

CABRI GEOMETRE® II Plus



Bienvenue dans le monde dynamique de la géométrie Cabri !

Né à la fin des années 80 dans les laboratoires de recherche du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) et de l'université Joseph Fourier de Grenoble, Cabri Géomètre® compte quinze ans plus tard plus de dix millions d'utilisateurs à travers le monde, utilisant Cabri Géomètre® sur des micro-ordinateurs dotés des systèmes Mac® OS et Windows®, et également sur les calculettes TI-92, TI-92 Plus, TI voyage™ 200, TI-89, et TI-83 Plus de Texas Instruments®. Cabri Géomètre® est maintenant développé et distribué par la société Cabrilog, fondée en mars 2000 par Jean-Marie LABORDE, directeur de recherche au CNRS et père spirituel de la lignée Cabri Géomètre®.

La construction sur ordinateur de figures géométriques apporte une nouvelle dimension par rapport aux constructions classiques utilisant papier, crayon, règle et compas. En effet, une fois la figure construite, on peut la manipuler librement, tester sa construction, émettre des conjectures, mesurer, calculer, effacer, recommencer... La figure terminée, Cabri Géomètre® permet de cacher les constructions intermédiaires, mettre des couleurs, des pointillés, ajouter du texte. La figure est alors prête à être diffusée sur Internet, ou incorporée dans un autre document.

Cabri Géomètre® II Plus est une nouvelle version du logiciel Cabri Géomètre® II. Elle comporte de nombreuses possibilités nouvelles, la rendant encore plus performante et agréable à utiliser. De plus, cette version corrige les bogues recensées dans l'ancienne version, et incorpore un grand nombre de fonctionnalités réclamées par les utilisateurs.

Cabri Géomètre® II Plus est ci-après désigné Cabri Géomètre®.

Ce document est divisé en trois parties. La première partie

III "DÉCOUVERTE" est destinée aux nouveaux utilisateurs, et présente des activités de niveau collège et lycée. La deuxième partie

IIII "RÉFÉRENCE" est une description complète du logiciel. Enfin, la troisième partie **IIIII "APPROFONDISSEMENT"** présente d'autres activités plus avancées, de niveau lycée et premier cycle universitaire ou classes préparatoires.

Les différentes activités des deux premières parties sont largement indépendantes. Le lecteur est invité à faire les constructions détaillées, puis les exercices proposés. Les exercices marqués d'un * sont plus difficiles.

Avant d'utiliser Cabri Géomètre® pour la première fois, nous conseillons aux nouveaux utilisateurs de lire le chapitre **11 "PRISE EN MAIN"** de l'introduction, afin de se familiariser avec l'interface de Cabri Géomètre® et avec les conventions d'utilisation de la souris. Néanmoins, l'expérience prouve que la prise en main de Cabri Géomètre® est très rapide, et, qu'en classe, les élèves «font» déjà de la géométrie dans leur première demi-heure d'utilisation du logiciel.

Notre site www.cabri.com vous donnera accès aux dernières mises à jour et aux nouvelles concernant nos produits, en particulier les nouvelles versions de ce document. Le site contient également des liens vers des dizaines de pages Internet et de livres sur la géométrie et sur Cabri Géomètre®.

Toute l'équipe de CABRILOG vous souhaite de longues et passionnantes heures de constructions, d'explorations, et de découvertes.

© 2003 CABRILOG SAS

Auteur initial : Eric Bainville

Relecture : Didier Missenard

Dernière modification : 26 Juillet 2003

Nouvelles versions : www.cabri.com

Pour nous signaler les erreurs : support@cabri.com

Création graphique et mise en page : LaDyBird - groupe OMNIA, France

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1

PRISE EN MAIN

p 13

1.1 PHILOSOPHIE

1.1

p 13

1.2 INTERFACE DE L'APPLICATION

1.2

p 14

1.3 UTILISATION DE LA SOURIS

1.3

p 16

1.4 PREMIERE CONSTRUCTION

1.4

p 18

PREMIERE PARTIE

Découverte

CHAPITRE 2

DROITE D'EULER DU TRIANGLE

p 27

CHAPITRE 3

LA QUÊTE DU POINT MYSTERIEUX

p 35

CHAPITRE 4

LE QUADRILATERE DE VARIGNON

p 41

DEUXIEME PARTIE

Référence

CHAPITRE 5

OBJETS ET OUTILS

p 49

5.1 POINT

5.1

p 49

5.2 DROITE

5.2

p 50

5.3 SEGMENT

5.3

p 51

5.4 DEMI-DROITE

5.4

p 51

p 52	5.5	5.5 VECTEUR
p 52	5.6	5.6 TRIANGLE
p 52	5.7	5.7 POLYGONE
p 53	5.8	5.8 CERCLE
p 54	5.9	5.9 ARC DE CERCLE
p 54	5.10	5.10 CONIQUE
p 54	5.11	5.11 LIEU
p 55	5.12	5.12 TRANSFORMATION
p 57	5.13	5.13 MACRO
p 59	5.14	5.14 NOMBRE
p 61	5.15	5.15 PROPRIETE
p 62	5.16	5.16 EXPRESSION
p 62	5.17	5.17 TEXTE
p 63	5.18	5.18 MARQUE D' ANGLE
p 64	5.19	5.19 AXES
p 64	5.20	5.20 GRILLE
p 65	5.21	5.21 TABLE

p 67

CHAPITRE 6

OUTILS D'EXPLORATION

p 67	6.1	6.1 TRACE
p 67	6.2	6.2 PUNAISES
p 67	6.3	6.3 REDEFINITION
p 68	6.4	6.4 ANIMATION
p 69	6.5	6.5 ENREGISTREMENT DE LA SESSION
p 69	6.6	6.6 DESCRIPTION DE LA FIGURE

7.1 COULEUR	7.1	p 71
7.2 COULEUR DE REMPLISSAGE	7.2	p 72
7.3 COULEUR DE TEXTE	7.3	p 73
7.4 TYPE ET TAILLE DE POINT	7.4	p 73
7.5 TYPE ET EPAISSEUR DE TRAIT, DROITES INTELLIGENTES	7.5	p 73
7.6 CARACTERES ET ALIGNEMENT	7.6	p 73
7.7 EQUATIONS ET CHIFFRES SIGNIFICATIFS	7.7	p 74
7.8 IMAGES ATTACHEES AUX OBJETS	7.8	p 74
7.9 BARRE D'ATTRIBUTS "À LA VOLEE"	7.9	p 74

8.1 BOÎTE DE DIALOGUE DES PREFERENCES	8.1	p 77
8.1.1 Lieux	8.1.1	p 78
8.1.2 Styles	8.1.2	p 78
8.1.3 Géométrie	8.1.3	p 78
8.1.4 Préférences du système	8.1.4	p 79
8.1.5 Précision d'affichage et unités	8.1.5	p 79
8.1.6 Système de coordonnées et équations	8.1.6	p 80
8.2 BARRES D'OUTILS PERSONNALISEES	8.2	p 80
8.3 LANGUE	8.3	p 81

9.1 BARRE DE MENUS	9.1	p 83
1• Menu "Fichier"		p 83
2• Menu "Edition"		p 84

p 84

p 84

p 85

p 85

p 85

3• Menu “Options”

4• Menu “Fenêtre”

5• Menu “Session”

6• Menu “Aide”

7• Autres

p 86

9.2

9.2 BARRE D'OUTILS

p 87

p 87

p 88

p 88

p 89

p 90

p 90

p 90

p 91

p 92

p 92

p 93

1• Manipulation

2• Points

3• Lignes

4• Courbes

5• Constructions

6• Transformations

7• Macros

8• Propriétés

9• Mesure

10• Texte et symboles

11• Aspect

12• Calculatrice

p 95

9.3

9.3 BARRE D'ATTRIBUTS

p 97

CHAPITRE 10

EXPORTATION ET IMPRESSION

TROISIEME PARTIE

Approfondissement

p 101

CHAPITRE 11

TRIANGLES PODAIRES

p 107

CHAPITRE 12

FONCTIONS

CHAPITRE 13

PAVAGES I

CHAPITRE 14

PAVAGES II

p 113

p 119

INDEX

p 125

Notes

PRISE EN MAIN

1.1 PHILOSOPHIE

1.1

La philosophie de Cabri Géomètre est de permettre le maximum d'interactions (souris, clavier,...) entre l'utilisateur et le logiciel, et dans chaque cas, de faire ce que l'utilisateur puisse s'attendre à ce que le logiciel fasse, en respectant d'une part les comportements usuels des applications et du système, et d'autre part le comportement mathématique le plus plausible.

Un **document** Cabri Géomètre est composé d'une **figure** construite librement sur une unique feuille de papier virtuelle de un mètre carré (1m sur 1m). Une figure est composée d'objets géométriques (points, droites, cercles,...) mais également d'autres objets (nombres, textes, formules,...).

Un document peut aussi comporter des **macro-constructions**, qui permettent, en mémorisant des constructions intermédiaires d'étendre les fonctionnalités du logiciel. L'application permet d'ouvrir simultanément plusieurs documents.

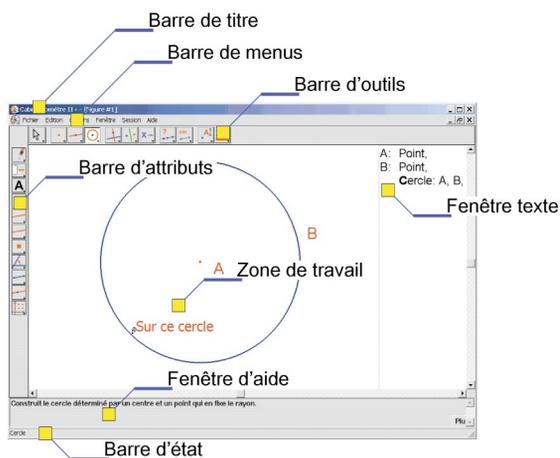


Figure 1.1 – La fenêtre de Cabri Géomètre et ses différentes zones.

La figure 1.1 montre la fenêtre principale de l'application et ses différentes zones. Au lancement de Cabri Géomètre, la barre d'attributs, la fenêtre d'aide et la fenêtre texte ne sont pas visibles.

La **barre de titre** indique le nom du fichier contenant la figure, ou **Figure n ,°1, 2, ...** si la figure n'a pas encore été enregistrée. La **barre de menus** permet d'accéder aux commandes de l'application, qui correspondent aux commandes rencontrées usuellement dans les logiciels.

Dans la suite de ce document, nous désignerons l'entrée **Action** du menu **Menu** par **[Menu]Action**. Par exemple, **[Fichier]Enregistrer sous...** désigne l'entrée **Enregistrer sous...** du menu **Fichier**. La **barre d'outils** fournit les outils permettant de créer et manipuler la figure. Elle est constituée de plusieurs boîtes à outils, comportant chacune un outil visible, correspondant à une icône de la barre. L'outil actif est représenté par un bouton enfoncé, avec un fond blanc. Les autres outils sont représentés par des boutons non enfoncés, avec un fond gris. Un clic court sur un bouton active l'outil prolongée sur un bouton correspondant. Une pression prolongée sur un bouton déroule la boîte à outils, et permet d'y choisir un autre outil. Cet outil devient l'outil visible de la boîte à outils, et l'outil actif.

La barre d'outils peut être recomposée librement par l'utilisateur, et éventuellement verrouillée dans une configuration fixée pour une utilisation en classe (voir le chapitre 181 “PRÉFÉRENCES ET PERSONNALISATION” de la partie III “RÉFÉRENCE”).

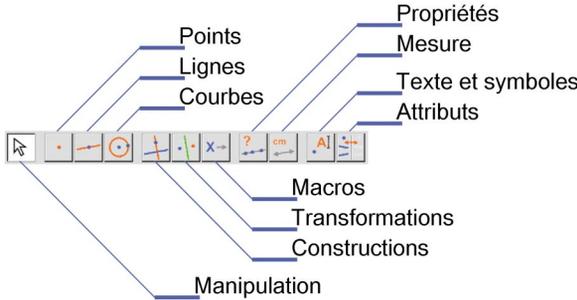


Figure 1.2 – La barre d'outils par défaut de Cabri Géomètre, et les noms des différentes boîtes à outils.

Dans la suite de ce document, nous désignerons l'outil **Outil** de la boîte **boîte** par [boîte]Outil, avec l'icône correspondante rappelée dans la marge (certains libellés trop longs pour tenir dans la marge ont été abrégés). Par exemple [lignes]Demi-droite représente l'outil Demi-droite de la boîte à outils **lignes**.

Les icônes de la barre d'outils peuvent être affichées en deux tailles. Pour changer de taille, cliquer sur le bouton droit de la souris après avoir déplacé le curseur dans la barre d'outil, à droite du dernier outil.



La **barre d'état** indique, en bas de la fenêtre, en permanence quel est l'outil actif.

La **barre d'attributs** permet de modifier les attributs des objets : couleurs, styles, tailles,... Elle est activée par la commande [Options]Montrer les attributs, et masquée de nouveau par [Options]Cacher les attributs, ou par la touche **F9**.

La **fenêtre d'aide** fournit une aide succincte sur l'outil sélectionné. Elle indique quels sont les objets attendus par l'outil, et ce qui sera construit. Elle est activée/masquée par la touche **F1**.

La **fenêtre texte** contient une description de la figure sous forme de texte. On y trouve l'ensemble des objets construits et leur méthode de construction. Elle est activée par la commande [Options]Montrer la description, et masquée de nouveau par [Options]Cacher la description, ou par la touche **F10**. Enfin, la zone de travail représente une portion de la feuille de travail. C'est dans la **zone de travail** que l'on effectue les constructions géométriques.

1.3

1.3 UTILISATION DE LA SOURIS

La plupart des fonctionnalités du logiciel sont réalisées en utilisant la souris. Les actions sur la souris sont le déplacement, la pression sur un bouton, et le relâchement d'un bouton. En l'absence d'indication contraire, il s'agira du bouton principal de la souris, qui est généralement le bouton gauche.

Une séquence pression-relâchement est appelée **clic**.

Une séquence pression-relâchement-pression-relâchement est appelée **double-clic**.

Une séquence pression-déplacement-relâchement est appelée **glisser-déposer**.

Si une des touches "modificatrices" **Alt**, **Ctrl** est insérée au cours d'une séquence, cette insertion est destinée à modifier l'action.

On notera **Ctrl+clic** un clic effectué avec la touche **Ctrl** enfoncée, et de même pour les autres combinaisons.

Lorsqu'on déplace la souris dans la zone de travail, le logiciel nous informe de trois façons de ce que va produire un clic ou un glisser-déplacer :

- la forme du curseur,
- le texte affiché à côté du curseur,
- une représentation partielle de l'objet en cours de construction.

Suivant les cas, le texte et la représentation partielle peuvent ne pas être affichés.

Les différents curseurs sont les suivants :

Un objet existant peut être sélectionné.



Un objet existant peut être sélectionné, ou déplacé, ou utilisé dans une construction.



Apparaît lorsqu'on clique sur un objet existant pour le sélectionner, ou l'utiliser dans une construction.



Plusieurs sélections sont possibles sous le curseur. Un clic provoquera l'apparition d'un menu permettant de préciser les objets à sélectionner parmi toutes les possibilités.



Apparaît pendant le déplacement d'un objet.



Le curseur est dans une portion libre de la feuille, et on peut définir une sélection rectangulaire par glisser-déposer.



Signale le mode de déplacement de la feuille. On peut entrer dans ce mode à tout moment en maintenant la touche **Ctrl** enfoncée. Dans ce mode, glisser-déposer déplacera la feuille dans la fenêtre.



Apparaît pendant le déplacement de la feuille.



Indique qu'un clic va créer un nouveau point libre sur la feuille.



Indique qu'un clic va créer un nouveau point, qui peut être libre sur un objet existant ou à l'intersection de deux objets existants.



Indique qu'un clic va remplir l'objet sous le curseur avec la couleur courante.



Indique qu'un clic va changer l'attribut (par exemple la couleur, le style, l'épaisseur,...) de l'objet sous le curseur.



Pour illustrer ce chapitre de prise en main, nous allons construire un carré à partir d'une de ses diagonales. Au lancement de Cabri Géomètre, un nouveau document vide est créé, et on peut immédiatement commencer une construction.

Nous allons d'abord construire le segment qui servira de diagonale au carré. On active l'outil [lignes]Segment en cliquant sur l'icône de la droite et en maintenant le bouton de la souris enfoncé pour dérouler la boîte à outils. On déplace ensuite le curseur sur l'outil segment et on relâche le bouton de la souris pour l'activer.

Segment

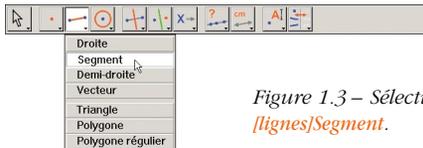


Figure 1.3 – Sélection de l'outil [lignes]Segment.



Figure 1.4 – Construction du premier point. Une image du segment final se déplace avec le curseur lors de la sélection du second point.



Figure 1.5 – Le segment est construit après la sélection du second point. L'outil [lignes]Segment reste actif, permettant la construction d'un autre segment.

Déplaçons maintenant le curseur dans la zone de travail, où il prend la forme . Un simple clic crée le premier point. Continuons à déplacer le curseur dans la zone de travail. Un segment tracé entre le premier point et le curseur matérialise le segment qui sera construit. On crée le second point en cliquant. Notre figure comporte maintenant deux points et un segment.

Pour construire le carré, nous pourrions utiliser le cercle ayant ce segment pour diamètre. Le centre de ce cercle est le milieu du segment. Pour construire ce milieu, on active l'outil [constructions]Milieu, puis on déplace le curseur sur le segment.

Le texte **Milieu de ce segment** s'affiche alors à côté du curseur, qui prend la forme . En cliquant, on construit le milieu du segment.

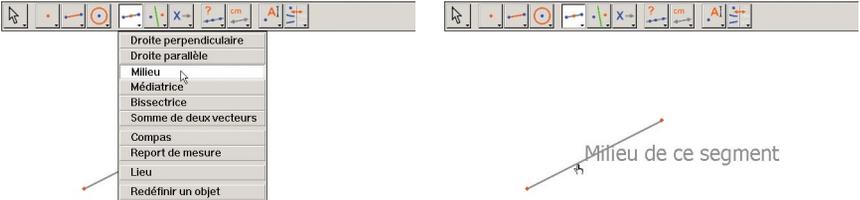
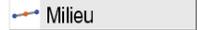
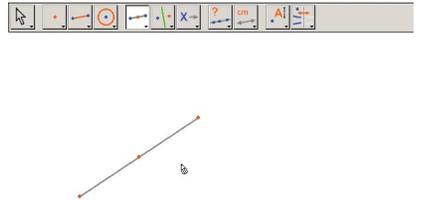


Figure 1.6 – Construction du milieu du segment.



On active ensuite l'outil [courbes]Cercle, et on déplace le curseur au voisinage du milieu construit. Le texte **Ce point comme centre** s'affiche alors, et on clique pour sélectionner le milieu du segment comme centre du cercle. Ensuite, l'outil cercle attend un point de la circonférence. Pendant le déplacement, une image du cercle est affichée. On déplace le curseur au voisinage d'une extrémité du segment, et s'affiche le message **passant par ce point**. On clique, et le cercle passant par cette extrémité se construit.



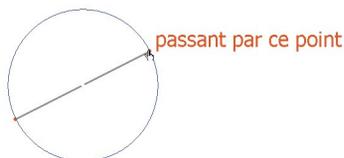


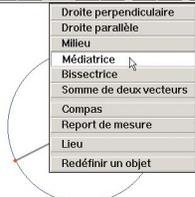
Figure 1.7 – Construction du cercle ayant pour diamètre le segment.



On peut activer l'outil [manipulation]Pointer pour manipuler la figure. En se déplaçant sur les extrémités du segment, qui sont les points libres de la figure, le curseur devient  et le texte indique **Ce point**. On peut déplacer le point par glisser-déposer. Dans ce cas, l'ensemble de la construction est mis à jour : le segment est redessiné, son milieu est déplacé milieu en conséquence, et le cercle suit.

Pour construire notre carré, il nous reste à en trouver l'autre diagonale, qui est le diamètre du cercle perpendiculaire au segment de départ. Nous allons construire la médiatrice du segment, perpendiculaire au segment et passant par son milieu.

On active l'outil [constructions]Médiatrice, puis on sélectionne le segment pour en construire la médiatrice.



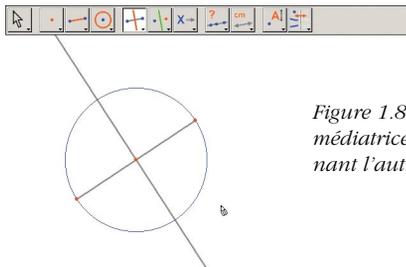


Figure 1.8 – Construction de la médiatrice du segment, déterminant l'autre diagonale du carré.

Pour achever, activons l'outil [lignes]Polygone. Cet outil attend la sélection d'une séquence de points définissant un polygone quelconque. La saisie est terminée quand on sélectionne une nouvelle fois le point initial, ou en double-cliquant lors de la sélection du dernier point. Les deux points d'intersection du cercle et de la médiatrice ne sont pas encore explicitement construits, mais Cabri Géomètre permet de les sélectionner implicitement au moment de leur utilisation.

 Polygone

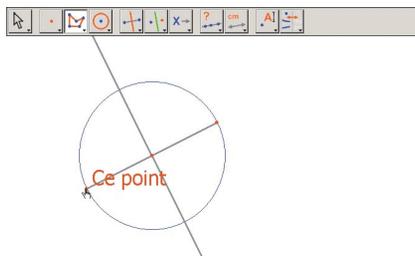
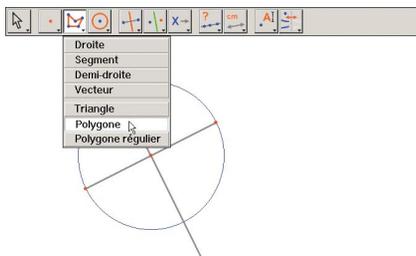
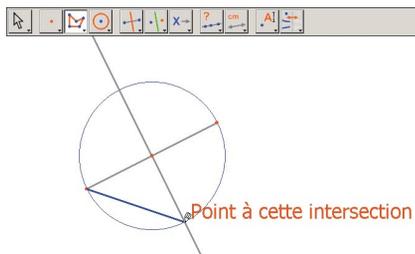


Figure 1.9 – Construction du carré, en sélectionnant implicitement les intersections entre le cercle et la médiatrice.



On sélectionne donc une extrémité du segment (texte **Ce point**) comme premier sommet du polygone, puis on déplace le curseur sur une des deux intersections entre le cercle et la médiatrice. Le texte indique alors **Point à cette intersection** pour indiquer qu'un clic va construire le point d'intersection et le sélectionner comme sommet suivant du polygone.

On sélectionne donc ce point, puis l'autre extrémité du segment, puis l'autre point d'intersection, et enfin on sélectionne de nouveau le point initial. Le carré se construit.

