIESSEN,  
*Almende College, Silvolde, Pays-Bas*

## Tirer les ballons

« Tirer les ballons » est une applique-jeu, réalisée par le Freudenthal Institut<sup>10</sup> pour offrir une visualisation dynamique et informelle de la pente d'une ligne comme paramètre d'une fonction linéaire. Le but est de transpercer les ballons en un nombre de coups aussi petit que possible, comme le montrent les écrans ci-dessous. C'est une activité que les élèves aiment bien.



Dans cette applique, il y a une séquence d'activités avec plusieurs niveaux pour les élèves. Pourtant, si cette séquence n'est pas bien suivie, ou s'il y a un manque d'assistance et de précision de la part du professeur, cela risque de ne rester qu'un jeu dans lequel les élèves ne voient pas les rapports entre les nombres figurant sur l'écran et les paramètres des fonctions linéaires.

<sup>10</sup> Voir [www.wisweb.nl](http://www.wisweb.nl)