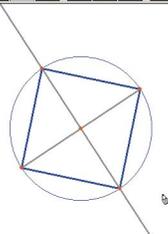
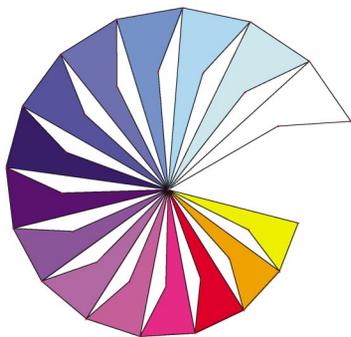


Figure 1.10 – Votre première construction avec Cabri Géomètre !

PREMIERE PARTIE

Découverte



CHAPITRE 2

DROITE D'EULER DU TRIANGLE

CHAPITRE 3

LA QUÊTE DU POINT MYSTERIEUX

CHAPITRE 4

LE QUADRILATERE DE VARIGNON

DROITE D'EULER DU TRIANGLE

Nous allons construire un triangle quelconque ABC , puis les trois *médianes* de ce triangle. Ce sont les droites joignant un sommet au milieu du côté opposé. On construira ensuite les trois hauteurs du triangle : les droites perpendiculaires à un côté et passant par le sommet opposé. Enfin, on construira les trois médiatrices des côtés du triangle : les droites perpendiculaires à un côté et passant par son milieu. Comme on le sait, les trois hauteurs, les trois médianes, et les trois *médiatrices* sont respectivement concourantes, et les points de concours sont alignés sur une droite, appelée *droite d'Euler*¹ du triangle.

Pour construire un triangle, on choisira l'outil [lignes]Triangle. On lira le précédent chapitre [1] "PRISE EN MAIN" de l'introduction pour la manipulation de la barre d'outils.

L'outil [lignes]Triangle activé, il suffit alors de créer trois nouveaux points dans la fenêtre, en cliquant dans des zones vides. On peut nommer les points juste après leur création – à la volée – simplement en tapant leur nom au clavier. Une fois le triangle construit, les noms peuvent être déplacés autour des points, par exemple pour les placer à l'extérieur du triangle.

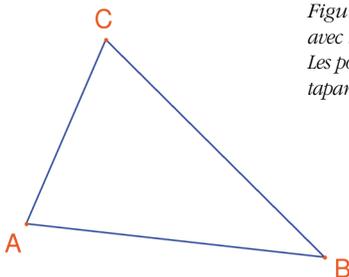


Figure 2.1 – Triangle ABC construit avec l'outil [lignes]Triangle. Les points sont nommés à la volée en tapant leur nom dès leur création.

¹ Léonard Euler, 1707-1783

 Nommer

 Milieu

Pour déplacer le nom d'un objet, on utilise l'outil **[manipulation]Pointer** en faisant glisser le nom (on clique et déplace le curseur en maintenant le bouton de la souris pressé). Pour changer le nom d'un objet, on active l'outil **[texte et symboles]Nommer**, puis on sélectionne le nom : une fenêtre d'édition apparaît.

Les milieux sont construits grâce à l'outil **[constructions]Milieu**. Pour construire le milieu de AB , on sélectionnera successivement A et B . Le milieu d'un segment, ou d'un côté d'un polygone, peut être construit également en cliquant directement sur le segment. Le nouveau point peut être nommé à la volée, appelons-le C' . On procède de même pour les deux autres côtés en construisant le milieu A' de BC et le milieu B' de CA .

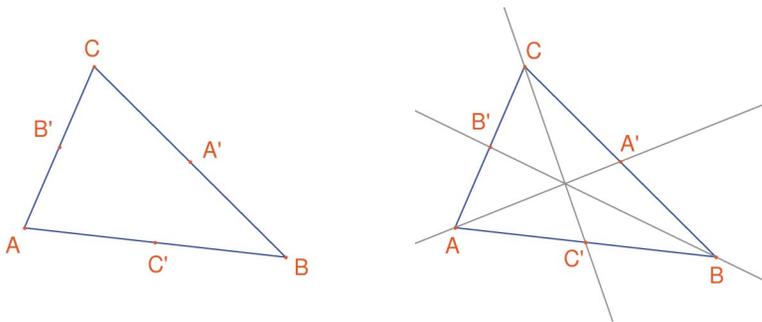


Figure 2.2 – [À Gauche]. Les milieux sont construits avec l'outil **[constructions]Milieu**, qui accepte soit deux sommets, soit un segment, soit encore le côté d'un polygone. [À Droite]. Les médianes sont construites à l'aide de l'outil **[lignes]Droite**, et leur couleur est changée avec l'outil **[attributs]Couleur**.

 Pointer

L'outil **[manipulation]Pointer** nous permet de déplacer librement les objets libres de la figure, ici les trois points A , B et C . On voit que l'ensemble de la construction est mis à jour automatiquement lors du déplacement d'un de ces points. On peut ainsi explorer la construction dans de nombreuses configurations. Pour révéler les objets libres d'une figure, il suffit d'activer l'outil **[manipulation]Pointer** puis de cliquer sur un espace vide de la feuille en maintenant le bouton de la souris enfoncé. Les objets libres se mettent alors à clignoter.

L'outil [lignes]Droite permet de construire les trois médianes. Pour construire la droite AA' , on désignera successivement A et A' . L'outil [attributs]Couleur permet de changer la couleur des traits. On choisit la couleur dans la palette, puis on sélectionne les objets à colorer.

Après avoir activé l'outil [points]Point, approchons le pointeur du point d'intersection des trois médianes. En ce point, Cabri Géomètre cherche à créer le point d'intersection de deux droites. Comme il y a ambiguïté (nous avons là trois droites concourantes), un menu apparaît permettant de choisir lesquelles des deux droites utiliser pour la construction du point. Lors du déplacement du curseur sur les entrées du menu, la droite correspondante est mise en évidence dans la figure. Appelons G le point d'intersection des médianes.

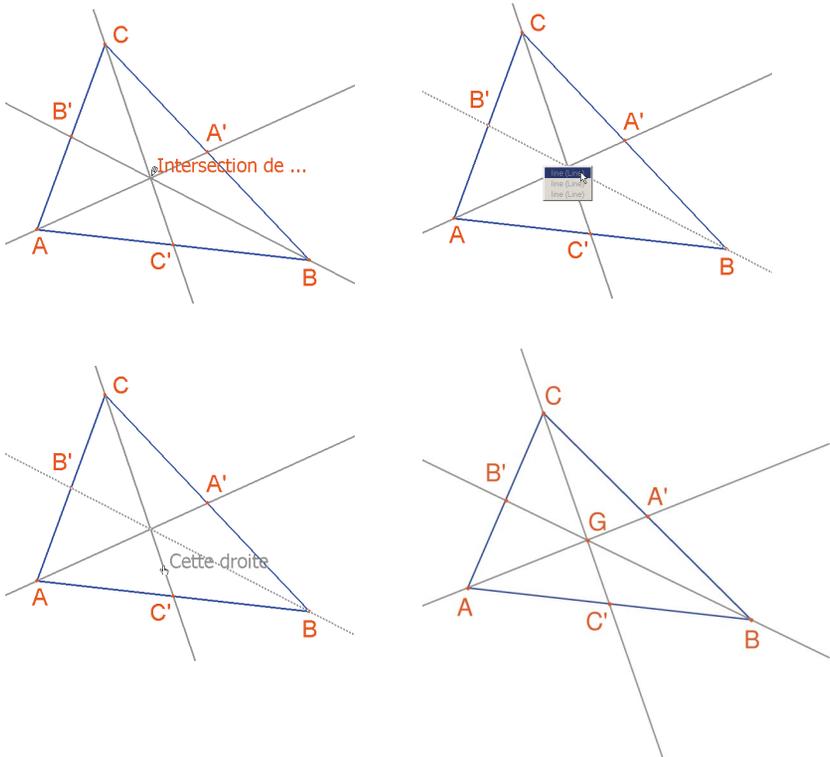
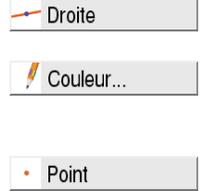


Figure 2.3 – Construction du point d'intersection des médianes et résolution des ambiguïtés de sélection.

 Droite perp.

Les hauteurs sont construites avec l'outil **[constructions]Droite perpendiculaire**. Cet outil crée l'unique droite perpendiculaire à une direction donnée, passant par un point donné. Il nécessite la sélection d'un point et d'une droite, ou d'un segment, ou d'une demi-droite. L'ordre de la sélection n'a pas d'importance. Pour construire la hauteur en A , on sélectionnera donc A , et le côté BC . On fait de même pour les hauteurs en B et C . De la même façon que pour les médianes, on choisira une couleur pour les hauteurs, et on construira leur point d'intersection H .

 Médiatrice

L'outil **[constructions]Médiatrice** permet de construire la médiatrice d'un segment. Il suffit de sélectionner le segment ou ses extrémités. On notera O le point d'intersection des trois médiatrices.

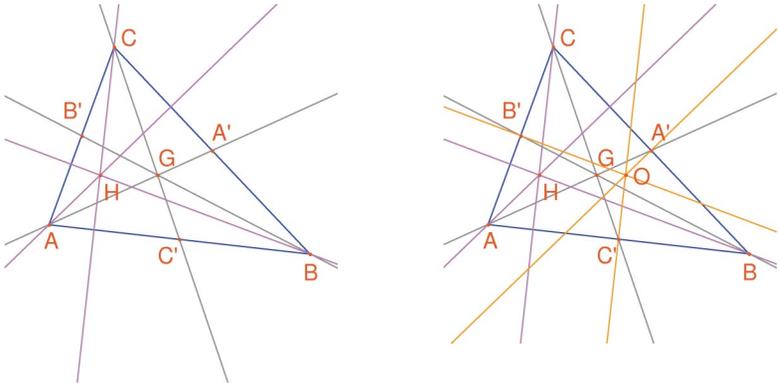


Figure 2.4 – [À Gauche]. Les hauteurs sont construites à l'aide de l'outil **[constructions]Droite perpendiculaire**. [À Droite]. Finalement, les médiatrices sont construites à l'aide de l'outil **[constructions]Médiatrice**.

 Alignés ?

L'outil **[propriétés]Alignés ?** nous donne la possibilité de vérifier si les trois points O , H , et G sont alignés. On sélectionne successivement ces points, puis on désigne un emplacement sur la feuille pour déposer le résultat. Le résultat est un texte indiquant si les points sont ou non alignés. Quand la figure est manipulée, ce texte est mis à jour en même temps que les autres éléments de la figure.

Avec l'outil [lignes]Droite, on construit la droite d'Euler du triangle qui passe par les trois points O , H , et G , en sélectionnant par exemple O et H . L'outil [attributs]Épaisseur sera utilisé pour mettre en valeur cette droite.

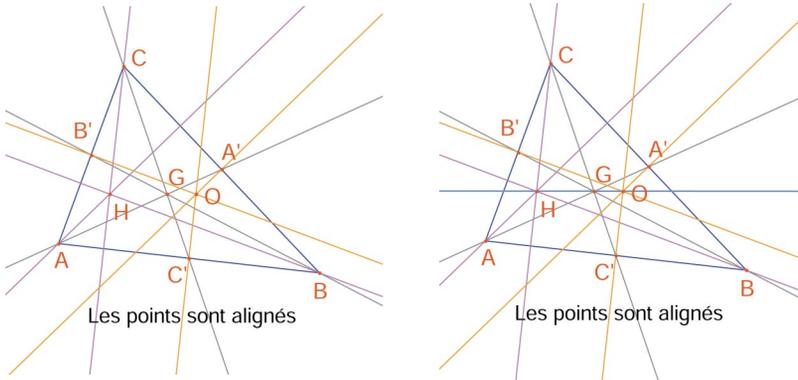
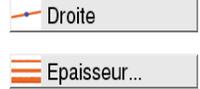
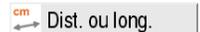


Figure 2.5 – [À Gauche]. Vérification de l'alignement des trois points O , H , et G . L'outil [propriétés]Alignés ? construit un texte **Les points sont alignés** ou **Les points ne sont pas alignés** selon l'état courant de la figure. [À Droite]. La droite d'Euler du triangle, mise en évidence par son épaisseur, modifiée avec l'outil [attributs]Épaisseur.

On constate en manipulant la figure que le point G semble rester entre O et H , et même que sa position relative sur le segment OH ne change pas. Vérifions-le en mesurant les longueurs GO et GH . Activons l'outil [mesure]Distance ou longueur. Cet outil permet de mesurer la distance entre deux points, ou la longueur d'un segment, selon les objets sélectionnés. Sélectionnons donc G puis O ; la distance GO apparaît, mesurée en cm. On fait de même pour GH . Une fois la mesure effectuée, on peut éditer le texte correspondant, par exemple en ajoutant les caractères "**GO=**" devant le nombre.



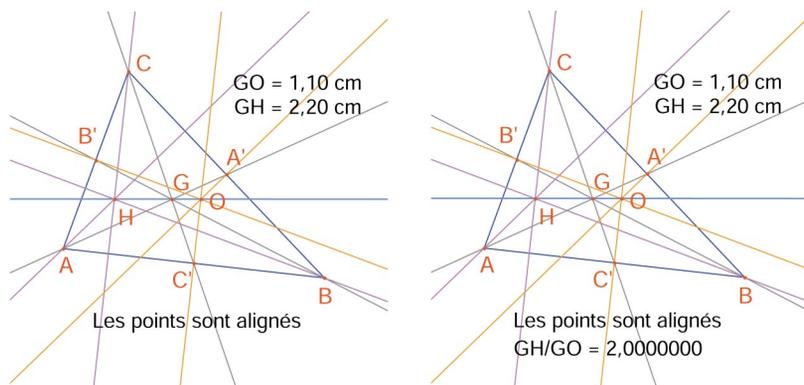


Figure 2.6 - [À Gauche]. L'outil [mesure]Distance ou longueur permet d'obtenir les distances GO et GH. [À Droite]. À l'aide de la calculatrice – outil [mesure]Calculatrice – on calcule le rapport GH/GO et on vérifie numériquement qu'il est égal à 2.

Calculatrice...

En déplaçant la figure, on voit que GH semble rester double de GO . Nous allons calculer le rapport GH/GO pour le vérifier. Activons l'outil [mesure]Calculatrice. On sélectionne alors la distance GH , puis l'opérateur / (la barre de division), et la distance GO . On clique sur le bouton = pour obtenir le résultat, que l'on peut déposer glisser-déposer sur la feuille. Quand un nombre est sélectionné (outil [manipulation]Pointer), on peut augmenter et diminuer le nombre de chiffres affichés à l'aide des touches + et -. On affiche ainsi le rapport avec une dizaine de chiffres, pour constater qu'il reste égal à 2.

Cercle

Exercice 1 - Compléter la figure en construisant le cercle circonscrit au triangle (centré en O et passant par A , B , et C). On utilisera l'outil [courbes]Cercle.

Exercice 2 - Construire ensuite le "cercle des neuf points" du triangle. Il s'agit du cercle centré au milieu de OH , et passant par les milieux A' , B' , et C' des côtés, les pieds des hauteurs, et les milieux des segments HA , HB , et HC .

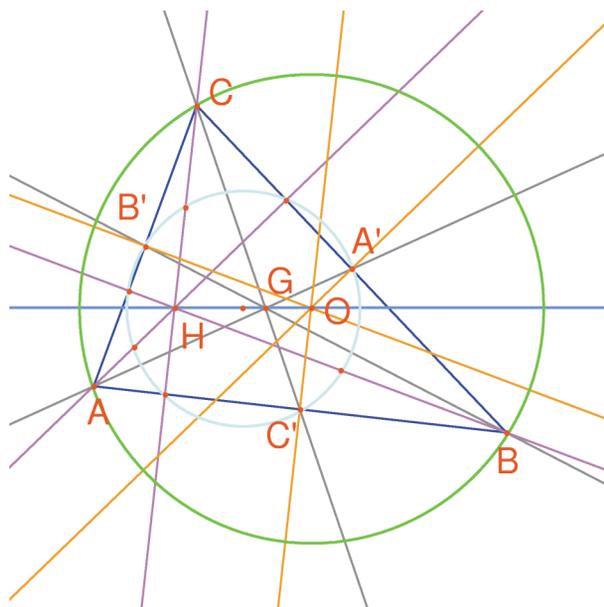


Figure 2.7 - La figure finale, avec le cercle circonscrit au triangle et le "cercle des neuf points" du triangle.

LA QUÊTE DU POINT MYSTÉRIEUX

Dans ce chapitre, nous présentons une activité mettant en œuvre les possibilités d'exploration offertes par Cabri Géomètre. À partir de trois points A, B, C donnés, nous allons rechercher les points M vérifiant l'égalité vectorielle

$$\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB} + \overrightarrow{MC} = \vec{0}.$$

Nous allons donc tout d'abord construire quatre points quelconques avec l'outil **[points]Point**, en les nommant A, B, C, M "à la volée", c'est à dire en tapant leur nom au clavier juste après leur création.

Cabri Géomètre permet de créer des vecteurs. Chaque vecteur est, classiquement, représenté par un segment fléché.

Construisons maintenant un représentant du vecteur \overrightarrow{MA} avec l'outil **[lignes]Vecteur**, en sélectionnant d'abord M puis A .

Ce représentant a son origine en M . On fait de même pour \overrightarrow{MB} et \overrightarrow{MC} .

Construisons alors un représentant de la somme $\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB}$ en activant l'outil **[constructions]Somme de deux vecteurs**, à qui nous présentons les deux vecteurs puis l'origine du représentant de la somme; ici nous choisirons M . Appelons N l'extrémité de ce représentant.

On construit enfin un représentant de la somme des trois vecteurs avec M comme origine de la même façon, en sommant \overrightarrow{MN} (égal à $\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB}$) et \overrightarrow{MC} . Appelons P l'extrémité de ce représentant.

 Point

 Vecteur

 Somme vecteurs

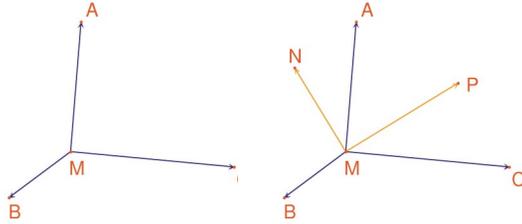


Figure 3.1 - [À Gauche]. À partir de trois points quelconques A, B, et C et d'un point M, on construit les vecteurs \vec{MA} , \vec{MB} , et \vec{MC} . [À Droite]. À l'aide de l'outil [constructions]Somme de deux vecteurs, on construit $\vec{MN} = \vec{MA} + \vec{MB}$, et $\vec{MP} = \vec{MA} + \vec{MB} + \vec{MC}$.

Pointer

Nous pouvons maintenant rechercher les solutions du problème par manipulation. Pour ce faire, on active l'outil [manipulation]Pointer et on déplace le point M. La somme des trois vecteurs est mise à jour à chaque instant lors du déplacement.

En fonction de la position de M par rapport aux points A, B, et C, on observe la norme et l'orientation du vecteur

$\vec{MP} = \vec{MA} + \vec{MB} + \vec{MC}$. On peut alors faire les conjectures suivantes (entre autres) :

- Une unique position de M permet d'annuler la somme des trois vecteurs : le problème a une unique solution. Cette solution est à l'intérieur du triangle ABC.
- Le quadrilatère MANB est un parallélogramme.
- Le quadrilatère MCPN est un parallélogramme.
- Pour que la somme soit nulle, les vecteurs \vec{MN} et \vec{MC} doivent être colinéaires, de mêmes normes et de directions contraires, c'est à dire opposés.
- \vec{MP} passe toujours par un même point, et ce point est la solution du problème.
- L'extrémité P du représentant de la somme est un point dépendant de M. On définit donc ainsi une transformation, qui associe P à M. La solution du problème est un point invariant de cette transformation.

Suivant les constatations faites, la recherche s'orientera dans l'une ou l'autre direction.

Supposons par exemple avoir observé que les vecteurs \overrightarrow{MN} et \overrightarrow{MC} doivent être opposés. On se pose alors un autre problème : pour quelles positions de M ces deux vecteurs sont-ils colinéaires ? Déplaçons M de telle sorte que les deux vecteurs soient colinéaires. On observe que M parcourt une droite, et que cette droite passe par C et également par le milieu de AB . Cette droite est donc la médiane en C du triangle. Le point recherché est donc à l'intersection des trois médianes, car A , B et C jouant le même rôle, le point est donc sur les autres médianes.

Pour une activité en classe, il resterait encore aux élèves à proposer une construction du point solution, et à démontrer cette conjecture élaborée par exploration.

Le pouvoir de conviction d'une construction dynamique est beaucoup plus élevé que celui d'une figure statique réalisée sur une feuille de papier. En effet, il suffit de la manipuler pour vérifier la conjecture dans un grand nombre de cas. Une conjecture qui reste valide après manipulation sera correcte dans la très grande majorité des cas.

Pour une meilleure utilisation en classe, il sera intéressant d'aborder ces points avec les élèves (entre autres) :

- Une construction dynamique visuellement correcte est-elle correcte ?
- Une construction dynamique correcte constitue-t-elle une réponse au problème ?
- A quel moment un raisonnement peut être qualifié de démonstration ?
- Que manque-t-il à une construction dynamique correcte pour en faire une démonstration ?
- La démonstration doit-elle être basée sur le processus d'élaboration de la figure ?

Exercice 3 - Étendre le problème à quatre points, en recherchant les points M tels que :

$$\overrightarrow{MA} + \overrightarrow{MB} + \overrightarrow{MC} + \overrightarrow{MD} = \vec{0}.$$

Exercice 4* - Énumérer l'ensemble des “chemins d'exploration” et des démonstrations pour le problème initial (trois points) accessibles par un élève de Seconde.

Exercice 5* - Étudier et construire le point M minimisant la somme $(MA + MB + MC)$ des distances à trois points A, B, C donnés. Il s'agit du point de *Fermat*¹ du triangle ABC .

¹ Pierre Simon
de Fermat,
1601-1665

LE QUADRILATÈRE DE VARIGNON

Dans ce chapitre, nous présentons quelques constructions autour du théorème de *Varignon*¹.

Nous allons tout d'abord construire un quadrilatère quelconque $ABCD$. On active l'outil **[lignes]Polygone**, puis on sélectionne quatre points, nommés A , B , C , et D à la volée. Pour terminer le polygone, on resélectionne A après avoir construit D .

On construit ensuite les milieux P de AB , Q de BC , R de CD , et S de DA avec l'outil **[constructions]Milieu**. Cet outil attend la sélection de A puis B pour construire le milieu de AB . On peut également sélectionner directement le segment AB s'il existe déjà, que ce soit en tant que segment, ou en tant que côté d'un polygone comme c'est le cas ici.

On construit enfin le quadrilatère $PQRS$ avec l'outil **[lignes]Polygone**.

En manipulant la construction, avec l'outil **[manipulation]Pointer**, on observe que $PQRS$ semble toujours être un parallélogramme. Nous allons interroger Cabri Géomètre sur le parallélisme de PQ et RS , ainsi que de PS et QR , en utilisant l'outil **[propriétés]Parallèle ?** On sélectionne les côtés PQ puis RS , et un texte s'affiche, confirmant que les deux côtés sont parallèles. On vérifie de même que PS et QR sont parallèles.

 Polygone

 Milieu

 Pointer

 Parallèle ?

¹ Pierre Varignon,
1654-1722

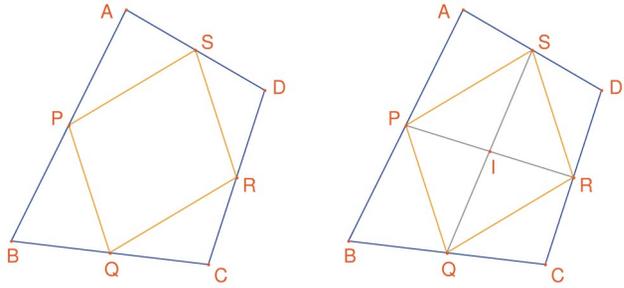


Figure 4.1 - [À Gauche]. À partir d'un quadrilatère quelconque $ABCD$, on construit le quadrilatère $PQRS$ dont les sommets sont les milieux des côtés de $ABCD$.

[À Droite]. Construction des diagonales de $PQRS$, dont on montre qu'elles se coupent en leur milieu.

Segment

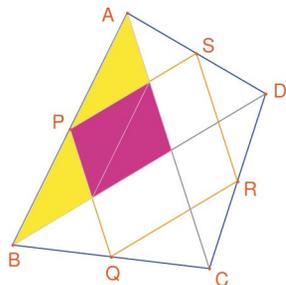
Point

Construisons donc les deux diagonales PR et QS à l'aide de l'outil [lignes]Segment, et leur point d'intersection I avec l'outil [points]Point. Il existe plusieurs façons de démontrer que I est milieu de PR et également de QS , et donc que $PQRS$ est un parallélogramme. Par exemple avec un calcul barycentrique : P est le barycentre de $\{(A,1),(B,1)\}$ et R de $\{(C,1),(D,1)\}$, et donc le milieu de PR est le barycentre de $\{(A,1),(B,1),(C,1),(D,1)\}$, et il en va de même pour le milieu de QS . Donc les deux milieux sont confondus en un point : le point d'intersection I .

Le théorème de *Varignon* est le suivant :

Théorème (Varignon). Le quadrilatère $PQRS$ construit à partir des milieux d'un quadrilatère $ABCD$ quelconque est un parallélogramme, et son aire est la moitié de celle de $ABCD$.

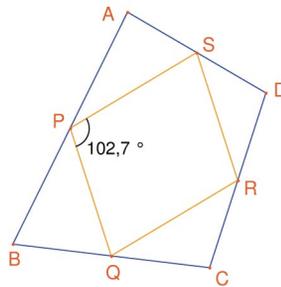
Figure 4.2 - Construction permettant d'établir la seconde partie du théorème.



Exercice 6 - Nous avons établi ci-dessus la première partie du théorème. Démontrer la seconde partie relative à l'aire de $PQRS$. On pourra s'aider de la figure 4.2.

Laissons maintenant A , B , et C fixes, et déplaçons D de façon à rendre $PQRS$ rectangle. Comme nous savons déjà que c'est un parallélogramme, il suffit qu'un de ses angles soit droit pour pouvoir affirmer que c'est un rectangle. Mesurons donc l'angle en P , à l'aide de l'outil [mesure]Mesure d'angle. Cet outil attend la sélection de trois points définissant un angle, le sommet étant le second point. Par exemple ici on sélectionnera les points S , P (le sommet de l'angle) et Q .

Figure 4.3 - On mesure l'angle en P du parallélogramme $PQRS$.



L'outil [mesure]Mesure d'angle peut également fournir la mesure d'un angle préalablement marqué avec l'outil [texte et symboles]Marquer un angle. Cet outil attend trois points définissant l'angle, dans le même ordre que pour l'outil [mesure]Mesure d'angle.

En déplaçant D de manière à ce que $PQRS$ soit un rectangle, les solutions trouvées semblent sensiblement alignées. En fait, si on construit les diagonales AC et BD du quadrilatère initial, on voit que les côtés de $PQRS$ sont parallèles à ces diagonales, et donc que $PQRS$ n'est un rectangle que, si et seulement si, AC et BD sont perpendiculaires.

Nous allons maintenant redéfinir D pour que $PQRS$ soit toujours un rectangle. Traçons la droite AC avec l'outil [lignes]Droite en sélectionnant A et C , puis la perpendiculaire à cette droite passant par B , avec l'outil [constructions]Droite perpendiculaire en sélectionnant B et la droite AC .

 Mesure d'angle

 Marquer un angle

 Droite

 Droite perp.

Redéfinir un objet

D est actuellement un point libre dans le plan. Nous allons modifier sa définition, et en faire un point libre sur la perpendiculaire à AC qui passe par B . On active l'outil [constructions]Redéfinir un objet, puis on sélectionne D . Un menu apparaît indiquant les différentes options de redéfinition pour D . On choisit Point sur un objet, puis on sélectionne un point sur la perpendiculaire. D se déplace alors en ce point, et est désormais contraint à rester sur la droite. La redéfinition est un moyen d'exploration très puissant, qui permet d'enlever ou d'ajouter des degrés de liberté aux éléments d'une figure sans avoir à la recréer entièrement.

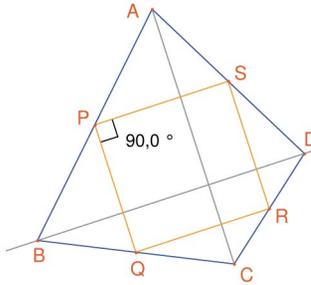


Figure 4.4 - Le point D est maintenant redéfini de telle sorte que $PQRS$ soit toujours un rectangle. Ce point conserve encore un degré de liberté, il est mobile sur une droite.

Exercice 7 - Trouver une condition nécessaire et suffisante pour que $PQRS$ soit un carré. Redéfinir une nouvelle fois D pour que la construction ne fournisse que des carrés.

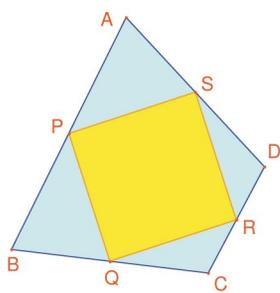
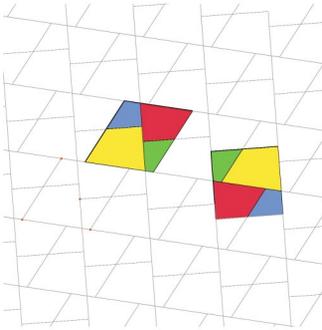


Figure 4.5 - Ici, le point D n'a plus aucun degré de liberté, et $PQRS$ est maintenant toujours un carré.

DEUXIEME PARTIE

Référence



CHAPITRE 5

OBJETS ET OUTILS

CHAPITRE 6

OUTILS D'EXPLORATION

CHAPITRE 7

ATTRIBUTS

CHAPITRE 8

PREFERENCES ET PERSONNALISATION

CHAPITRE 9

INTERFACE

CHAPITRE 10

EXPORTATION ET IMPRESSION

Référence

OBJETS ET OUTILS

Ce chapitre énumère l'ensemble des objets manipulés par Cabri Géomètre, et toutes les façons de les obtenir, ainsi que leurs attributs. Les attributs et leur modification sont détaillés dans le chapitre **171 "ATTRIBUTS"**.

Tous les objets ont un label associé. Il s'agit d'un texte attaché à l'objet, par exemple le nom d'un point. Lors de la création d'un objet, on peut lui donner immédiatement un court label saisi au clavier. Le label d'un objet peut être édité par la suite à partir de l'outil **[texte et symboles]Nommer**.


 Nommer

5.1 POINT

5.1

Le point est l'objet de base de toutes les figures. Cabri Géomètre manipule les points dans le plan euclidien, avec un traitement spécial des points à l'infini.

On peut créer un point libre dans le plan en utilisant l'outil **[points]Point** et en sélectionnant un emplacement vide de la feuille. Le point peut ensuite être déplacé librement n'importe où dans le plan (avec l'outil **[manipulation]Pointer**).

On peut créer un point sur une ligne (segment, droite, demi-droite,...) ou une courbe (cercle, arc de cercle, conique, lieu) soit implicitement avec l'outil **[points]Point**, soit explicitement avec l'outil **[points]Point sur un objet**. Le point ainsi construit peut être déplacé librement sur l'objet.

On peut enfin créer un point à l'intersection de deux lignes ou courbes, soit implicitement avec l'outil **[points]Point**, soit explicitement avec l'outil **[points]Points d'intersection**. Dans ce dernier cas, tous les points d'intersection entre les deux objets sont construits simultanément. L'outil **[constructions]Milieu** construit le milieu de deux points, ou d'un segment, ou du côté d'un polygone.


 Point


 Pointer


 Point sur obj.


 Points d'intersec.


 Milieu

 Report mesure

L'outil **[constructions]Report de mesure** permet de reporter une longueur sur une demi-droite (sélectionner la mesure et la demi-droite), un axe (sélectionner la mesure et l'axe), un cercle (sélectionner la mesure, le cercle, un point sur le cercle), un vecteur (sélectionner la mesure et le vecteur), ou un polygone (sélectionner la mesure et le polygone). Dans tous les cas, un nouveau point est construit.

Un point peut être construit comme image d'un point par une transformation, en utilisant un outil de la boîte **[transformations]**.

Lors de l'utilisation d'autres outils attendant la sélection d'un point, on peut soit sélectionner un point existant, soit construire un point implicitement, sur une ligne ou courbe, ou à une intersection de lignes ou courbes. Dans ce cas, le fonctionnement est le même que pour l'outil **[points]Point**.

Lors de la création d'une droite ou d'une demi-droite, on peut créer le second point à la volée en maintenant la touche **Alt** enfoncée lors de la sélection du second point.

Les attributs d'un point sont sa couleur, sa forme, sa taille, son label, son image (optionnelle).

5.2

5.2 DROITE

Cabri Géomètre manipule les droites du plan euclidien, avec, éventuellement, une droite de points à l'infini, si le traitement de l'infini est activé dans les Préférences.

 Droite

L'outil **[lignes]Droite** permet de créer une droite libre passant par un point : on sélectionne d'abord un point, puis, en cliquant, on fixe la position de la droite qui pivote autour du premier. Cet outil permet également de construire la droite passant par deux points. Le second point peut être créé à la volée en maintenant la touche **Alt** enfoncée. Dans le cas d'une droite définie par deux points, et si les deux points sont confondus, la droite est indéfinie.

Construire une droite passant par un point, en maintenant simultanément la touche **Shift** enfoncée, contraint la droite dans des directions formant entre elles un angle de 15° ou multiple de 15° (15, 30, 45, 60, 75, 90...).

L'outil **[constructions]Droite perpendiculaire** (resp. **[constructions]Droite parallèle**) construit l'unique droite perpendiculaire

 Droite perp.

 Droite parallèle

(resp.parallèle) à une direction (donnée par un segment, une droite, une demi-droite, un côté de polygone, un vecteur, un axe) et passant par un point donné.

L'outil [constructions]Médiatrice construit la droite médiatrice de deux points, d'un segment, ou d'un côté de polygone.

L'outil [construction]Bissectrice construit la droite bissectrice d'un angle. On sélectionne trois points A , B et C définissant l'angle (BA,BC) .

Le deuxième point sélectionné est donc le sommet de l'angle.

Une droite peut être construite comme image d'une droite par une transformation affine de la boîte à outils transformations.

Les attributs d'une droite sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son label.

 Médiatrice

 Bissectrice

5.3 SEGMENT

5.3

L'outil [lignes]Segment permet de construire un segment à partir de deux points. Si les deux points sont confondus, le segment est encore défini, mais est réduit à un point. Un segment peut être construit comme image d'un segment par une transformation affine.

Les attributs d'un segment sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son type de marque, son label, son image (optionnelle). Enfoncer simultanément la touche **Shift**, contraint le segment dans des directions formant entre elles un angle de 15° ou multiple de 15° (15, 30, 45, 60, 75, 90...).

 Segment

5.4 DEMI-DROITE

5.4

L'outil [lignes]Demi-droite permet de créer une demi-droite libre partant d'un point, en sélectionnant ce point, puis en cliquant pour fixer la direction de la demi-droite qui pivote autour de son origine. Cet outil permet également de construire la demi-droite partant d'un point et passant par un second point. Le second point peut être créé "à la volée" en maintenant la touche **Alt** enfoncée.

Presser simultanément la touche **Shift**, permet la contrainte de direction comme pour les droites et segments.

Si une demi-droite est définie par deux points, et si les deux points sont confondus, la demi-droite est indéfinie.

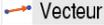
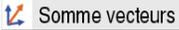
Une demi-droite peut être construite comme image d'une demi-droite par une transformation affine.

Les attributs d'une demi-droite sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son label.

 Demi-droite

5.5

5.5 VECTEUR

Un vecteur est défini par ses deux extrémités. Il est donc manipulé comme un segment orienté, son orientation étant matérialisée par une flèche.

L'outil **[lignes]Vecteur** permet de construire un vecteur à partir de deux points. Si les deux points sont confondus, le vecteur défini est le vecteur nul.

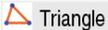
L'outil **[constructions]Somme de vecteurs** construit la somme de deux vecteurs. On sélectionne les deux vecteurs, et l'origine du représentant de la somme.

Un vecteur peut être construit comme image d'un vecteur par une transformation affine.

Les attributs d'un vecteur sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son label, son image (optionnelle).

5.6

5.6 TRIANGLE



Un triangle est un polygone à trois sommets. Les triangles et les polygones sont gérés de la même façon. Comme le triangle est, de loin, le polygone le plus utilisé, un outil spécial pour les triangles est disponible.

L'outil **[lignes]Triangle** permet de construire un triangle à partir de trois points. Les triangles plats sont autorisés, et représentés par des segments. Un triangle peut même être réduit à un point.

Un triangle peut être construit comme image d'un triangle par une transformation affine.

Les attributs d'un triangle sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son remplissage, son label, son image (optionnelle).

5.7

5.7 POLYGONE

En mathématiques, plusieurs définitions de la notion de polygone sont possibles. Dans Cabri Géomètre, nous appellerons polygone l'ensemble des n segments définis à partir de n points ($n \geq 3$).

$$P_1P_2, P_2P_3 \dots P_{n-1}P_n, P_nP_1$$

L'outil [lignes]Polygone permet de construire un polygone à partir d'au moins trois points. Pour terminer la construction, il faut sélectionner de nouveau le point initial, ou double-cliquer en sélectionnant le dernier point. Si tous les points sont colinéaires, le polygone, plat, est représenté par un segment.

L'outil [lignes]Polygone régulier permet de construire les polygones réguliers convexes et étoilés. On sélectionne d'abord le centre du polygone, puis un premier sommet. On peut choisir ensuite le nombre de côtés et, pour les polygones étoilés, le pas.

Dans la dernière phase de la sélection, le texte suivant le déplacement du curseur indique le nombre de sommets, et, pour les polygones étoilés, le saut entre deux sommets consécutifs. Par exemple, {5} représente un pentagone régulier, et {10/3} un polygone étoilé à dix branches obtenue en reliant les sommets 1, 4, 7, 10, 3, 6, 9, 2, 5, 8, et 1 d'un décagone régulier.

Un polygone peut être construit comme image d'un polygone par une transformation affine.

Les attributs d'un polygone sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son remplissage, son label, son image (optionnelle) dans le cas d'un quadrilatère.

 Polygone

 Polygone régulier

5.8 CERCLE

5.8

L'outil [courbes]Cercle permet de créer un cercle libre en sélectionnant son centre, puis en cliquant, fixant ainsi le rayon du cercle mobile qui se trace. Un second point du cercle peut être créé "à la volée" en maintenant la touche **Alt** enfoncée. En maintenant la touche **Shift** enfoncée, on contraint la longueur du rayon dans des valeurs entières de l'unité de longueur paramétrée (cm par défaut).

L'outil [courbes]Cercle permet également de construire un cercle en sélectionnant son centre, puis un point déjà créé de la circonférence.

Un cercle peut être construit comme image d'un cercle par une transformation affine.

Les attributs d'un cercle sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son remplissage, son label.

 Cercle

5.9

5.9 ARC DE CERCLE



Arc

Un arc de cercle est la partie d'un cercle délimitée par deux points et en contenant un troisième.

L'outil **[courbes]Arc** permet de construire un arc à partir de trois points : la première extrémité, le point intermédiaire, et la seconde extrémité.

Si les trois points sont alignés, l'arc devient soit un segment, soit le complémentaire d'un segment sur une droite (une droite avec un "trou"), suivant les positions respectives des trois points sur la droite.

Un arc peut être construit comme image d'un arc par une transformation affine.

Les attributs d'un arc sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son remplissage, son label.

5.10

5.10 CONIQUE



Conique

Cabri Géomètre permet de manipuler toutes les coniques propres (ellipses, paraboles, hyperboles) du plan. Les coniques dégénérées en réunion de deux droites distinctes sont également représentées.

L'outil **[courbes]Conique** permet de construire la conique passant par cinq points. Si quatre des points sont alignés, ou si deux points sont confondus, la conique n'est pas définie.

Par contre, si seulement trois points sont alignés, la conique est définie, et dégénérée en réunion de deux droites distinctes.

Une conique peut être construite comme image d'une conique par une transformation affine.

Les attributs d'une conique sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son remplissage, son label.

5.11

5.11 LIEU

Sous le terme de "lieu", différents types d'objets sont manipulés par Cabri Géomètre. De façon générale, un lieu représente l'ensemble des positions prises par un objet A quand un point M libre sur un objet varie. Normalement, la construction de A fait intervenir le point M .

Un lieu est construit en utilisant l'outil [constructions]Lieu, et en sélectionnant l'objet A , puis le point variable M .

L'objet A peut être d'un des types suivants : point, droite, demi-droite, segment, vecteur, cercle, arc, conique. Le point M peut être un point libre sur n'importe quel type de ligne ou courbe, y compris un lieu, et également un point libre sur une grille.

L'objet A peut également être un lieu, et on construit alors un ensemble de lieux.

Dans le cas où A est une droite, une demi-droite, un segment, un vecteur, un cercle ou une conique, le lieu est soit l'enveloppe des droites, demi-droites,... soit l'ensemble de ces objets, suivant l'option "Enveloppe" activée dans les préférences (voir chapitre **181 "PRÉFÉRENCES ET PERSONNALISATION"**). Les vecteurs se comportent exactement comme les segments pour les lieux. L'enveloppe d'un ensemble de demi-droites, segments, vecteurs est l'enveloppe des droites les supportant, restreinte aux points effectivement atteints.

Dans le cas où A est un arc, le lieu est automatiquement l'ensemble des positions de A .

Les attributs d'un lieu sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son label, sa méthode de construction (enveloppe ou ensemble des positions), sa méthode de tracé (continu, ensemble de points), le nombre minimal de positions calculées lorsque le tracé n'est pas continu.

5.12 TRANSFORMATION

5.12

Les transformations sont manipulées à travers des outils.

Chacun de ces outils applique à un objet une transformation définie par des éléments (centre, axe, angle,...).

Cabri Géomètre permet l'utilisation des transformations affines et euclidiennes usuelles (homothétie, translation, symétrie axiale, symétrie centrale, rotation), ainsi que de l'inversion. Dans tous les cas, on doit sélectionner l'objet à transformer et les éléments de la transformation. Si l'objet à transformer est du même type qu'un des éléments définissant la transformation, il doit être sélectionné en premier. Dans les autres cas, l'ordre n'a pas d'importance.

Par exemple, pour construire le symétrique d'un point M par rapport à un point C , on sélectionne M puis C .

Pour le symétrique d'une droite D par rapport à un point C , l'ordre de sélection est indifférent. L'objet à transformer peut être un point, ou n'importe quel type de ligne ou courbe, à l'exception des lieux. Pour Cabri Géomètre, l'inversion ne peut transformer que des points. Pour créer l'image par inversion d'autres objets, on pourra utiliser l'outil **[constructions]Lieu**.

Symétrie axiale

L'outil **[transformations]Symétrie axiale** applique une symétrie orthogonale (par rapport à une droite). On sélectionne l'objet à transformer et une ligne définissant l'axe : droite, demi-droite, segment, vecteur, côté de polygone, axe.

Symétrie centrale

L'outil **[transformations]Symétrie centrale** applique une symétrie par rapport à un point (symétrie centrale ou demi-tour). On sélectionne l'objet à transformer et le centre de symétrie (un point).

Translation

L'outil **[transformations]Translation** applique une translation. On sélectionne l'objet à transformer et un vecteur définissant la translation.

Homothétie

L'outil **[transformations]Homothétie** applique une homothétie. On sélectionne l'objet à transformer, le rapport (un nombre sur la feuille), et le centre de l'homothétie (un point). Deux points supplémentaires peuvent être créés pour définir le rapport et l'angle.

Rotation

L'outil **[transformations]Rotation** applique une rotation. On sélectionne l'objet à transformer, le centre de rotation (un point) et finalement l'angle de rotation. L'angle de rotation peut-être défini par :

- 3 points existants ou créés, notamment “à la volée”
- une valeur numérique entrée à l'aide de l'outil **[texte et symboles]Nombre**.

Inversion

Enfin, l'outil **[transformations]Inversion** construit l'inverse d'un point par rapport à un cercle. On sélectionne le point à transformer et le cercle invariant par l'inversion ou vice versa. Rappelons qu'une inversion de centre O , de puissance k positive a pour invariants les points du cercle de centre O , dont le rayon est la racine carrée de k . L'inversion ne s'applique qu'à des points. Si vous avez besoin d'un outil inversion plus puissant, remplacez l'inversion par une macro qui est un outil plus flexible.

5.13 MACRO

5.13

Une macro est définie à partir d'une partie d'une figure. Une fois définie, la macro peut être utilisée comme n'importe quel autre outil, et reproduit la construction de cette partie à partir d'éléments de base sélectionnés par l'utilisateur.

Par exemple, on peut définir une macro qui construit un carré dont la diagonale est un segment donné. Pour définir la macro, il faut réaliser effectivement la construction du carré à partir d'un segment quelconque, puis sélectionner les objets initiaux – ici le segment – et les objets finaux – ici le carré – et enfin valider la macro. On disposera ensuite d'un nouvel outil dans la boîte à outils [macro], qui attendra la sélection d'un segment, et reproduira la construction à partir de ce segment. Les objets intermédiaires construits pendant l'application de la macro sont cachés, et ne peuvent pas être montrés.

Pour définir une macro, il faut donc que la construction correspondante ait déjà été réalisée. Ensuite, on active l'outil [macro]Objets initiaux puis on sélectionne les objets initiaux. Dans le cas d'objets de même type, l'ordre de sélection est important, et sera utilisé lors de l'application de la macro. Pour les objets initiaux de types différents, l'ordre de sélection n'a pas d'importance. L'ensemble des objets initiaux est mis en valeur par un clignotement. Pour ajouter ou retirer un objet à l'ensemble, il suffit de le sélectionner.

Une fois les objets initiaux définis, il faut définir les objets finaux, avec l'outil [macro]Objets finaux. La sélection se fait de la même façon.

Tant que la macro n'est pas définie, les ensembles d'objets initiaux et finaux restent en mémoire, et peuvent être modifiés à volonté.

La macro est ensuite définie avec l'outil [macro]Valider une macro. Cabri Géomètre vérifie d'abord que les objets finaux peuvent être effectivement construits à partir des objets initiaux. Si ce n'est pas le cas, la macro n'est pas définie, et un message d'avertissement apparaît : **Cette macro-construction n'est pas cohérente. Cabri ne peut pas déterminer les objets finaux à partir des objets initiaux.**

Si la macro est cohérente, une boîte de dialogue apparaît, pour éditer les attributs de la macro. Seul le nom de la construction doit être obligatoirement rempli. Les autres attributs sont optionnels.

X → Objets initiaux

→ Y Objet(s) final(s)

X → Y Valider macro

- **Nom de la construction.** C'est le nom de la macro tel qu'il apparaîtra dans la boîte à outil **[macro]**.
- **Nom du premier objet final.** Ce nom apparaîtra pour identifier l'objet lors du passage du curseur. Par exemple si la macro construit la médiatrice de deux points, le nom du premier objet final pourra être **Cette médiatrice**.
- **Mot de passe.** Si un mot de passe est fourni, les objets intermédiaires de la macro seront inaccessibles dans la fenêtre montrant la macro sous forme de texte (accessible par **F10**).

L'autre partie de la fenêtre permet d'éditer l'icône de la macro. Le bouton Enregistrer permet d'enregistrer la macro seule dans un fichier. Une macro est enregistrée dans la figure où elle est définie, et dans les figures où elle est utilisée. Une macro chargée dans une figure est utilisable dans les autres figures ouvertes simultanément.

Si une macro portant le même nom et construisant les mêmes types d'objets finaux est déjà définie, Cabri Géomètre donne le choix entre surcharger ou remplacer la macro existante. Si on choisit de la surcharger, une des deux macros sera utilisée, selon les types d'objets initiaux sélectionnés. Par exemple, si une macro est définie à partir de deux points, on pourra la surcharger par une macro identique définie à partir d'un segment. Les outils standards **[constructions]Médiatrice**, **[constructions]Milieu**,... ont été surchargés de cette façon.

 Médiatrice

 Milieu

Pour utiliser la macro, on active l'outil correspondant de la boîte à outils **[macro]**, puis on sélectionne les objets initiaux. Quand tous les objets initiaux sont sélectionnés, la construction est reproduite, et on obtient les nouveaux objets finaux. Les objets intermédiaires sont cachés, et ne peuvent pas être montrés avec l'outil **[attributs]Cacher/Montrer**.

Lors de l'utilisation d'une macro, en pressant la touche **Alt** lors de la sélection d'un objet, on définit l'objet comme argument implicite de la macro. Lors des utilisations suivantes de la macro, il ne sera pas nécessaire de sélectionner cet argument, et l'objet sera automatiquement sélectionné. Si par exemple la macro attend deux points et un cercle, et qu'on l'applique une première fois en sélectionnant deux points, et en pressant **Alt** lors de la

sélection du cercle, alors on pourra ensuite appliquer la macro en sélectionnant seulement deux points, et le cercle précédemment sélectionné sera automatiquement sélectionné.

Ceci s'avère pratique par exemple en cas de géométrie hyperbolique; l'horizon du modèle de *Henri Poincaré*¹ peut être implicitement intégré à la macro.

Les attributs des objets finaux qui diffèrent des attributs par défaut au moment de la création de la macro sont enregistrés avec la macro, et appliqués aux objets créés par l'utilisation de la macro.

5.14 NOMBRE

5.14

Un nombre est un "réel" présent sur la feuille, éventuellement accompagné d'une unité. Les nombres sont affichés en tant qu'éléments dynamiques insérés dans un texte (voir la section **5.171 "Text"**). Lors de la création d'un nombre, Cabri Géomètre crée donc un texte contenant uniquement ce nombre. On peut ensuite éditer le texte librement.

L'outil **[texte et symboles]Nombre** permet de saisir un nombre directement sur la feuille de travail. Le nombre peut ensuite être édité et animé. Les flèches haut et bas qui apparaissent dans la fenêtre de texte qui contient le nombre, ainsi que l'animation, incrémentent ou décrémentent le nombre. Le pas d'incrément ou de décrément dépend de la position du curseur dans le texte. Par exemple, si le nombre affiché est 30,29 et que le curseur est entre les chiffres 2 et le 9, les flèches et l'animation modifieront le nombre par incréments de $\pm 0,1$.

L'outil **[mesure]Distance ou longueur** crée un nombre représentant la distance entre deux points, un point et une droite, un point et un cercle, ou la longueur d'un segment, d'un vecteur, ou le périmètre d'un polygone, d'un cercle, d'une ellipse, d'un arc de cercle. Le résultat est muni d'une unité de longueur, par défaut le cm.

L'outil **[mesure]Aire** construit un nombre représentant l'aire d'un polygone, d'un cercle, d'une ellipse. Le résultat est muni d'une unité de surface, par défaut le cm².

L'outil **[mesure]Pente** mesure la pente d'une droite, d'une demi-droite, d'un segment, d'un vecteur. Le résultat est sans dimension.

L'outil **[mesure]Mesure d'angle** construit la mesure d'un angle.

Il attend soit trois points A, O, B définissant l'angle (OA,OB) de sommet O , soit une marque d'angle déjà construite.

 2.1 Nombre

 Dist. ou long.

 Aire

 Pente

 Mesure d'angle

¹ *Henri Poincaré*,
1854-1912

L'outil [mesure]Calculatrice permet de faire des calculs à partir des nombres déjà présents sur la feuille, des constantes π et infini, et de réels directement. Les opérateurs usuels sont définis : $x + y$, $x - y$, $x * y$, x / y , $-x$, x^y , et les parenthèses.

La calculette reconnaît également les fonctions usuelles suivantes : $abs(x)$, $sqrt(x)$, $sin(x)$, $cos(x)$, $tan(x)$, $arcsin(x)$, $arccos(x)$, $arctan(x)$, $sinb(x)$, $cosb(x)$, $tanb(x)$, $arcsinb(x)$, $arccosb(x)$, $arctanb(x)$, $ln(x)$, $log(x)$, $exp(x)$, $min(x,y)$, $max(x,y)$, $ceil(x)$, $floor(x)$, $round(x)$, $sign(x)$, $random(x,y)$. Différentes variations de ces syntaxes sont également reconnues : une majuscule initiale, $asin$, sb , ash , $argsb$,...

Les fonctions inverses peuvent être sélectionnées à l'aide du bouton **inv** suivi de la fonction. Par exemple pour **arcsin**, on cliquera sur les boutons **inv** puis **sin**. Ceci est étendu à **inv-sqrt** qui donne **sqr**, **inv-ln** qui donne **exp** et **inv-log** qui donne 10^x .

À part les opérateurs classiques dont la sémantique est évidente, $floor(x)$ renvoie le plus grand entier inférieur ou égal à x , $ceil(x)$ renvoie le plus petit entier supérieur ou égal à x , $round(x)$ renvoie l'entier le plus proche de x en valeur absolue, $sign(x)$ renvoie -1 , 0 , ou $+1$ selon que x est négatif, nul, ou positif, et enfin $random(x,y)$ renvoie un nombre "réel" aléatoire entre x et y , suivant la loi de distribution uniforme.

Pour que le résultat de $random(x,y)$ soit mis à jour quand la figure est manipulée, il suffit d'introduire un paramètre dépendant de la figure dans les arguments de $random$, même si ce paramètre n'a aucun effet sur le résultat, par exemple $random(0,1 + 0 * a)$, avec a dépendant d'un élément libre de la figure.

Le bouton \square calcule le résultat. On peut ensuite le glisser-déposer librement sur la feuille. Ce résultat est, bien entendu, mis à jour lors des manipulations de la figure.

L'outil admet plus d'une unité dans le même calcul, par exemple pour la somme $1\text{cm} + 1\text{pouce}$ le résultat donné est $3,54\text{ cm}$.

L'outil [mesure]Appliquer une expression calcule la valeur d'une expression présente sur la feuille. On sélectionne l'expression, puis le logiciel attend que l'utilisateur sélectionne un nombre de la feuille pour chacune des variables de l'expression.

Par exemple si l'expression est $3 * x + 2 * y - 1$, Cabri Géomètre attendra un nombre pour x , puis un nombre pour y , puis créera un nouveau nombre représentant le résultat, que l'on placera librement sur la feuille. Ce nombre pourra servir de base à de nouveaux calculs.

Comme nous l'avons dit plus haut, un nombre n'apparaît à l'écran qu'à l'intérieur d'un texte. Un nombre hérite des attributs graphiques du texte dont il fait partie (voir les attributs de texte dans la section **5.171 "Text"**). En plus de ces attributs, il possède, comme attribut spécifique, le nombre de chiffres affichés. Dans le cas d'une expression du type $f(x)$, Cabri Géomètre demande la valeur de chaque variable a , b , c , ou x , y et il suffit ensuite d'un clic sur un des axes pour obtenir la représentation graphique de $y = f(x)$.

5.15 PROPRIÉTÉ

5.15

Une propriété est affichée sous la forme d'une partie de texte dans la figure. Elle est gérée de la même façon qu'un nombre, et mise à jour lors de la manipulation de la figure. Le texte correspondant à la propriété peut être édité.

L'outil **[propriétés]Alignés ?** vérifie l'alignement de trois points. Le texte correspondant est soit **Les points sont alignés**, soit **Les points ne sont pas alignés**.

 Alignés ?

L'outil **[propriétés]Parallèle ?** vérifie le parallélisme de deux directions. Chaque direction est définie par une droite, une demi-droite, un segment, un vecteur, un côté de polygone, un axe. Le résultat est soit **Les objets sont parallèles**, soit **Les objets ne sont pas parallèles**.

 Parallèle ?

L'outil **[propriétés]Perpendiculaire ?** vérifie la perpendicularité de deux directions. Son fonctionnement est identique à l'outil **[propriétés]Parallèle ?**.

 Perpendiculaire ?

L'outil **[propriétés]Equidistant ?** attend la sélection de trois points O , A , et B et vérifie si les distances OA et OB sont égales. Le résultat est soit **Les points sont équidistants**, soit **Les points ne sont pas équidistants**.

 Equidistants ?

L'outil **[propriétés]Appartient ?** attend la sélection d'un point et d'un autre objet qui ne soit pas un point, et vérifie que le point est sur l'objet. Le résultat est soit **Le point est sur l'objet**, soit **Le point n'est pas sur l'objet**.

 Appartient ?

Une propriété hérite des attributs du texte dont elle fait partie (voir les attributs de texte dans la section **5.171 "Text"**).

5.16

5.16 EXPRESSION

Une expression est un texte représentant une expression syntaxiquement correcte pour la calculatrice et contenant une ou plusieurs variables. Les noms admis pour les variables sont a, b, \dots, z .

$\frac{3x+2y}{}$ Expression

L'outil [texte et symboles]Expression permet de créer une nouvelle expression. Les expressions sont éditées comme des textes. Leur correction syntaxique n'est vérifiée qu'au moment de l'application. (voir la section précédente sur les nombres).

$\frac{3x+2y}{}$ Appliquer expr.

Les opérateurs sont requis : " $\exists * x$ " est reconnu, $\exists x$ ne l'est pas. Une expression peut ensuite être calculée pour différentes valeurs de ses variables, en utilisant l'outil [mesure]Appliquer une expression. Cet outil attend la sélection d'une expression, puis de nombres sur la feuille correspondant aux valeurs des différentes variables. Dans le cas où l'expression $f(x)$ comporte l'unique variable x , cet outil permet également de sélectionner l'expression, puis un axe, et va alors dessiner directement le graphe de la fonction correspondante $y = f(x)$. Les attributs d'une expression sont sa police de caractères, son alignement, les couleurs de fond, du cadre, et des caractères.

5.17

5.17 TEXT

Un texte est un rectangle contenant des caractères "statiques" et des éléments "dynamiques". Les éléments dynamiques sont mis à jour avec la figure; ce sont les nombres et les propriétés présents sur la feuille.

Tous les textes présents sur la feuille sont éditables librement. Les outils construisant des nombres ou des propriétés construisent implicitement un texte contenant le nombre ou la propriété. Si on mesure la distance entre deux points A et B , on peut ainsi directement ajouter les caractères "**AB =**" devant le nombre contenu dans le texte ainsi créé.

$\frac{Ab}{}$ Texte

L'outil [texte et symboles]Texte permet de créer ou d'éditer un texte. Lors de l'édition, on peut inclure dans le texte des éléments dynamiques tels que nombres et propriétés.

Les éléments de texte insérés, tels que noms d'objet, valeurs, propriétés, sont automatiquement mis à jour avec les modifications ou évolutions de la construction.

L'outil **[mesure]Coordonnées ou équation** crée un texte représentant les coordonnées des points ou l'équation des autres objets sélectionnés. Ces objet peuvent être un point, une droite, un cercle, une conique, un lieu. Dans le cas des points, on obtient un texte du type (3,14; 2,07). Pour les autres objets, on obtient une équation algébrique sous différentes formes selon le réglage des préférences : $ax + by + c = 0$ ou $y = ax + b$ pour les droites et $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$ ou $(x - x_0)^2 / a^2 \pm (y - y_0)^2 / b^2 = \pm 1$ pour les coniques.

L'algorithme de détermination des équations s'applique aux courbes algébriques de degré au plus égal à 6.

Quand plusieurs axes sont définis, l'outil **[mesure]Coordonnées ou équation** attend la sélection d'un des axes.

Les attributs d'un texte sont sa police de caractères, son alignement, les trois couleurs de fond, du cadre, et de texte.

Les équations possèdent comme attributs supplémentaires le type de l'équation et le système de coordonnées utilisées.

 **Coord. ou équat.**

5.18 MARQUE D'ANGLE

5.18

Une marque d'angle est construite à l'aide de l'outil **[texte et symboles]Marquer un angle**. L'outil attend trois points A , O , et B et marque l'angle (OA,OB) de sommet O . Si l'angle est droit, la marque prend automatiquement une forme spécifique.

 **Marquer un angle**

L'outil **[manipulation]Pointer** permet de modifier la taille de la marque, et aussi de marquer l'angle concave, complément du convexe créé : pour ce faire, il suffit de glisser-déposer la marque en "traversant" le sommet de l'angle, pour la passer de l'autre côté de ce sommet.

Les attributs d'une marque d'angle sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait, son type de marque, son label.

5.19

5.19 AXES

Un système d'axes est composé d'un point (l'origine) et de deux droites (les axes) passant par ce point, et munies chacune d'un point unité. Les axes ne sont pas nécessairement perpendiculaires, mais pour qu'ils définissent un repère, ils ne doivent pas être confondus.

Toute figure dispose d'une origine et d'axes par défaut. L'origine est initialement au centre de la feuille et les axes sont perpendiculaires avec une unité de 1cm.

Les outils [attributs]Montrer les axes et [attributs]Cacher les axes permettent de montrer et cacher les axes par défaut.

L'outil [attributs]Nouveaux axes permet de créer de nouveaux axes selon deux cheminements possibles :

- un point et deux directions; en trois clics, sont successivement définis : le point d'origine, la direction du premier axe, puis celle du second. L'échelle est automatiquement définie avec 1cm pour unité sur chacun des axes.

- un point, une direction et une échelle; créer un point puis activer l'outil [attributs]Nouveaux axes. En trois clics sont successivement définis : le point d'origine, la direction ainsi que l'échelle du premier axe si l'on utilise le point initialement créé (ou créé "à la volée" à l'aide de la touche **Alt**), enfin la direction du second axe.

Les attributs d'un système d'axes sont sa couleur, son épaisseur, son type de trait.

 Montrer les axes

 Cacher les axes

 Nouveaux axes

5.20

5.20 GRILLE

Une grille est définie à partir du système d'axes. Elle représente un ensemble infini de points régulièrement répartis selon les axes dans la feuille (soit en coordonnées cartésiennes, soit en coordonnées polaires).

On crée une grille avec l'outil [attributs]Grille en sélectionnant un système d'axes.

Les attributs d'une grille sont la couleur de ses points, et le type de système de coordonnées choisi (cartésien ou polaire).

 Grille

5.21 TABLE

5.21

Il s'agit d'un tableau, destiné à recueillir des séries de nombres issus de la feuille de travail. Une figure ne peut contenir qu'une seule table.

On crée une table avec l'outil **[mesure]Table**. Un premier clic crée la table à la position du curseur ; en cliquant ensuite sur des nombres existants, on les place dans les premières cellules de la première ligne. Avec l'outil **[manipulation]Pointer**, on pourra reselectionner la table, et dimensionner sa fenêtre en plaçant le curseur dans son coin inférieur droit. Si un texte est ajouté devant le nombre, ce texte sera utilisé comme titre de la colonne correspondante.

On peut ensuite manipuler la figure et utiliser la touche **Tab** pour créer une nouvelle ligne avec les valeurs courantes des nombres choisis. Si on sélectionne la table avant de lancer une animation, la table sera remplie automatiquement lors de l'animation, à concurrence de 1000 lignes.

Si on sélectionne une table avant d'effectuer la commande **[Edition]Copier**, le contenu numérique de la table est copié sous forme de texte dans le presse-papiers, et peut être collé tel quel dans un tableur comme Microsoft® Excel, ce qui permet d'exploiter les données produites.



OUTILS D'EXPLORATION

6.1 TRACE

L'outil [texte et symboles]**Trace** permet de sélectionner les objets laissant une trace lors de la manipulation de la figure. Quand l'outil est actif, les objets laissant une trace sont signalés par un clignotement. On ajoute ou supprime les objets de la liste en les sélectionnant, comme pour les autres outils de ce type (objets initiaux et finaux d'une macro, objets cachés).

Lors de manipulations de la figure, les objets sélectionnés vont laisser une trace de leur position, ce qui permet d'étudier leurs variations.

6.1



Trace

6.2 PUNAISES

L'outil [texte et symboles]**Punaiser/dépunaiser** permet de fixer la position de points libres ou libres sur un objet. Ces points apparaissent alors avec une petite punaise quand l'outil est activé. Punaiser un point fait qu'on ne peut plus manipuler non seulement ce point, mais également tous les objets intervenant dans sa construction.

6.2



Punaiser/Dép.

6.3 REDEFINITION

La redéfinition est une fonction puissante permettant de modifier la définition d'un élément déjà construit. On peut par exemple remplacer une construction par une autre, ou diminuer ou augmenter le nombre de degrés de liberté d'un objet. Pour redéfinir un objet, on active l'outil [constructions]**Redéfinir un objet**, puis on sélectionne l'objet. Un menu (dépendant de l'objet) apparaît alors, permettant de choisir le type de redéfinition à effectuer. Selon l'option choisie, il faut alors sélectionner un ou plusieurs objets, ou éventuellement aucun.

6.3



Redéfinir un objet

6.4 ANIMATION

Les outils [texte et symboles]Animation et [texte et symboles]Animation multiple permettent d'animer un ou plusieurs éléments de la figure. Animer une figure consiste à "lancer" un ou plusieurs objets selon une trajectoire définie par l'utilisateur.

Animation

Pour lancer une animation simple, on active l'outil [texte et symboles]Animation, puis on clique sur l'objet à animer et, en maintenant le bouton enfoncé, on déplace le curseur. On tend alors un petit "ressort", qui fixe la direction et la vitesse de l'animation. La vitesse de l'animation est initialement réglée avec la taille du ressort. Ensuite elle est ajustée avec les touches "+" ou "-".

L'animation démarre lorsque le bouton de la souris est relâché, et se poursuit tant que l'outil est actif. Elle s'arrête avec un clic sur sur une zone libre de la feuille.

Les points définis comme "points sur objet" sont animés en continu sur leur objet support. Les points définis comme "points sur une droite" sont animés en mouvement va et vient.

Enfin, un nombre (seul ou dans un texte) peut être animé de haut en bas.

Animation mult.

Pour définir et lancer une animation multiple, on active l'outil [texte et symboles]Animation multiple. Une fenêtre de contrôle apparaît alors. Elle permet de définir et de supprimer des ressorts (boutons du haut), de lancer et d'arrêter l'animation (bouton en bas à gauche), et de remettre la figure dans l'état initial (bouton en bas à droite).

Pour l'animation multiple, cliquer une fois sur chaque objet à animer. Ceci crée un ressort avec une extrémité liée à l'objet.

Avec la souris, tirer sur l'autre extrémité du ressort pour définir la direction et la vitesse d'animation de l'objet.

Les paramètres de l'animation multiple sont conservés lorsqu'on quitte cet outil, et lorsqu'on enregistre la figure. Une option lors de la sauvegarde permet de lancer automatiquement l'animation multiple à l'ouverture de la figure.

6.5 ENREGISTREMENT DE LA SESSION

6.5

Le menu [Session] permet d'enregistrer une session d'utilisation, par exemple pour analyser les stratégies de résolutions d'un élève, et de l'imprimer étape par étape (il y a plusieurs étapes par page). Ceci permet aussi un retour en arrière sur la construction, et correspond à une fonction "Annuler", sans limite.

6.6 DESCRIPTION DE LA FIGURE

6.6

La touche **F10** permet d'afficher et de masquer la fenêtre-texte. Dans cette fenêtre, apparaît sous forme textuelle l'ensemble des constructions de la figure, dans l'ordre chronologique de leur création.

Un clic sur un objet met en gras les objets servant à le construire. On peut utiliser également cette fenêtre pour désigner des objets et nommer ceux qui ne le sont pas.

Le contenu de cette fenêtre peut être copié et collé dans d'autres applications, comme texte descriptif de la figure. La copie se fait à partir du menu contextuel obtenu par un clic-droit dans la fenêtre de description.

Ce menu contextuel permet également d'afficher les objets cachés et les objets intermédiaires des macros (éventuellement après la saisie d'un mot de passe défini lors de la création de la macro ou de la sauvegarde de la figure).

Un clic sur un objet de la figure met en évidence la ligne correspondante dans la fenêtre texte. Inversement, un clic sur une ligne de la fenêtre sélectionne l'objet correspondant dans la constructin.

ATTRIBUTS

Les attributs d'un objet sont accessibles en général de plusieurs façons :

- en utilisant un outil de la boîte **[attributs]** changeant spécifiquement un attribut,
- en utilisant l'outil **[attributs]Aspect**,
- à travers le menu contextuel de l'objet, accessible par un clic du bouton droit quand le curseur est sur l'objet,
- à l'aide de la barre d'attributs, que l'on rend visible en sélectionnant le menu **[Options]Montrer les attributs** ou en pressant la touche **F9**,
- la boîte de dialogue "Préférences" permet de modifier les attributs par défaut des nouveaux objets, mais également ceux des objets sélectionnés (voir le chapitre **181 "PRÉFÉRENCES ET PERSONNALISATION"**).

Les attributs par défaut des nouveaux objets lors de leur création sont définis dans la boîte de dialogue des préférences (voir le chapitre **181 "PRÉFÉRENCES ET PERSONNALISATION"**).

7.1 COULEUR

Pour les points, il s'agit de la couleur du point; pour les courbes, de la couleur de la courbe; pour les textes, de la couleur des caractères.

La couleur est modifiée avec l'outil **[attributs]Couleur**, en sélectionnant dans la palette la couleur choisie, puis en sélectionnant les objets devant recevoir la couleur.



7.1



La couleur est également modifiée avec l'outil  de la barre d'attributs, en sélectionnant le ou les objets à colorier, puis la couleur.

Enfin, on peut assigner une couleur calculée à un objet. Ceci se fait uniquement à travers le menu contextuel de l'objet, en choisissant [Bouton droit]Couleur variable : sélectionner le paramètre rouge/vert/bleu. Cabri Géomètre attend alors la sélection d'un nombre sur la feuille de travail. La correspondance entre l'intensité i de la composante dans l'intervalle $[0,1]$ et le nombre x sélectionné est déterminée par une fonction en "dents de scie" de période 2. Elle correspond à l'identité ($i = x$) entre 0 et 1, puis décroît linéairement entre 1 et 2 ($i = 2 - x$) pour retourner à 0. Par exemple, le nombre 7,36 correspond à la même intensité que 5,36 ou 3,36 ou 1,36 ou -0,64,... du fait de la périodicité. Le nombre $7,36 \equiv 1,36 \pmod{2}$, 1,36 se situe bien dans l'intervalle $[1,2]$, cette intensité est donc de $2 - 1,36 = 0,64$.

Les composantes non définies sont à 0. En coordonnées (Rouge,Vert,Bleu), (0,0,0) correspond au noir, (1,1,1) au blanc, (1,0,0) au rouge, (0,1,0) au vert, (0,0,1) au bleu, (1,1,0) au jaune, (1,0,1) au rose magenta, et (0,1,1) au bleu cyan.

7.2

7.2 COULEUR DE REMPLISSAGE

 Remplir...

Cette couleur concerne les cercles, arcs, polygones, et textes. Pour les textes, il s'agit de la couleur de fond du rectangle englobant le texte. La couleur de remplissage est modifiée avec l'outil [attributs]Remplir, en sélectionnant dans la palette la couleur choisie, puis en sélectionnant les objets devant la recevoir. Pour annuler une couleur de remplissage, il suffit d'appliquer de nouveau la même couleur. La couleur de remplissage est également modifiée avec l'outil  de la barre d'attributs, en sélectionnant le ou les objets à remplir, puis la couleur. On peut assigner une couleur de remplissage calculée à un objet, à travers le menu contextuel de l'objet. Le fonctionnement est le même que pour la couleur (voir section précédente). Par défaut les objets mélangent leur couleur. On peut rendre un objet opaque/transparent en activant son menu contextuel. Le mélange se fait par un "et" logique, approchant la synthèse additive des couleurs. Par exemple, le mélange de jaune et de bleu cyan donnera le vert ($(1,1,0)$ et $(0,1,1) = (0,1,0)$). Les objets opaques sont affichés "au-dessus" des objets transparents, dans leur ordre de création.

7.3 COULEUR DE TEXTE

Il s'agit de la couleur des caractères d'un texte.

L'outil [attributs]Couleur du texte permet de modifier la couleur de texte. On sélectionne la couleur, puis les objets concernés.

L'outil **A** de la barre d'attributs permet également de modifier la couleur de texte. On sélectionne les objets, puis la couleur dans la palette.

7.3



7.4 TYPE ET TAILLE DE POINT

La taille des points est modifiée par l'outil [attributs]Epaisseur.

Elle est également accessible par l'outil correspondant de la barre d'attributs. Le type des points est accessible à travers l'outil [attributs]Aspect, et également par la barre d'attributs.

7.4




7.5 TYPE ET EPAISSEUR DE TRAIT, DROITES INTELLIGENTES

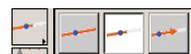
Le type (continu, tirets, pointillés) et l'épaisseur (normal, épais, très épais) de trait sont accessibles par les outils [attributs]Pointillé et [attributs]Epaisseur, et également par les outils correspondants de la barre d'attributs. L'affichage des droites et demi-droites peut être soit limité à la fenêtre (par défaut), soit limité à la zone utilisée des droites et demi-droites ("droites intelligentes").

Dans ce cas, Cabri Géomètre détermine où arrêter l'affichage en fonction des points présents sur la droite.

On a deux possibilités de dessin pour les "droites intelligentes" : avec ou sans flèche. Ce choix est accessible par la barre d'attributs. L'extrémité des droites "intelligentes" peut être librement déplacée. En demandant [point]Points d'intersection de deux "droites intelligentes" non parallèles entre elles, l'affichage de ces deux droites est automatiquement étendu au-delà du point d'intersection.

7.5





7.6 CARACTERES ET ALIGNEMENT

L'alignement des zones de texte (gauche, droite, centré) est modifié par l'intermédiaire du menu contextuel du bloc de texte.

Ce menu permet également de modifier la police, la taille et le style des caractères sélectionnés d'une zone de texte. Chaque caractère peut avoir des attributs différents. Le menu [Options]Caractères... permet également d'éditer les attributs des caractères.

7.6

7.7

7.7 EQUATIONS ET CHIFFRES SIGNIFICATIFS

Le nombre de chiffres significatifs affichés pour les nombres est défini par défaut dans les préférences. On peut le modifier en sélectionnant le nombre et en appuyant sur les touches **-** et **+**.

Le type et le format d'une équation peuvent être modifiés par le menu contextuel associé à l'équation, et également par le dialogue des préférences.

7.8

7.8 IMAGES ATTACHEES AUX OBJETS

Cabri Géomètre II Plus permet d'associer des images bitmap (aux formats GIF, JPG ou BMP) aux points, aux segments, aux triangles, aux quadrilatères, et au fond de la fenêtre. Cette fonctionnalité vous permet de remplacer la représentation par défaut de ces objets par une image de votre choix.

Dans le cas d'un triangle, l'image est recadrée dans un parallélogramme dont trois des sommets sont ceux du triangle.

Dans tous les cas, l'accès à cette fonctionnalité se fait à travers le menu contextuel de l'objet concerné, lui-même accessible par un clic sur le bouton droit de la souris alors que l'outil **[manipulation]Pointer** est actif.

Dans le cas d'une image en fond de fenêtre, on cliquera sur le bouton droit dans une zone vide.

Le menu donne ensuite le choix entre des images par défaut (les écrans des calculettes TI-83, TI-89, TI-92) et la lecture d'un fichier au format GIF, JPG, ou BMP.

Une fois l'image attachée, on peut la supprimer par l'intermédiaire du menu contextuel.

 Pointer

7.9

7.9 BARRE D'ATTRIBUTS "À LA VOLÉE"

Après avoir initié une construction, par exemple après avoir cliqué sur un premier point pour tracer une droite, il est possible de cliquer sur un des boutons "Attributs" de la barre d'Attributs pour modifier "à la volée" l'attribut correspondant (la couleur, l'épaisseur, l'option "droite intelligente") de la droite en construction.

PREFERENCES ET PERSONNALISATION

8.1 BOITE DE DIALOGUE DES PREFERENCES

8.1

La boîte de dialogue des préférences permet de modifier les attributs d'objets existants et des nouveaux objets, et également de paramétrer le comportement du logiciel. On y accède par le menu **[Options]Préférences**. Cette boîte de dialogue comporte un certain nombre de volets thématiques que nous détaillons dans les paragraphes suivants.

Dans tous les volets, un bouton "Réglages d'origine" permet de rappeler dans le volet courant les "réglages d'usine" du logiciel : ce sont les réglages initiaux de l'application à son installation.

Dans les volets modifiant des attributs des objets, un bouton "Appliquer" et deux cases à cocher "à la sélection" et "aux nouveaux objets" permettent d'appliquer les réglages faits dans le volet aux objets sélectionnés, et/ou de mémoriser ces attributs pour les appliquer lors de la construction de nouveaux objets.

Dans la partie commune à tous les volets (en bas), un bouton "Enregistrer" permet de sauvegarder dans un fichier **.ini** l'ensemble des préférences actuelles. Elles seront appliquées quand ce fichier sera ouvert par le menu **[Fichier]Ouvrir**.

Le bouton "Fermer" ferme la boîte de dialogue sans appliquer aucune modification supplémentaire et sans altérer le fichier de configuration par défaut. Le bouton "OK" ferme la boîte de dialogue après avoir appliqué les modifications apportées dans chaque volet, et éventuellement altéré le fichier de configuration par défaut si la case "Conserver comme défauts" est cochée.

Les paragraphes suivants détaillent un par un les différents volets de la boîte de dialogue des préférences.

8.1.1

8.1.1 Lieux

Ce volet concerne les attributs spécifiques des lieux. Le “Nombre d’objets d’un lieu” est le nombre minimal de positions du point variable à prendre en compte pour tracer le lieu.

Dans le cas de lieux de points, on a le choix entre relier les points pour obtenir une courbe, ou dessiner simplement un ensemble discret de points. Dans le cas de lieux de droites, demi-droites, segments, vecteurs, cercles et coniques, Cabri Géomètre peut calculer l’enveloppe des objets, c’est à dire la courbe tangente à tous les objets du lieu, ou dessiner simplement l’ensemble des objets, selon le choix retenu dans la case “Enveloppe”.

8.1.2

8.1.2 Styles

Ce volet concerne les attributs communs aux textes et aux objets graphiques. Pour chaque type de texte, on pourra choisir une police de caractères, avec son style, sa taille et sa couleur. Pour chaque type d’objet graphique, on choisira la couleur, le style de trait, l’épaisseur du trait, le style de point, la taille de point, le style de terminaison, le style de marque d’angle. Selon le type d’objet, certains de ces attributs ne servent pas et ne sont donc pas affichés.

8.1.3

8.1.3 Géométrie

Ce volet permet de contrôler le comportement du moteur géométrique. Par défaut, Cabri Géomètre crée implicitement des points au cours des constructions, quand on sélectionne un point non encore défini sur une courbe ou sur une intersection.

Souvent, ceci accroît considérablement le confort d’utilisation et la rapidité de construction des figures. Néanmoins, on peut désactiver ce comportement.

La gestion de l’infini désigne les extensions de Cabri Géomètre au plan euclidien servant de modèle géométrique à l’application.

Si cette option est activée, le modèle est étendu par une droite “à l’infini” : deux droites parallèles auront un point d’intersection, un cercle pourra avoir son centre à l’infini, etc.

Certaines constructions qui sont spécifiquement non projectives ne sont pas extensibles. Par exemple, un segment ne pourra pas avoir une de ses extrémités à l'infini, et ne sera donc pas défini dans ce cas, quelle que soit l'option choisie.

8.1.4 Préférences du système

8.1.4

Ce volet permet de contrôler le comportement système et l'interface de l'application.

Si l'option "Copier/coller via un bitmap" est activée, la commande [Edition]Copier placera dans le presse-papiers du système une image *bitmap* du rectangle sélectionné. Si cette option n'est pas activée, l'ensemble des objets sélectionnés seront placés dans le presse-papiers sous forme vectorielle (*Windows Metafile*). Pour plus de détails sur cette option, voir le chapitre **1101 "EXPORTATION ET IMPRESSION"**.

Si l'option "Enlever Annuler/Refaire" est activée, la fonction d'annulation et restauration de la dernière action ne sera pas activée dans le menu [Edition].

La *tolérance* est la distance autour de laquelle l'application cherche les éléments sous le curseur. Une tolérance plus importante facilite la sélection des objets isolés, mais devient gênante dans le cas d'objets superposés ou proches.

La *police du curseur* est la police de caractère avec laquelle sont affichés les textes dynamiques apparaissant à côté du curseur lors de son déplacement, par exemple **Symétrique de ce point...** La police des outils est utilisée lors du déroulement des différentes boîtes à outils pour afficher les noms des outils.

8.1.5 Precision d'affichage et unités

8.1.5

Ce volet contrôle les attributs des nombres obtenus lors de mesures sur la figure.

Pour les différents types de nombres (longueurs, angles, autres), on sélectionne le nombre de chiffres affichés après la virgule, et l'unité (pour longueurs et angles).

8.1.6 Système de coordonnées et équation

Ce volet contrôle le style d'affichage et le système de coordonnées pour les équations de droites, cercles, coniques. Dans tous les cas, Cabri Géomètre essaye d'obtenir des coefficients entiers ou rationnels dans les équations.

Pour les droites, on choisit entre des équations de type $y = ax + b$ (qui devient éventuellement $x = \text{Constante}$) et $ax + by + c = 0$.

Pour les cercles, on choisit entre l'équation générale $x^2 + y^2 + ax + by + c = 0$, et l'équation faisant apparaître les coordonnées du centre et le rayon $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$.

Dans ce cas, si le centre du cercle est à l'infini, et si la gestion de l'infini est activée, Cabri Géomètre affichera une équation du type $y = ax + b$ et Droite de l'infini, et le cercle sera représenté par une droite.

Si la droite elle-même est à l'infini, l'affichage se transforme en droite de l'infini double (obtenue pour un cercle défini par son centre à l'infini et par un autre point sur sa circonférence également à l'infini).

Pour les coniques, on choisit entre l'équation générale $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$, et l'équation faisant apparaître le centre de la conique $(x - x_0)^2 / a^2 \pm (y - y_0)^2 / b^2 = \pm 1$. Dans ce cas, la conique doit être une conique à centre (ellipse, hyperbole), et ses axes doivent être parallèles aux axes de coordonnées.

Si ce n'est pas le cas, la forme générale est utilisée.

Pour les lieux, seul le système de coordonnées cartésiennes est utilisé. Si une des deux coordonnées x ou y peut être isolée dans l'équation obtenue, alors l'affichage est du type $x = f(y)$ or $y = f(x)$; sinon l'affichage prend la forme générale d'une somme de monômes $a_{ij} x^i y^j$ égale à 0.

8.2 BARRES D'OUTILS PERSONNALISEES

L'utilisateur peut ajouter ses propres outils (construits en utilisant des macros) à la barre d'outils, et également regrouper ces outils dans d'autres boîtes à outils. On peut également supprimer des outils de la barre d'outils.

Cette personnalisation est utile pour étendre Cabri Géomètre, et également, en classe, pour travailler sur des exercices avec un nombre d'outils restreints (par exemple sans perpendiculaires ni parallèles). Pour le travail en classe, la barre d'outils personnalisée peut être protégée par un mot de passe, évitant ainsi que les élèves ne la modifient.

Lors de la création de macros, les outils correspondants sont ajoutés dans la boîte à outils **[macros]**.

L'édition de la barre d'outils se fait en sélectionnant **[Options]Configuration des outils...**; la boîte de dialogue de personnalisation apparaît alors. Tant qu'elle est affichée, les outils sont déplaçables d'une boîte à l'autre : un clic pour sélectionner un outil, et un autre pour le glisser-déposer. Pour supprimer un outil, on le dépose dans la boîte à outils "Poubelle" dont l'icône apparaît tout à droite de la barre d'outils.

Les modifications de la barre d'outils ne sont pas sauvegardées avec les figures. La barre d'outils doit donc être enregistrée pour être réutilisée dans une autre session.

Si un mot de passe est entré lors de la modification de la barre d'outils, il sera demandé avant de pouvoir la modifier de nouveau.

8.3 LANGUE

8.3

Le menu **[Options]Langue** donne accès à une boîte de dialogue d'ouverture de fichier. Cette boîte permet de sélectionner un fichier de langue Cabri Géomètre, d'extension **.cgl**, contenant l'ensemble des textes affichés par le logiciel dans une langue donnée. La nouvelle langue est installée immédiatement sans avoir à relancer l'application.

Après l'installation de la nouvelle langue, Cabri Géomètre demande s'il doit désormais charger systématiquement ce fichier de langue lors du lancement de l'application.

Glisser-déposer un fichier xxx.cgl est aussi possible.

Les fichiers de langues distribués avec l'application varient selon le distributeur. Cabri Géomètre a été traduit dans la plupart des langues par des professeurs de mathématiques exerçant dans les pays concernés.

Vous pouvez nous contacter à **support@cabri.com** pour d'éventuelles questions sur les langues disponibles.

INTERFACE

9.1 BARRE DE MENU

9.1

1. Fichier

PC	MENU	ACTION
Ctrl+N	Nouveau	Ouvre une nouvelle figure qui devient document actif.
Ctrl+O	Ouvrir...	Ouvre une figure Cabri Géomètre II ou II Plus.
Ctrl+W	Fermer	Ferme le document actif.
Ctrl+S	Enregistrer	Enregistre le document actif.
	Enregistrer sous...	Enregistre le document actif sous un nom de fichier à spécifier.
	Exporter pour calculatrice...	Enregistre le document au format compatible avec les versions de Cabri installées dans les calculatrices Texas Instruments.
	Versión précédente...	Permet de revenir à la version précédemment enregistrée du diagramme. Toutes les modifications effectuées depuis le dernier enregistrement seront perdues.
	Montrer la page...	Visualisation de la feuille virtuelle (1 m x1 m). Permet le repositionnement de la fenêtre par rapport à la feuille.
	Mise en Page...	Définition des paramètres d'impression.
Ctrl+P	Imprimer...	Impression de la feuille courante ou de la zone d'impression sélectionnée.
Alt+F4	Quitter	Quitte Cabri-Géomètre II Plus.

2. Edition

PC	MENU	ACTION
Ctrl+Z	Annuler	Annule la dernière action réalisée.
Ctrl+X	Couper	Coupe = supprime les éléments sélectionnés et les copie dans le presse-papiers.
Ctrl+C	Copier	Copie les éléments sélectionnés dans le presse-papiers.
Ctrl+V	Coller	Colle = ajoute les éléments précédemment copiés dans le presse-papiers.
Del	Effacer	Efface les éléments sélectionnés.
Ctrl+A	Tout sélectionner	Sélectionne tous les objets de la figure.
	Revoir la construction...	Permet de revoir le déroulement de la construction. Plusieurs options sont possibles.
Ctrl+F	Tout redessiner	Redessine entièrement le contenu de la fenêtre.

3. Options

F9	Montrer les attributs	Affiche ou cache la barre d'outils qui contrôlent l'aspect des objets.
F10	Montrer la description	Affiche ou cache la description textuelle de la construction.
	Préférences...	Choix par défaut relatif aux lieux, repères, unités, précision, format d'équation.
	Configuration des outils...	Choix et disposition des outils.
	Langue...	Choix d'une langue.
	Police...	Sélection de paramètres d'affichage des caractères.

4. Fenêtre

PC	MENU	ACTION
	Cascade Mosaïque horizontale Mosaïque verticale Tout fermer	Menu standard de Windows pour gérer les fichiers ouverts et la présentation des fenêtres.
	Figure 1...	La liste des documents ouverts est présente dans ce menu.

5. Session

F2	Commencer l'enregistrement	Commencer ou arrêter l'enregistrement d'une session.
F4	Lire une session	Sélectionner un fichier. Permet de revoir le déroulement de la construction.
F5	Imprimer une session	Imprime une session selon paramètres d'impression indiqués.
F6	Précédent	Montre l'étape précédente de la construction.
F7	Suivant	Montre l'étape suivante de la construction.

6. Aide

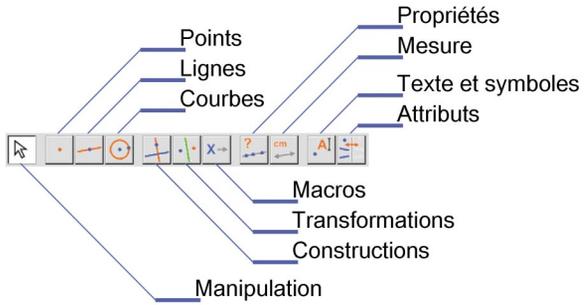
F1	Aide	Affiche l'aide pour l'outil courant, au bas de l'écran.
	A propos de Cabri Géomètre II Plus	Affiche le numéro de la version du logiciel ainsi que le type de licence enregistré.

7. Autres

Ctrl+D	Affiche en mode gras ou normal, pour faciliter les projections ou l'utilisation par les malvoyants ou lors des représentations.
Ctrl++	Dilatation globale (effet de type Zoom avant).
Ctrl+-	Réduction globale (effet de type Zoom arrière).
Ctrl+U	Affiche le menu qui permet de changer l'unité de mesure sélectionnée.
Ctrl+Tab	Passe au premier plan une figure déjà ouverte.
	Un click prolongé sur une zone libre de la feuille de travail fait clignoter tous les points libres de la construction.

9.2 BARRE D'OUTILS

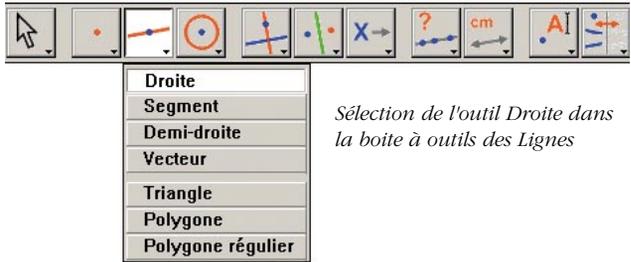
La barre d'outils, par défaut, de Cabri Géomètre II Plus est la suivante :



Elle peut être entièrement redéfinie par l'utilisateur (Cf chapitre **181 "PRÉFÉRENCES ET PERSONNALISATION"**).

Chaque icône correspond à un mot (ou groupe de mots) qui permet de décrire l'objet concerné.

Ceci est fondamental pour l'enseignement de la géométrie à des enfants qui manipulent les objets en même temps qu'ils apprennent la terminologie qui permet d'en parler.



Avec un clic prolongé (appui continu sur le bouton gauche de la souris) sur une icône, on déroule une boîte à outils : on obtient une liste dans laquelle on peut choisir un nouvel outil.

L'icône de l'outil choisi vient remplacer l'icône initiale dans la barre. Un simple clic rapide sur une icône sélectionne l'outil correspondant. Nous donnons, ci-après, la liste des icônes disponibles dans la barre des icônes.

1. Manipulation

	Pointer	Sélectionne et déplace les objets en translation.
	Tourner	Fait tourner un objet autour de son centre de gravité ou d'un point.
	Dilater/Réduire	Dilata ou réduit un objet autour de son centre de gravité. Homothétie sur un objet et par rapport à son centre.
	Tourner et Dilater	Tourne et dilate simultanément un objet autour de son centre géométrique ou d'un point (combinaison homothétie et rotation)

2. Points

	Point	Crée un nouveau point libre sur la feuille, sur l'objet ou à l'intersection de deux objets (selon position du curseur).
	Point sur un objet	Construit un point libre sur un objet (sélection d'un point sur un objet existant).
	Point(s) d'intersection	Construit le ou les points d'intersection de deux objets (sélection des deux objets).

3. Lignes

	Droite	Construit une droite, déterminée soit par deux points, soit par un point et une direction sélectionnée par un second clic. En outre, si la touche Alt est enfoncée au moment de la sélection de la direction, un deuxième point est créé.
	Segment	Construit le segment déterminé par deux points (sélection des deux points).
	Demi-droite	Construit la demi-droite déterminée par un point et une direction ou un deuxième point.
	Vecteur	Construit le vecteur déterminé par deux points, le premier est l'origine.
	Triangle	Construit le triangle déterminé par trois points (sélection des trois points).
	Polygone	Construit le polygone déterminé par n points ($3 \leq n \leq 128$). Pour terminer la construction, on peut soit double-cliquer sur le dernier point soit re-cliquer sur le premier point.
	Polygone régulier	Construit le polygone régulier déterminé par un point qui en sera le centre, un deuxième point pour le rayon, et le nombre de côtés. On sélectionne le nombre de côtés ou de branches d'étoile en déplaçant le curseur autour du centre : dans le demi cercle à droite du centre pour le polygone et à gauche du centre pour l'étoile. Un symbole $\{n/p\}$ représente une étoile à n branches obtenue en prenant un sommet tous les p sommets sur le polygone régulier à {n} côtés.

4. Courbes

	Cercle	Construit un cercle. Sélectionner un point existant ou créer un nouveau point qui devient centre du cercle, puis déterminer la longueur du rayon en cliquant à la distance voulue.
	Arc	Construit l'arc de cercle déterminé par trois points. Le premier et le troisième point sont les extrémités de l'arc. Le deuxième point définit à la fois le cercle contenant l'arc et la partie du cercle à conserver : celle où se trouve le deuxième point.
	Conique	Construit la conique déterminée par 5 points dont au plus 3 sont alignés.

5. Constructions

	Droite perpendiculaire	Construit la droite passant par un point et perpendiculaire à une direction donnée (sélection d'un point et d'une direction : droite, demi-droite, segment, axe...).
	Droite parallèle	Construit la droite passant par un point et parallèle à une direction donnée.
	Milieu	Construit le milieu de deux points ou d'un segment (sélection de deux points, d'un segment, vecteur, côté de polygone).
	Médiatrice	Construit la médiatrice d'un segment (droite passant par son milieu et perpendiculaire à sa direction). Il suffit de sélectionner l'objet : segment, côté, vecteur, deux points.
	Bissectrice	Construit la bissectrice d'un angle désigné par trois points ABC qui, dans cet ordre, définissent l'angle de sommet B .
	Somme de deux vecteurs	Construit la somme de deux vecteurs. On désigne les deux vecteurs puis l'origine.
	Compas	Construit le cercle de centre et de rayon donnés. On peut aussi sélectionner trois points A, B, I ($AB =$ rayon, $I =$ centre), sélectionner un point I et un segment ($I =$ centre et rayon = longueur du segment), sélectionner un point I et un nombre « r » ($I =$ centre et rayon = r)
	Report de mesure	Reporte une longueur sur un cercle, un vecteur, un polygone. Sélectionner un nombre puis un cercle et un point sur le cercle, ou un nombre puis un vecteur, une droite, un polygone...
	Lieu	Construit un lieu. On désigne l'objet A dont on veut le lieu puis un point M , contraint de se déplacer sur A lui-même ou sur un autre objet. L'outil construit le lieu de A quand M varie.
	Redéfinir un objet	Redéfinit les caractéristiques géométriques d'un objet (point, droite, cercle, conique, etc.) sans avoir à supprimer ou à refaire la construction.

6. Transformations

	Symétrie axiale	Construit l'image d'un objet dans une symétrie axiale. On désigne l'objet puis la direction de l'axe (droite, segment.)
	Symétrie centrale	Construit l'image d'un objet dans une symétrie centrale par rapport à un point (son centre), une homothétie de rapport -1 ou une rotation d'angle. On désigne l'objet à transformer et un point.
	Translation	Construit l'image d'un objet dans une translation. On désigne l'objet à transformer puis le vecteur.
	Rotation	Construit l'image d'un objet dans une rotation. On désigne d'abord l'objet, puis le centre et un angle par 3 points supplémentaires (le 2° comme sommet) ou une valeur.
	Homothétie	Construit l'image d'un objet dans une homothétie. On désigne d'abord l'objet, puis le centre (point) et un rapport défini par un nombre. A l'aide de l'outil [texte et symboles]nombre, entrer sur la feuille de travail le rapport. Sélectionner l'objet, le centre d'homothétie puis le rapport rentré précédemment sur la feuille de travail.
	Inversion	Construit l'inverse d'un point par rapport à un cercle. On désigne le point à inverser et le cercle.

7. Macros

	Objet(s) initial(aux)	Sélectionner l'ensemble des objets initiaux à utiliser dans la macro construction.
	Objet(s) final(s)	Sélectionner l'ensemble des objets finals d'une macro construction.
	Valider une macro...	Après définition des objets initiaux et finals, permet de valider la macro.

8. Propriétés

	Aligné ?	Affiche un texte pour confirmer ou infirmer l'alignement de 3 points sélectionnés.
	Parallèle ?	Affiche un texte pour confirmer ou infirmer le parallélisme de deux directions sélectionnées.
	Perpendiculaire ?	Affiche un texte pour confirmer ou infirmer la perpendicularité de deux directions sélectionnées.
	Équidistant ?	Affiche un texte pour confirmer ou infirmer l'équidistance de deux points (A et B) par rapport au point O . Sélectionner les points O , A et B .
	Appartient ?	Affiche un texte pour confirmer ou infirmer l'appartenance d'un point sélectionné à un objet sélectionné.

9. Mesures

	Distance ou longueur	Mesure la longueur d'un segment, d'un vecteur, la distance entre 2 points, entre un point et une droite, entre un point et un cercle, le périmètre d'un polygone, d'un cercle ou d'une ellipse. Le nombre qui s'affiche sur la feuille de travail est doté d'une unité de mesure (cm par défaut).
	Aire	Mesure la surface d'un disque, d'une ellipse ou d'un polygone. L'outil construit un nombre doté d'une unité de surface.
	Pente	Mesure la pente d'une droite, d'une demi-droite, d'un segment, d'un vecteur. L'outil construit un nombre sans dimension, infini si la direction est verticale.
	Mesure d'angle	Mesure un angle désigné par 3 points (le deuxième point étant le sommet de l'angle) ou par une marque d'angle.
(x,y) $y=f(x)$	Coord. ou équation	Donne l'équation d'une droite, d'un cercle, d'une conique ou d'un lieu. Le type d'équation qui s'affiche dépendra de vos choix retenus dans le menu [Options] Préférences.
	Calculatrice	Affiche une calculatrice où des calculs scientifiques peuvent être effectués avec des nombres saisis au clavier ou des variables issues de la figure (voir détails §12 p.93).
$3x+$ $2y =$	Appliquer une expression	Calcule la valeur d'une expression. Sélectionner l'expression, puis un ou plusieurs nombres selon la quantité de variables de l'expression. La valeur calculée de l'expression peut être utilisée pour de nouveaux calculs.
	Table	Permet de créer un tableau de nombres issus de la figure. Une fois le tableau créé, sélectionner les nombres à formuler puis la touche TAB qui permet d'obtenir les valeurs courantes.

10. Texte et symboles

	Nommer	Permet d'éditer le nom d'un objet sous forme de texte (à l'exception des axes). Ce texte peut être déplacé.
	Texte	Permet d'éditer un texte sur la feuille en y incluant des nombres, des noms...
	Nombre	Permet d'éditer un nombre sur la feuille.
$3x+$ $2y $	Expression	Permet d'éditer une nouvelle expression en tous points de la feuille. Les expressions sont éditées sous forme de texte et la syntaxe vérifiée au moment de son évaluation avec l'outil « appliquer une expression ».



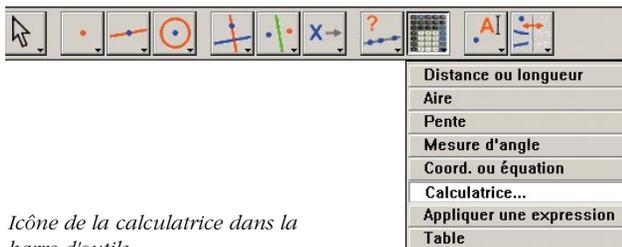
	Marquer un angle	Dessine une marque (arc avec un tiret) au sommet d'un angle défini par trois points, le deuxième point étant le sommet de l'angle.
	Punaiser/ Dépunaiser	Permet d'immobiliser ou non des objets.
	Trace	Permet d'obtenir (ou de supprimer) la trace d'un objet pendant le déplacement.
	Animation	Déplace automatiquement les objets.
	Animation multiple...	Déplace automatiquement et simultanément plusieurs objets.

11. Attributs

	Cacher/ Montrer	Sélectionner le(s) objet(s) qui ne seront ni affichés, ni imprimés. Ceci permet de simplifier le travail sur des figures complexes.
	Bouton Cacher/ Montrer	Cet outil permet de placer sur la feuille un bouton contrôlant l'affichage d'un ensemble d'objets. Pour associer un ou plusieurs objets au bouton, d'abord glisser-déposer le bouton pour le dimensionner, puis cliquer sur les objets (ou Touche Shift + objets). En cas de modification d'un bouton existant, cliquer sur [attributs] Cacher/Montrer puis associer les objets comme ci-avant. Une fois créé ou modifié, le bouton est activable avec l'outil [manipulation]Pointer . Il peut être déplacé sur la feuille par glisser-déposer.
	Couleur	Permet de choisir la couleur d'un objet. On sélectionne une couleur dans la palette puis on sélectionne les objets devant recevoir cette couleur.
	Remplir	Permet de choisir une couleur de remplissage pour les objets sélectionnés (polygones, cercles, textes..).
A	Couleur du texte	Permet de modifier la couleur du texte. Sélectionner une couleur à partir de la palette puis le texte dont la couleur doit être changée.
	Épaisseur	Modifie l'épaisseur des traits.
	Pointillé	Modifie l'aspect pointillé d'un trait.
	Aspect	Modifie l'aspect de certains objets : aspect des points, marque d'angles, marque de longueurs, type de repère, textes.
	Cacher/Montrer les axes	Affiche ou occulte le système d'axes par défaut.
	Nouveaux axes	Permet de définir un nouveau système d'axes (sélection de l'origine, du point 1 sur l'axe des x et du point 1 sur l'axe des y).
	Grille	Affiche une grille sur un repère d'axes.



12. Calculatrice



Icône de la calculatrice dans la barre d'outils.

La calculatrice permet d'effectuer des calculs sur des valeurs provenant de la figure (mesures, nombres édités, résultats de calculs) ou tapées au clavier.



Le résultat s'affiche provisoirement dans la fenêtre de droite. Pour être conservé, ce résultat doit être recopié dans la fenêtre de la figure (on clique dans la fenêtre du résultat et l'on fait glisser celui-ci dans la fenêtre à l'endroit où l'on veut le placer).

Quand on déplace la figure, les mesures et les calculs associés sont instantanément mis à jour.

Quand on modifie des mesures dans la fenêtre de la calculatrice, la figure est mise à jour.

La calculatrice dispose d'autres fonctions que celles qui apparaissent sur l'écran.

Nous donnons ci-après la liste des fonctions et leur syntaxe.

Fonction	Syntaxe
Arc Cosinus	ARCCOS(x), arccos, acos, ArcCos
Arc Cosinus Hyperbolique	ARGCH(x), argch, ArgCh
Arc Sinus	ARCSIN(x), arcsin, asin, ArcSin
Arc Sinus Hyperbolique	ARGSH(x), argsh, ArgSh, arcsinh
Arc Tangente	ARCTAN(x), arctan, atan, ArcTan
Arc Tangente Hyperbolique	ARGTH(x), argth, ArgTh, arctanh
Arrondi (entier le plus proche)	ROUND(x), round, Round
Carré	SQR(x), sqr, Sqr, Sq
Cosinus	COS(x), cos, Cos
Cosinus Hyperbolique	COSH(x), cosh, CosH, ch
Exponentielle ex	EXP(x), exp, Exp
Logarithme de base 10	LOG10(x), Log10, lg, log
Logarithme népérien	LN(x), ln, Ln
Maximum de a et b	MAX(a, b), max, Max
Minimum de a et b	MIN(a, b), min, Min
Nombre aléatoire entre 0 et 1	Random(a, b), random(a, b), Rand(a, b), rand(a, b)
Pi (π)	π , Π, pi, Pi
Plus petit entier $\geq x$	CEIL(x), ceil, Ceil
Plus grand entier $\leq x$	FLOOR(x), floor, Floor
Puissances de 10	10^x
Racine Carrée	SQRT(x), sqrt, Sqrt, SqRt,
Signe (-1 si $x < 0$, +1 si $x > 0$, 0 si $x=0$)	Signe(x), signe, sign
Sinus	SIN(x), sin, Sin
Sinus Hyperbolique	SINH(x), sinh, SinH, sh
Tangente	TAN(x), tan, Tan
Tangente Hyperbolique	TANH(x), tanh, TanH, th
Valeur absolue	ABS(x), abs, Abs

9.3 BARRE D'ATTRIBUTS

9.3

La barre d'attributs s'affiche verticalement à gauche de la feuille de travail, et est montrée/cachée par le menu [Options]Montrer les attributs F2.

Le fonctionnement de la barre d'attributs est différent de celui des outils de la boîte à outils "Attributs". Si un outil permettant la création d'un objet géométrique est activé, la barre des attributs est mise à jour pour indiquer les attributs par défaut de ce type d'objet. On peut alors les modifier, et les changements affecteront tous les nouveaux objets de ce type.

Par exemple si on active l'outil [points]Point, alors la barre d'attributs est mise à jour pour afficher les propriétés des points par défaut (couleur, style, taille). Si on choisit alors le bleu comme couleur de tracé, alors tous les nouveaux points créés seront de cette couleur.

Si un outil de la boîte Manipulation est actif, on peut également sélectionner des objets, puis choisir une valeur pour un attribut dans la barre d'attributs, et cette valeur sera alors appliquée au objets sélectionnés.

Les trois premiers boutons  , **A** ,  de la barre d'attributs concernent les couleurs de tracé, de remplissage et de texte. La couleur courante apparaît sur l'icône (ici en noir).

Les boutons   permettent d'augmenter ou de diminuer la taille des caractères.

Les boutons   permettent de changer la taille des points et l'épaisseur des courbes et des lignes.

Les boutons    contrôlent le style (continu, pointillés, tirets) des courbes et des lignes.

Les boutons      contrôlent le style des points.

Les boutons      et     contrôlent le style de marquage des marques d'angles et des segments. Ces marques servent, en particulier, à signaler les angles de même mesure, ou les segments de même longueur.

Les boutons    servent à fixer le style de terminaison des "droites intelligentes".

Enfin, les boutons     contrôlent le type de système de coordonnées associé à une grille : cartésien, ou polaire en degrés, radians, ou grades.

• Point

EXPORTATION ET IMPRESSION

Il existe plusieurs façons d'utiliser des figures réalisées avec Cabri Géomètre dans d'autres documents, ou pour l'édition de documents. Pour utiliser une figure ou une partie de figure dans un autre document Cabri Géomètre, il suffit de sélectionner les objets, éventuellement de tout sélectionner avec **Ctrl+A**, puis d'effectuer **[Edition]Copier**, et ensuite **[Edition]Coller** dans l'autre document. Pour utiliser une figure dans un autre logiciel, on peut copier la figure dans le presse-papiers dans deux formats : bitmap ou vectoriel. Le choix entre les deux s'effectue dans la boîte de dialogue "Préférences", volet "Préférences du système". Dans les deux cas, il faut définir un rectangle de sélection avec un glisser-déposer en mode manipulation. Le contenu du rectangle sera copié dans le presse-papiers.

Le format bitmap est plus adapté à la publication de figures statiques (non manipulables) sur Internet, et donnera un aspect "pixellisé" à l'impression.

Le format vectoriel est de type "métafichier Windows amélioré", et peut être copié sous forme vectorielle dans la plupart des logiciels. La qualité de l'impression sera parfaite, puisque discrétisée à la résolution de l'imprimante.

Pour obtenir des images bitmaps à haute résolution, ou des fichiers codés en PostScript, il faut passer par l'impression.

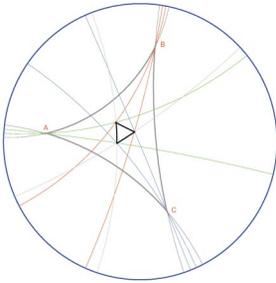
On imprime la page en utilisant un pilote d'imprimante PostScript (par exemple le pilote générique PostScript d'Adobe), et en sélectionnant une "impression dans un fichier". On obtient ainsi une représentation vectorielle portable (par exemple vers d'autres systèmes, ce que ne permettent pas les métafichiers Windows).

On pourra convertir ensuite le PostScript encapsulé vers d'autres formats avec les utilitaires adaptés, par exemple Ghostscript (gratuit), dans la résolution voulue.

Pour exporter le contenu d'une table vers un tableur, il suffit de sélectionner la table et d'activer **[Edition]Copier**, puis **[Edition]Coller** dans le tableur. Le contenu de la fenêtre de description textuel de la figure peut également être copié à travers le menu contextuel de cette fenêtre.

TROISIEME PARTIE

Approfondissement



CHAPITRE 11

TRIANGLES PODAIRES

CHAPITRE 12

FONCTIONS

CHAPITRE 13

PAVAGES I

CHAPITRE 14

PAVAGES II

TRIANGLES PODAIRES

Soient trois points quelconques A , B , et C , construits avec l'outil [points]Point. On construit tout d'abord les trois droites AB , BC , et CA , avec l'outil [lignes]Droite. Soit maintenant un point quelconque du plan M , et les projetés orthogonaux respectifs C' , A' , et B' de M sur ces trois droites. Ces points sont obtenus en construisant les droites perpendiculaires à AB , BC , et CA passant par M , à l'aide de l'outil [constructions]Droite perpendiculaire, puis par intersection de ces droites avec AB , BC , et CA , en utilisant l'outil [points]Point. L'outil [points]Point permet de construire implicitement les intersections entre objets. Il suffit de déplacer le curseur près d'une intersection, et le programme affiche **Point à cette intersection**, ou **Intersection de...** puis un menu en cas d'ambiguïté.

Les trois points A' , B' et C' définissent un triangle que l'on va tracer en utilisant l'outil [lignes]Triangle. C'est un *triangle podaire* relatif à ABC . On peut colorier l'intérieur du triangle avec l'outil [attributs]Remplir. On s'intéresse à l'aire de ce triangle en fonction de la position du point M . L'aire du triangle est obtenue avec l'outil [mesure]Aire. Cet outil fournit une aire "géométrique" toujours positive, ne tenant pas compte de l'orientation du triangle. On obtient une mesure en cm^2 que l'on peut placer librement sur la feuille. Le menu contextuel affiché d'un clic-droit sur le nombre permet l'affichage de l'aire "algébrique", dont le signe dépend de l'orientation du triangle.

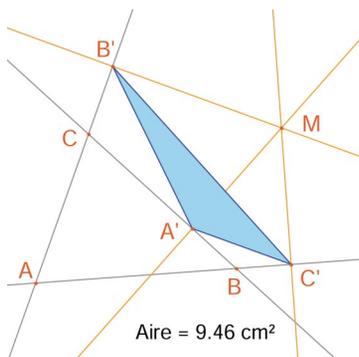


Figure 11.1 - Le triangle podaire correspondant à M , et son aire.

- Point

- Droite

- Droite perp.

- Point

- △ Triangle

- Remplir...

- cm^2 Aire

Trace

Nous allons étudier la variation de l'aire de $A'B'C'$ en fonction de la position de M . Pour ce faire, il existe plusieurs stratégies. On peut par exemple activer la trace du point M (outil [texte et symboles]Trace), puis le déplacer en tentant de garder l'aire de $A'B'C'$ constante. Les positions successives de M resteront affichées, et on aura ainsi l'aspect général d'une courbe de niveau de la fonction qui renvoie l'aire de $A'B'C'$. Une autre stratégie consiste à utiliser les lieux de points sur une grille pour dessiner une représentation visuelle de l'aire de $A'B'C'$ pour un grand nombre de positions de M .

Calculatrice...

Ici, nous adopterons cette stratégie, et allons tracer le cercle centré en M ayant une aire proportionnelle à celle de $A'B'C'$. Pour ce faire, il faut d'abord calculer le rayon du cercle, proportionnel à la racine carrée de l'aire du triangle. Activons l'outil

[mesure]Calculatrice, et entrons l'expression `sqrt(` puis sélectionnons le nombre représentant l'aire du triangle pour l'inclure dans l'expression, qui devient `sqrt(a`. Fermons ensuite la parenthèse, et divisons par 10 pour éviter d'avoir des cercles trop grands. L'expression dans la calculatrice est maintenant `sqrt(a)/10`.

On l'évalue en cliquant sur le bouton `=`, puis on effectue un glisser-déposer du résultat pour le placer sur la feuille.

Compas

Pour tracer un cercle centré en M et ayant le rayon calculé précédemment, on active l'outil [constructions]Compas. On sélectionne le nombre précédemment placé sur la feuille, puis le point M . On obtient alors le cercle centré en M avec le rayon recherché. On peut déjà observer visuellement l'évolution de l'aire du triangle en fonction de la position de M .

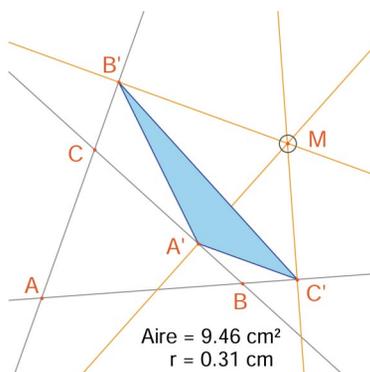
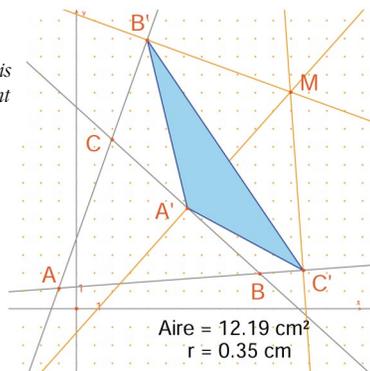


Figure 11.2 - On dessine un cercle centré en M d'aire proportionnelle à celle de $A'B'C'$.

Nous allons maintenant définir une grille, puis redéfinir M comme point sur cette grille, et enfin tracer tous les cercles représentant l'aire du triangle podaire pour M parcourant tous les points de la grille. Pour définir une grille, il faut un système d'axes. Nous allons prendre les axes par défaut présents dans toute figure. On les rend visibles en choisissant l'option [attributs]Montrer les axes. Ensuite, on active l'outil [attributs]Grille, et on sélectionne les axes. Une grille de points apparaît.

Figure 11.3 - On construit une grille à partir des axes par défaut de la figure, puis on redéfinit M comme point libre sur la grille.



Le point M est un point libre dans le plan; nous allons le redéfinir pour le contraindre à rester sur la grille. Activons l'outil [constructions]Redéfinir un objet, puis sélectionnons M , choisissons l'option Point sur un objet dans le menu qui apparaît alors, puis sélectionnons un point de la grille. Le point M est maintenant contraint à ne se déplacer que sur la grille.

L'outil [constructions]Lieu permet de construire l'ensemble des cercles obtenus en déplaçant M sur toute la grille. On sélectionne le cercle puis le point M , pour obtenir le lieu des cercles quand M varie sur la grille.

On démontre (voir par exemple la Géométrie de Marcel Berger, éditions CEDIC, item 10.4.5) que les courbes valeur de niveau de l'aire du triangle podaire sont des cercles dont le centre est le même que celui du cercle circonscrit à ABC . En particulier, l'aire du triangle $A'B'C'$ est nulle si M est sur le cercle circonscrit à ABC , ou encore, de façon équivalente, les points A' , B' , et C' sont alignés si et seulement si M est sur le cercle circonscrit à ABC .



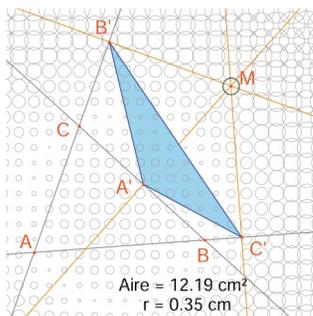


Figure 11.4 - Répartition de l'aire du triangle podaire en fonction de la position de M .

Exercice 8 - Pour M sur le cercle circonscrit au triangle ABC , les trois points A' , B' , et C' sont donc alignés, et la droite $A'B'C'$ s'appelle droite de *Simson*¹ ou droite de *Wallace*² associée au point M .

Ce résultat ayant été longtemps attribué à tort à *Simson*, a été en fait publié par *Wallace* en 1799. Construire l'enveloppe des droites de *Simson* (utiliser l'outil [constructions]Lieu) : par défaut, cet outil fournit, dans le cas des droites, non pas l'ensemble des droites, mais son enveloppe.

Cette courbe, invariante par une rotation d'angle 120° , s'appelle une deltoïde, car elle a la forme de la lettre D : c'est la deltoïde de *Steiner*³. Elle est tangente aux trois droites AB , BC , CA . C'est une courbe algébrique de degré 4. Vous pouvez le vérifier en demandant son équation à l'aide de l'outil [mesures]Equations et Coordonnées.

Exercice 9* - Pour la deltoïde de l'exercice précédent, construire le centre, les trois points de tangence avec les trois droites, les trois sommets de la courbe, ainsi que le plus grand cercle inscrit dans la courbe.

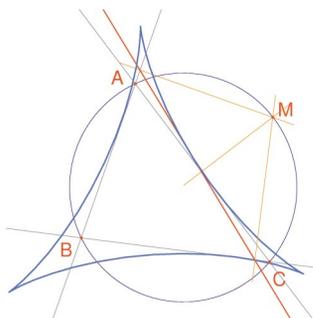


Figure 11.5 - L'enveloppe des droites de *Simson* d'un triangle ABC est appelée une deltoïde. Elle possède les mêmes symétries qu'un triangle équilatéral.

¹ Robert Simson, 1687-1768

² William Wallace, 1768-1843

³ Jakob Steiner, 1796-1863

CHAPITRE 12

FONCTIONS

Grâce à son système d'axes et à l'outil expression, Cabri Géomètre permet de construire facilement le graphe d'une fonction, et d'utiliser ce graphe pour l'étudier. Nous allons étudier dans ce chapitre une fonction polynomiale de degré 3,

$$f(x) = x^3 - 2x + \frac{1}{2}$$

Tout d'abord, rendons visibles les axes de coordonnées, avec [attributs]Montrer les axes. Ensuite, créons l'expression correspondante sur la feuille. Une expression déposée sur la feuille peut ensuite être calculée pour différentes valeurs de ses variables. Ici, activons [texte et symboles]Expression, et entrons $x^3 - 2x + 1/2$. Les noms des variables admises dans les expressions sont les lettres **a, b, c, ..., z**. Plaçons un point *P* sur l'axe des abscisses (avec l'outil [points]Point). On obtient ses coordonnées par [mesure]Coordonnées ou équation en sélectionnant *P*. Le texte affichant les coordonnées est initialement attaché à *P*, et se déplacera avec le point. Avec l'outil [manipulation]Pointer, on peut détacher les coordonnées du point *P* et les placer n'importe où sur la feuille. On peut également les rattacher à nouveau en les approchant du point.

➔ Montrer les axes

$\frac{3x+2y}{2}$ Expression

• Point

$\begin{matrix} (x,y) \\ y=f(x) \end{matrix}$ Coord. ou équat.

👉 Pointer

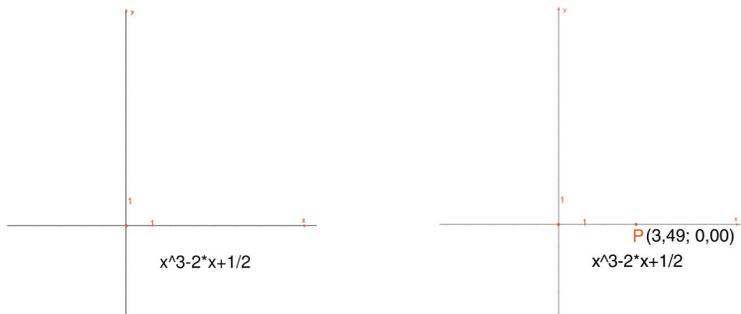
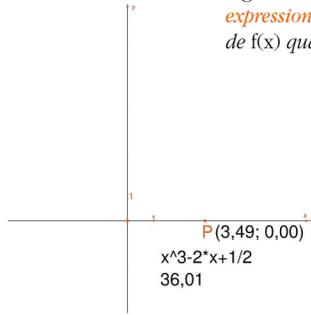


Figure 12.1 - [À Gauche]. On saisit l'expression correspondante à la fonction à étudier. [À Droite]. On place un point *P* sur l'axe des abscisses, et on affiche ses coordonnées avec [mesure]Coordonnées et équation.

3x+
2y= Appliquer expr.

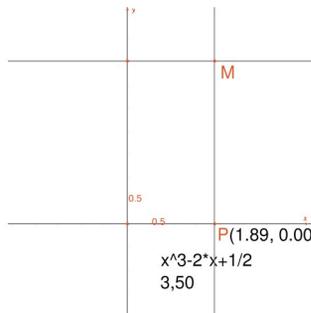
Calculons ensuite la valeur de $f(x)$ où x représente l'abscisse de P . Pour cela, activons l'outil [mesure]Appliquer une expression, et sélectionnons l'abscisse de P dans le texte représentant ses coordonnées.



2.1 Report mesure

Droite parallèle

On reporte ensuite cette valeur sur l'axe des ordonnées, avec l'outil [constructions]Report de mesure, en sélectionnant la valeur à reporter, puis l'axe des ordonnées. Il suffit ensuite de construire des parallèles aux axes passant par ces deux points ([constructions]Droite parallèle), et on obtient à leur intersection le point M de coordonnées $(x, f(x))$. Sur la figure 6.3, nous avons déplacé P par rapport à sa position de la figure 6.2 pour ramener le point de l'axe des ordonnées obtenu par report de mesure dans la portion visible de la feuille. Ce déplacement de P peut se faire pendant la construction des droites.



Le graphe de la fonction est obtenu en affichant le lieu du point M quand P décrit l'axe des abscisses. On le construit avec l'outil **[constructions]Lieu** en sélectionnant M puis P . Afin de mieux cadrer la partie intéressante du graphe de la fonction, on peut déplacer l'origine du repère et les graduations, par glisser-déposer de l'origine du repère ou d'une graduation quelconque.

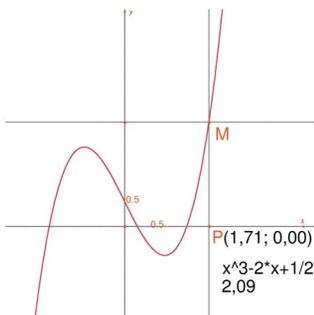


Figure 12.4 - L'outil **[constructions]Lieu** permet finalement de construire le graphe de la fonction.

Nous allons construire une approximation de la tangente à la courbe en un point. Pour h petit, on sait que

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}.$$

Du point de vue géométrique, cette approximation revient à prendre, comme direction de la tangente au point de la courbe d'abscisse x , celle de la droite reliant les points d'abscisse $x-h$ et $x+h$.

Avec l'outil **[texte et symboles]Nombre**, on saisit une valeur pour h , par exemple ici 0,3, qui convient ici pour ces constructions.

On pourra par la suite l'éditer pour la remplacer par une valeur plus petite donnant une meilleure approximation. On construit ensuite un point A sur l'axe des abscisses, et le cercle de centre A et de rayon h . Ce cercle est obtenu avec l'outil **[constructions]Compas** en sélectionnant h puis A . Les deux intersections du cercle de centre A et de rayon h avec l'axe des abscisses ont pour abscisses $x-h$ et $x+h$, si x est l'abscisse de A . Traçons les trois droites parallèles à l'axe des ordonnées (**[constructions]Droite parallèle**) et passant par les deux points d'intersection, et le point A .

Lieu

2.1 Nombre

Compas

Les intersections de ces trois droites avec la courbe fournissent les points B^- , B , B^+ de la courbe d'abscisses respectives $x - h$, x , et $x + h$.

Comme la figure commence à devenir un peu complexe, cachons les éléments qui ne servent plus.

On active l'outil [attributs]Cacher/Montrer, et on sélectionne les éléments à cacher. Ici, on va cacher P , M , les deux droites de construction de M , les coordonnées de P et l'image de l'abscisse de P par la fonction. Les objets cachés ne sont visibles, en pointillés que quand l'outil [attributs]Cacher/Montrer est actif. Pour rendre visible un objet caché, il suffit de le sélectionner une nouvelle fois avec ce même outil.

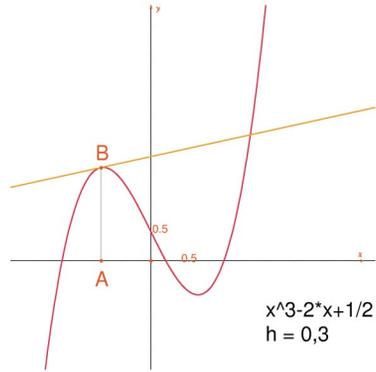
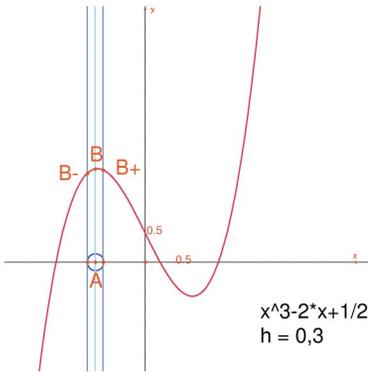
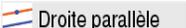


Figure 12.5 - [À Gauche]. En prenant l'intersection du cercle de centre A et de rayon h , on construit les trois points de la courbe d'abscisse $x-h$, x , et $x+h$. [À Droite]. L'approximation de la tangente en B est alors la parallèle à la droite $(B^- B^+)$ passant par B .



L'approximation de la tangente en B est alors la parallèle à la droite $(B^- B^+)$ passant par B .

On construit cette droite avec l'outil [lignes]Droite puis la parallèle avec [constructions]Droite parallèle. On cache ensuite la droite $(B^- B^+)$ et les autres éléments de construction pour ne laisser visible que h , A , B et la tangente en B .

On voit que la valeur $h = 0,3$ fournit déjà une très bonne approximation de la tangente. On peut néanmoins l'améliorer en diminuant h , par exemple en prenant 0,0001.

Le déplacement du point A sur l'axe permet de déterminer visuellement les trois racines de l'équation $f(x) = 0$, les deux extrema locaux de f , et le point d'inflexion de la courbe.

Pour information, les trois solutions de $f(x) = 0$ sont approximativement $r_1 \approx -1,52568$, $r_2 \approx 0,25865$, et $r_3 \approx 1,26703$.

Les abscisses des extrema sont $e_1 = -\sqrt{6}/3 \approx -0,81649$ et $e_2 = \sqrt{6}/3 \approx 0,81649$. Le point d'inflexion a pour coordonnées $(0 ; 1/2)$.

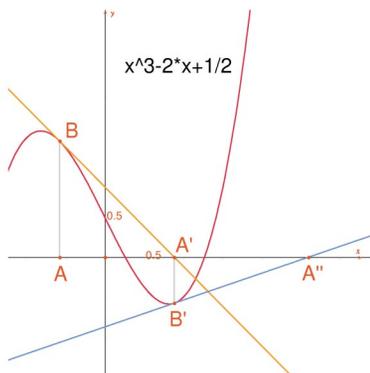
Exercice 10* - En utilisant la pente de la tangente, tracer le graphe de la fonction dérivée.

Exercice 11* - La tangente recoupe l'axe en un point A' d'abscisse x' , qui est en général une meilleure approximation de la racine que x si A est déjà au voisinage d'une racine de $f(x) = 0$. Cette constatation est à la base de la méthode itérative de *Newton*¹ - *Raphson*² pour trouver une racine d'une équation. Construire A' , puis son itéré A'' par la même méthode, puis étudier la position de A'' en fonction de celle de A .

En particulier, on peut trouver deux positions de A , autres que les trois racines, pour lesquelles A'' revient en A .

Pour information, ce sont les deux racines réelles d'un polynôme de degré 6, valant approximativement $-0,56293$ et $0,73727$. On voit aussi qu'un mauvais choix de A peut faire diverger la méthode, en amenant A' sur un des deux points où la dérivée est nulle.

Figure 12.6 - Les deux premières itérations de la méthode de Newton-Raphson à partir du point A .



Note : le même graphe s'obtient directement à l'aide de l'outil [mesure]Appliquer une expression.

¹ Sir Isaac Newton, 1643-1727

² Joseph Raphson, 1648-1715

PAVAGES I

Nous allons construire quelques pavages du plan par des polygones. Commençons par quelques définitions simplifiées, mais suffisantes pour la suite. Le lecteur intéressé se reportera à l'ouvrage de référence *Tilings and Patterns* de Branko Grünbaum et G.C. Shephard, Freeman 1987. Il existe également un grand nombre de sites Internet sur les pavages et les groupes de symétrie.

On dit qu'un ensemble de parties fermées du plan est un pavage du plan si les intérieurs des parties sont disjoints deux à deux, et la réunion de toutes les parties est le plan entier.

Ces parties sont appelées *les tuiles du pavage*. L'intersection non réduite à un point de deux tuiles est appelée une arête du pavage, et l'intersection réduite à un point de deux tuiles ou plus est appelée un *sommet* du pavage.

Pour un pavage P , on note $S(P)$ l'ensemble des isométries f du plan telles que l'image de toute tuile de P par f est une tuile de P . $S(P)$ est un groupe, appelé le groupe des symétries du pavage. Plusieurs cas sont à considérer pour ce groupe :

- $S(P)$ ne contient aucune translation. $S(P)$ est alors isomorphe à un groupe cyclique, éventuellement réduit à l'identité, engendré par une rotation d'angle $2\pi/n$, ou à un groupe diédral, groupe des symétries d'un polygone régulier à n côtés.
- $S(P)$ contient des translations de vecteurs tous colinéaires. $S(P)$ est alors isomorphe à l'un des 7 groupes de frises.
- $S(P)$ contient deux translations de vecteurs non colinéaires. Alors $S(P)$ est isomorphe à l'un des 17 groupes cristallographiques, et le pavage est dit *périodique*.

Si toutes les tuiles du pavage peuvent être obtenues par isométrie à partir d'une seule tuile, on dit que le pavage est monohédral. Nous nous intéresserons ici seulement au cas de pavages monohédraux où les tuiles sont des polygones. Nous allons tout d'abord construire un pavage monohédral dont une tuile est un triangle quelconque.

Construisons un triangle ABC quelconque à l'aide de l'outil [lignes]Triangle, puis le milieu I d'un des côtés, par exemple $[BC]$, avec l'outil [constructions]Milieu. Soit D le symétrique de A par rapport à I , obtenu avec l'outil [transformations]Symétrie centrale en sélectionnant d'abord l'objet à transformer A , puis le centre de symétrie I .

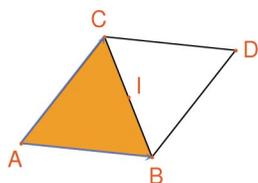


Figure 13.1 - On construit le symétrique d'un triangle ABC par rapport au milieu d'un de ses côtés (ici $[BC]$). On obtient alors un parallélogramme $ABDC$.

Le quadrilatère $ABDC$ est un parallélogramme, et on peut l'utiliser pour paver le plan. On construit les deux vecteurs \vec{AB} et \vec{AC} avec l'outil [lignes]Vecteur, puis on les utilise pour dupliquer les triangles ABC et BCD par translation, avec l'outil [transformations]Translation.

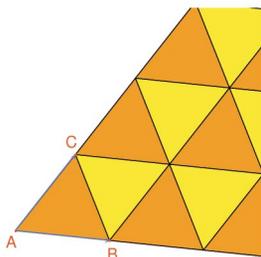


Figure 13.2 - Construction des images des deux triangles par les translations de vecteurs \vec{AB} et \vec{AC} .

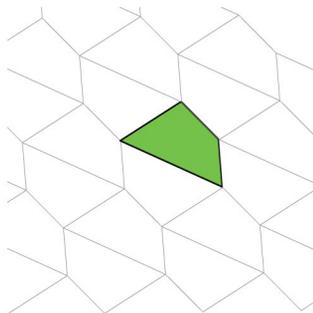
-  Triangle
-  Milieu
-  Symétrie centrale

-  Vecteur
-  Translation

La même approche permet de paver le plan avec un quadrilatère quelconque, convexe ou non, mais non croisé.

On prend le symétrique du quadrilatère par rapport au milieu d'un côté, et on obtient un hexagone aux côtés parallèles deux à deux, qui pave le plan par translation.

Figure 13.3 - Le même type de construction permet de paver le plan avec un quadrilatère quelconque, éventuellement non convexe du moment qu'il reste non croisé.

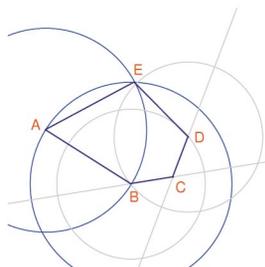


Le cas des autres polygones convexe est bien plus complexe.

A partir de 7 côtés, on peut démontrer qu'aucun polygone convexe ne peut paver le plan. Il y a 3 types d'hexagones convexe pavant le plan, et au moins 14 types de pentagones convexe pavant le plan, chaque type étant défini par un ensemble de contraintes sur les angles et les longueurs des côtés. Dans le cas des pentagones, on ne sait pas à l'heure actuelle si les 14 types connus fournissent toutes les solutions au problème. Le dernier type connu a été découvert en 1985. La question des polygones non convexe n'est pas non plus résolue à notre connaissance.

Exercice 12 - Construire un pentagone convexe $ABCDE$ vérifiant les contraintes suivantes : l'angle en A est $\hat{A} = 60^\circ$, l'angle en C est $\hat{C} = 120^\circ$, $AB = AE$, $CB = CD$. Ces contraintes ne déterminent pas un pentagone unique, mais une famille de pentagones. Le nombre de points libres de la construction sera donc d'au moins trois.

Figure 13.4 - Construction d'un pentagone vérifiant les contraintes $\hat{A} = 60^\circ$, $\hat{C} = 120^\circ$, $AB = AE$, et $CB = BD$. Les points A , B , et C sont libres dans le plan



Par des rotations successives de centre A et d'angle 60° (outil [transformations]Rotation attendant l'objet à transformer, un angle, et un centre) construire une "fleur" de 6 pentagones. L'angle est un nombre saisi sur la feuille avec l'outil [texte et symboles]Nombre.

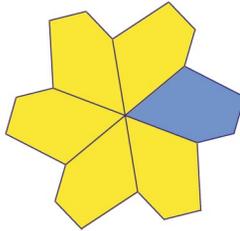


Figure 13.5 - Le pentagone de base est reproduit par rotation de centre A et d'angle 60° , pour former une "fleur" à six pétales.

Les fleurs peuvent alors être assemblées par translation pour paver le plan. Le pavage obtenu est le type 5 de la classification donnée dans *Tilings and Patterns*. Il a été publié par K. Reinhardt en 1918.

Ce pavage est non seulement monohédral, c'est à dire que toutes les tuiles sont identiques à isométrie près, mais en plus isohédral : toutes les tuiles jouent le même rôle dans le pavage. Plus précisément, si une isométrie transforme une tuile en une autre tuile du pavage, alors elle fait partie du groupe de symétries du pavage.

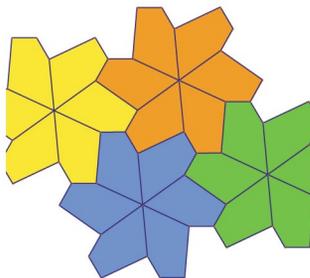
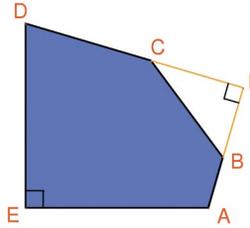


Figure 13.6 - Les fleurs sont assemblées par translation pour couvrir le plan.

Exercice 13* - Construire un pentagone $ABCDE$ vérifiant les contraintes :
 $\hat{E} = 90^\circ$, $\hat{A} + \hat{D} = 180^\circ$, $2\hat{B} - \hat{D} = 180^\circ$, $2\hat{C} + \hat{D} = 360^\circ$,
 $EA = ED = AB + CD$.

Figure 13.7 - Pentagone du type 10 selon la classification de Tilings and Patterns. Ce pentagone sert de base à un pavage monobédral du plan. Les points E et A sont libres dans le plan et le point I est libre sur un arc de cercle.



Le pavage est réalisé en faisant d'abord trois copies de la tuile par rotations successives de 90° autour de E , pour obtenir un carré tronqué. Ensuite ces carrés sont accolés en bandes par translation dans une direction. Les bandes de carrés sont séparées par des bandes de pentagones, comme dans la figure ci-dessous.

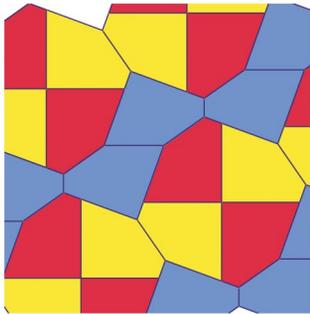


Figure 13.8 - Pavage monobédral par des pentagones convexes. Ce pavage est dû à Richard E. James III, suite à la publication d'un article de Martin Gardner dans *Scientific American* en 1975. On peut trouver cet article complété dans *Time travel and other mathematical bewilderments*, Martin Gardner, Freeman 1987.

PAVAGES II

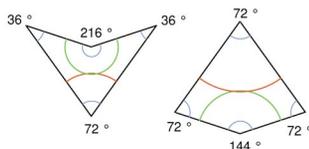
Ce chapitre fait référence aux définitions données dans le chapitre [13] "PAVAGES I".

Il existe des ensembles de polygones à partir desquels on ne peut construire aucun pavage périodique. Le plus connu est certainement celui des tuiles de *Penrose*¹, du nom du mathématicien *Roger Penrose* qui les a découvertes en 1974.

Ces tuiles sont appelées *Kite* (cerf-volant) et *Dart* (flèche).

Un motif coloré est dessiné sur les tuiles, et seuls les assemblages respectant la correspondance des couleurs sont autorisés, ce qui écarte les pavages périodiques. Ces deux tuiles sont des quadrilatères dont les angles sont des multiples de $\theta = 36^\circ$, et dont les longueurs des côtés sont 1 et \varnothing , le nombre d'or : $\varnothing = (1 + \sqrt{5})/2$. Le motif coloré présenté ici est dû à *John Conway*², et donne d'étonnantes courbes présentant une invariance par rotation d'angle θ .

Figure 14.1 - Tuiles *Dart* (à gauche) et *Kite* (à droite).



Les tuiles *Kite* et *Dart* étant un peu longues à construire, nous allons créer des macro-constructions permettant d'en créer des copies librement sur la feuille d'un seul clic.

Une macro-construction (ou macro) est créée à partir d'un sous-ensemble d'une figure. Elle est définie à partir d'un ensemble d'objets initiaux, et d'un ensemble d'objets finaux construits à partir des objets initiaux uniquement. Une fois la macro définie, l'utilisateur a accès à un nouvel outil dans la boîte à outils [macro]. Cet outil attend la sélection d'un ensemble similaire aux objets initiaux, et reproduit la construction mémorisée dans la macro à partir de ces objets.

¹ Sir Roger Penrose, 1931

² John Horton Conway, 1937

Lors de la création de la macro, on a la possibilité de la nommer, de lui dessiner une icône, et de la sauvegarder dans un fichier séparé. Pour utiliser une macro d'une figure dans une autre, il suffit d'ouvrir simultanément les deux figures, et la macro sera utilisable dans les deux. Une macro est enregistrée dans le fichier d'une figure si elle y est utilisée ou qu'elle a été créée dans cette figure.

On peut redéfinir une macro, en définissant une macro qui ait le même nom et construisse des objets de même type. Cabri Géomètre demande lors de la validation de la macro s'il faut remplacer l'ancienne, ou la compléter. Si on choisit de la compléter, on peut utiliser indifféremment les deux macros. Par exemple, on peut définir une macro prenant comme entrée soit deux points, soit un segment.

Nous allons définir une macro **Dart 1 L** qui, à partir de deux points A et B , construit une tuile **Dart** s'appuyant sur le segment AB , à droite du segment en regardant B à partir de A , telle que le côté AB soit un côté court (d'où le 1) de la tuile et le pied de l'arc soit plus loin de A que de B (d'où le **L**, pour "long").

Nous définirons également la macro **Dart 1 C**, construisant une tuile **Dart** à partir de deux points A et B , à droite de AB , tel que le côté AB soit encore un côté court, mais que le pied de l'arc soit plus proche de A que de B (d'où le **C** pour "court").

De la même façon, on construira **Dart phi L**, **Dart phi C**, et les quatre macros correspondantes pour Kite.

Pour définir ces macros, il faut d'abord construire les tuiles à partir de deux points. Prenons donc deux points quelconques A et B , construits avec l'outil **[points]Point**, qui représenteront la longueur unité des tuiles. On construit tout d'abord la droite AB , avec l'outil **[lignes]Droite**, puis la droite perpendiculaire à AB passant par A , avec l'outil **[constructions]Droite perpendiculaire**, et le cercle de centre A passant par B avec l'outil **[courbes]Cercle**, on sélectionne le centre A puis un point de la circonférence B . On construit enfin un point d'intersection C de la perpendiculaire à AB avec le cercle. On sélectionnera l'intersection située "au dessus" de AB , avec l'outil **[points]Point**.

Nous allons tout d'abord diviser le cercle en 10 secteurs égaux. Construisons le symétrique B' de A par rapport à B , et le symétrique A' de B par rapport à A . On utilise l'outil **[transformations]Symétrie centrale**, en sélectionnant d'abord le point à transformer, puis le centre de symétrie. Sur la droite (AB) , si A est à l'abscisse 0 et B à l'abscisse 1, alors B' est en 2, et A' en -1. Nous avons également besoin du milieu A'' de AA' , obtenu avec l'outil **[constructions]Milieu**. L'abscisse de A'' sur AB est -1/2 avec les

• Point

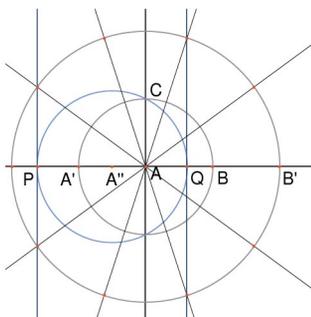
 Droite perp.

••• Symétrie centrale

 Milieu

conventions précédentes. On construit alors le cercle de centre A'' et passant par C . Ce cercle recoupe la droite AB en deux points P ("à gauche" de A) et Q ("à droite" de A). Les abscisses de P et Q sont respectivement $-\varnothing$ et $\varnothing - 1$. Les perpendiculaires à AB passant par P et Q recoupent le cercle de centre A passant par B' en quatre points, sommets d'un pentagone régulier dont le cinquième sommet est B' . On complète le décagone par symétrie pour obtenir la figure ci-dessous. On construit ainsi l'angle $\theta = 36^\circ$ et la longueur $\varnothing = (1 + \sqrt{5})/2$, deux grandeurs intimement liées au pentagone régulier.

Figure 14.2 - Subdivision du cercle en 10 secteurs égaux.



Traçons le cercle de centre A passant par P . Le rayon de ce cercle est donc \varnothing .

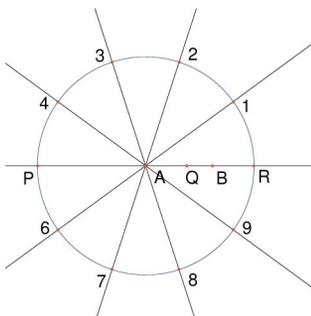
On reporte la subdivision en 10 secteurs sur ce cercle, puis on cache les éléments de construction avec l'outil

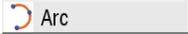
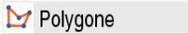
[attributs]Cacher/Montrer, pour ne laisser que les éléments visibles dans la figure suivante.

Les sommets du décagone régulier inscrit dans le cercle de rayon \varnothing sont nommés R,1,2,3,4,P,6,7,8,9.



Figure 14.3 - On reporte la subdivision sur le cercle de rayon \varnothing , et on cache les éléments devenus inutiles.





La suite des constructions doit être faite en prenant modèle sur la figure suivante. On construit les segments reliant le point P et les points 2, et 8 avec l'outil [lignes]Segment, puis les deux quadrilatères avec l'outil [lignes]Polygone. On construit ensuite les cercles supports des arcs, avec [courbes]Cercle, puis finalement les arcs avec [courbes]Arc. Un arc de cercle est défini par trois points : ses deux extrémités et un point intérieur (le deuxième point sélectionné). On cachera ensuite les points définissant les arcs, pour éviter qu'ils n'apparaissent lors de l'utilisation des macros. L'aspect des arcs et des quadrilatères est modifié en utilisant les outils [attributs]Epaisseur et [attributs]Couleur.

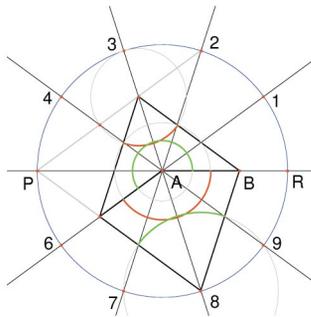
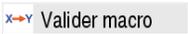


Figure 14.4 - Construction des deux tuiles et des arcs colorés.



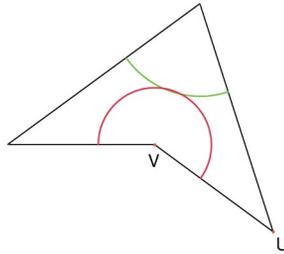
Nous pouvons maintenant créer deux des macros. Activons l'outil [macro]Objets initiaux, et sélectionnons B puis A . L'ordre de sélection des objets de même type est important; ils devront être sélectionnés dans le même ordre lors de l'utilisation de la macro. Activons maintenant l'outil [macro]Objets finals, et sélectionnons le polygone Dart et ses deux arcs.

Finalement, la macro est validée en activant l'outil [macro]Valider la macro. On l'appellera **Dart 1 L**. Lors de la validation de la macro, on peut dessiner l'icône de l'outil, la nommer, entrer quelques lignes de commentaires, donner un nom au premier objet créé, et protéger la macro par un mot de passe (utile en classe dans le cadre d'activités de décryptage de "boîtes noires").

Une fois la macro validée, un nouvel outil apparaît dans la boîte à outils [macro]. Nous allons tester notre nouvelle macro.

Sélectionnons l'outil [macro]Dart 1 L, et deux nouveaux points U et V . On obtient une nouvelle Dart basée sur U et V .

Figure 14.5 - Application de la macro **Dart 1 L** à deux nouveaux points U et V .



A partir de notre construction, on définit de la même façon la macro **Kite 1 L**. A partir de ces deux macros, on peut commencer à construire le pavage "Soleil", qui a le même groupe de symétries que le pentagone régulier.

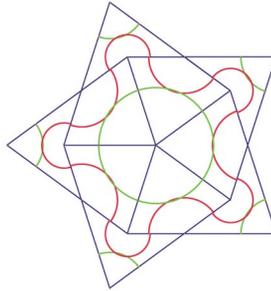


Figure 14.6 - Début du pavage "Soleil", construit à l'aide de nos deux macros.

Exercice 14 - Définir les six autres macros et continuer le pavage "Soleil". Dessiner le pavage "Etoile", dont le centre est formé de cinq tuiles Dart pointant vers le sommet central.

Exercice 15 - Énumérer les 7 configurations possibles de tuiles de Penrose autour d'un sommet.

INDEX



A**Aide**

définir une aide pour les macros, 123
fenêtre d'aide, 14-15, 123
raccourci clavier pour l'aide, 51, 55

Aire, 59, 91, 101

aire sélectionnée, 17
exemples géométriques, 102-104
outil, 59, 91, 101
 exemple d'utilisation, 101
 outil de mesure, 59
 interface utilisateur, 91
polygones/triangles d'aire nulle, 52-53
surface visible, 17
théorème de Varignon, 42-43

Alignement

attributs, 62-63, 73
propriété géométrique, 61

Angle

affichage, précision et unité, 78-79
angles et transformations, 56
exemple d'utilisation, 43
exemples géométriques, 115-116, 119, 121
mesure d'angle, 59, 91
outil Marquer un angle, 63, 92

Animation, 68, 92

avec une table, 65
d'un nombre, 58
interface utilisateur, 92
outil Animation, 68

Appartient (outil de vérification de propriété), 61, 90

généralités, 61
interface utilisateur, 90

Arc, 88

fonctions trigonométriques, 60, 94
lieu d'arc, 55
outil Arc, 54, 88
 exemple d'utilisation, 122
 généralités, 54
 interface utilisateur, 88

Attributs

barre d'outils, 14-15, 17, 84
description, 71-73
d'objets, 49-64
exemples d'utilisation, 28-29, 31, 101, 103, 107, 110, 121

Axes, 64

des équations ou des coordonnées, 63, 80
de la grille, 64
de symétrie, 56
exemples d'utilisation, 103
graphe de fonctions, 61, 62, 107-109, 111
information générale, 64
interface utilisateur, 92
perpendiculaire aux axes, 51, 89
report de mesure sur les axes, 50, 89

B**Barre des menus, 14, 83****Barre d'état, 15****Barre d'outil, 86-92**

des attributs, 71
description exhaustive, 86-92
interface utilisateur, 14-1
personnalisée, 80-81

Barycentre, 42**Bissectrice, 51, 89****Bitmap**

import, 74
export, 79, 97

Bouton (Cacher/Montrer), 92**C****Cacher / Montrer, 58, 92, 110**

attributs, 15
axes, 64

bouton (Cacher / Montrer), 92
 exemples d'utilisation 110, 121
 outil, 58, 92
 raccourci clavier, 84

Calculatrice, 60, 91, 93-94

exemples d'utilisation, 32, 102
 généralités, 62, 93-94
 interface utilisateur, 91

Carré

construction, 18-22
 fonction mathématique, 56, 94, 102
 macro construction, 57
 objet géométrique, 44, 117

Cercle

aire, 59, 91
 avec l'outil Distance ou Longueur 59, 91
 cercle invariant de l'inversion, 56
 centre de cercle à l'infini, 78, 80
 circonscrit, 32-33
 des neufs points, 32-33
 cercle et outil Compas, 99, 102, 109
 équation, 62, 91
 généralités, 53, 78, 80
 lieux d'un cercle, 55, 103

outil, 53, 78, 80, 88

exemples d'utilisation, 19-22, 32-33, 102, 120
 généralités, 53, 78, 80
 interface utilisateur, 88
 report de mesure sur un cercle, 50, 89

Colinéaire

exemples géométriques, 36-37, 53-54, 103-104, 113

outil de vérification de propriétés, 61, 90

exemple d'utilisation, 30-31
 généralités, 61
 interface utilisateur, 90

Couleur

changement "à la volée", 74
 d'objets, 50-55, 63-64, 78
 exemple d'utilisation, 122
 fonction d'affichage, 72
 outil Couleur, 29, 71, 92
 outil Couleur du texte, 73, 92
 outil Remplir, 72, 92

Compas

exemples d'utilisation, 102, 109
 outil, 89

Coniques, 54

équations, 63, 80, 91
 lieux, 55
 outil, 54

Convexe

angle, 63
 exemples géométriques, 115, 117
 polygone, 53

Copier, 97

bitmap, 79
 contenu d'une table, 65
 généralités, 97
 la figure en texte, 69
 raccourci clavier, 84

Coordonnées, 62-63

exemples d'utilisation, 72, 107-111
 grille, 64
 interface utilisateur, 91
 préférences, 80
 outil, 62-63

Couper, 84, 97

contenu d'une table, 65
 figure en texte, 69
 généralités, 97
 raccourci clavier, 84

Courbe

inflexion, 111
 tangente, 109
Voir aussi Lieu.

Curseur (différents types), 17

D

Deltaïde, 104

Demi-droite, 51, 88

attributs, *voir Attributs.*
 généralités, 51
 interface utilisateur, 88
 lieu, 55

pente, 56, 91
 report de mesure, 50
 transformations, 56
 vérification de propriété, 61

Dépunaiser

Voir Punaiser.

Dérivée, 111

Dilater

interface utilisateur, 87

Distance

exemples d'utilisation, 31-32
 outil Distance ou Longueur, 59, 91
 tolérance (préférences du système), 79

Voir aussi Longueur.

Droite

à l'infini, 50, 78, 80
 attributs, 51, 92
 droite d'Euler, 27, 31
 droite de Simson, 104
 droite et table, 65, 91
 équation, 80, 91
 interface utilisateur, 86, 88
 lieu de droites, 55, 78, 104

outil Droite, 50, 88

exemples d'utilisation, 28-29, 101, 110, 120
 généralités, 50
 interface utilisateur, 88

outil Bissectrice, 51, 89

exemples d'utilisation, 20, 36
 généralités, 51
 interface utilisateur, 89

outil Droite parallèle, 50, 89

exemples d'utilisation, 108-110
 généralités, 50
 interface utilisateur, 89

outil Droite perpendiculaire, 50, 89

exemples d'utilisation, 30-31, 101
 généralités, 50
 interface utilisateur, 89

pente, 59, 91

transformation affine de droite, 51

Dynamique

construction dynamique, 37
 éléments dynamiques, 59, 62, 79

E

Ellipse

aire, 59, 80
 avec l'outil Distance ou Longueur, 59, 80, 91
 équation, 80
 outil de construction, 54

Enregistrer

généralités, 14
 enregistrer les paramètres d'animation, 68
 enregistrer les préférences, 77
 enregistrer une barre d'outils personnalisée, 81
 enregistrer une macro, 57-58, 120
 raccourci clavier, 83

Enveloppe

exemples d'utilisation, 104
 de lieux, 55, 78
 préférences, 55

Epaisseur, 73, 92

Equation

exemples d'utilisation, 104, 107-108
 interface utilisateur, 91
 outil, 62-63, 80
 préférences, 74, 84

Equidistant, 61, 90

outil de vérification de propriétés, 51, 61
 interface utilisateur, 90

Euclidien

plan, 49, 50, 54, 78
 transformations, 56

Euler (droite), 27, 31

Excel, 65

Export de fichiers

généralités, 97
 interface utilisateur, 89
 préférences, 79
 vers les calculatrices Texas Instruments®, 83

Expression, 62, 91

généralités, 91

outils, 60-61, 92

exemples d'utilisation, 102,

107-108, 111

généralités, 60-61, 62, 91

interface utilisateur, 91

outil Appliquer une expression, 60, 62, 91

exemples d'utilisation, 108, 111

généralités, 60, 62

interface utilisateur, 91

F**Fermat, 38****Fichier**

fichier de langue, 81

fichier de macro, 58, 120

fichier de préférences, 77

fichiers exportés, *voir Export de fichier*.

impression, 97

import de bitmap, 74

menu Fichier, 14, 83

préférences pour les bitmaps, 79

Windows™ Metafile («métafichier»), 97

Fonction

de la calculatrice, 60, 93-94

exemple d'utilisation, 111

fonctions et expressions, 62

généralités, 107, 109-110

G**Gradient, 109, 111,***Voir aussi Pente.***Graphé**

exemples de tracés, 109, 111

tracé, 61, 62, 107

Grille

exemples d'utilisation, 102-103, 109

outil Grille, 64, 92

H**Hauteur 30, 32****Hexagone, 115****Homothétic, 56, 90**

interface utilisateur, 90

outil de transformation, 56

Hyberbole, 54, 80**Hyperbolique, 59, 94****I****Image**bitmap, 74, *voir aussi Bitmap*.

écran des calculatrices Texas

Instruments., 74

exemples géométriques, 113-114

transformations, 56, 90

Imprimer, 97

PostScript, 97

raccourci clavier, 83

session, 68, 85

Infini

avec la calculatrice, 60

droite à l'infini, 50, 78, 80

gestion à l'infini, 49, 59, 78-79

infini et Coordonnées ou

Equations, 80

pente, 91

Inflexion, 111**Intersection, 50, 87**

avec un cercle, 21

exemples d'utilisation, 22, 29-

30, 42, 49, 101, 108-110

exemples géométriques, 42,

113, 120

généralités sur les points

d'intersection, 17, 50, 78, 87

de droites intelligentes, 73

Inverse, 56, 90

calculatrice, 60

interface utilisateur, 90
 outil de transformation, 56-57

Isohédral, 116

L

Langue, 81, 84

Lieux, 55, 89, 78

équation, 63, 80, 91
 exemples d'utilisation, 102-104, 109
 généralités, 55, 89
 lieu de cercles, 102
 lieu de droites, 55, 78, 104
 nommer, 91
 point sur un lieu, 49
 préférences, 78, 84

Longueur

exemple d'utilisation, 31-32
 outil Compas, 89, 109
 outil Distance ou Longueur, 59, 91
 report de mesure, 50
 tolérance (préférences), 79
Voir aussi Distance.

M

Macro, 57-59

définir macro, 57, 90
 exemples d'utilisation, 119-120, 122-123
 objets finaux, 57, 90
 objets initiaux, 57, 90
 outil, 57-59
 mot de passe, 58, 123

Manipulation des objets, 32, 87

d'images et de textures, 74
 de marques d'angle, 63
 de nombres, 32
 de points, 49
 exemples d'utilisation, 20, 28, 36, 41, 107
 généralités, 32
 interface utilisateur, 87

Marque d'angle, 63, 92

Médiatrice 51, 89

exemples d'utilisation, 20, 36
 généralités, 51
 interface utilisateur, 89

Médiane, 28-30, 37

Mesures

aire, *voir Aire*.
 angle, *voir Angle*.
 avec la calculatrice, 93
 distance ou longueur, *voir Distance ou Longueur*.
 interface utilisateur, 91
report de mesure, 50, 89
 exemple d'utilisation, 108
 généralités, 50
 interface utilisateur, 89
 pente, *voir Pente*.
 préférences 79, 85

Milieu

exemples d'utilisation, 19, 28, 41, 58, 114, 120
 exemples géométriques, 42
 généralités, 49
 interface utilisateur, 89

Monohédral, 114, 116, 117

Montrer

Voir Cacher.

Mot de passe, 58, 81, 123

pour la barre des outils personnalisée, 81
 pour les macros, 123

N

Nombre, 59, 91

exemples d'utilisation, 56, 109, 116
 généralités, 59
 interface utilisateur, 91

Nommer

nommer "à la volée", 27
outil, 49, 91

exemple d'utilisation, 28
généralités, 49
interface utilisateur, 91

O

Objet

Cacher / Montrer, *voir Cacher*.

macro

objets finaux, 57, 90
objets initiaux, 57, 90

Punaiser / Dépunaiser, *voir Punaiser*.

redéfinir un objet, *voir*

Redéfinir un objet.

Origine des axes

déplacer, 109
exemple d'utilisation, 108
généralités, 64, 92

P

Palette de couleur, 29, 71-73, 92

Parabole, 54

Parallèle

exemples géométriques, 43

outil Droite parallèle, 50, 89

exemples d'utilisation, 108-110
généralités, 50
interface utilisateur, 89

outil de vérification de propriété, 61, 90

exemples d'utilisation, 41
généralités, 61
interface utilisateur, 90
point d'intersection de droites parallèles, 78

Parallélogramme

bitmap, 74
objet géométrique, 36, 41-43, 114

Paramètres

d'impression, 85
Voir aussi Préférences.

Pavages, 113-123

Penrose, 119, 123

Pente, 59, 91

généralités, 59
interface utilisateur, 91

Perpendiculaire

outil Droite perpendiculaire, 50, 89

exemples d'utilisation, 30-31, 101
généralités, 50
interface utilisateur, 89

outil de vérification de propriété, 61, 90

généralités, 61
interface utilisateur, 90

Plan

pavages du plan, 113-117
plan euclidien, 49, 50, 54, 78

Podaire (triangle), 101-104

Point

Attributs, *voir Attributs*.

à l'infini

centre de cercle, 80
droite à l'infini, 50, 78, 80
cercle des neufs points, 32-33
d'inflexion, 111
lieu, *voir Lieux*.
grille, *voir Grille*.
milieu, *voir Milieu*.
nommer, *voir Nommer*.

outil Point, 49, 87

exemples d'utilisation, 29,
35, 42, 101 120
généralités, 49
interface utilisateur, 87

outil Point d'intersection, 49, 87

exemples d'utilisation, 18-19
généralités, 49
interface utilisateur, 87

outil Point sur un objet, 49, 87

généralités, 49
interface utilisateur, 87
point d'intersection, 21-22, 29-30
point libre, 17, 44, 49, 67, 85
voir aussi Punaiser / Dépunaiser.
redéfinir un objet, *voir Redéfinir un objet*.
second point "à la volée", 50, 51, 88

Pointeur, voir Curseur.

Pointer (outil)

exemples d'utilisation, 20, 28, 36, 41, 49, 107
import de bitmap / modifier le fond de la fenêtre, 74
interface utilisateur, 87
modifier une marque d'angle, 63
modifier un nombre, 32

Pointillé, 73, 92

Police

d'objets, 62-63, 73, 78
préférences et options, 79, 84

Polygone

aire, 59, 91
attributs, *voir Attributs.*
exemples d'utilisation, 41, 113-115, 122
distance ou longueur, 59, 91
généralités, 52
interface utilisateur, 88
polygone et report de mesure, 50
polygone régulier, 53, 88, 113
triangle, *voir Triangle.*

Polynomial, 107, 111

PostScript, 97

Préférences, 71, 77, 84

Propriétés, 61, 90

appartient, *voir Appartient.*
colinéaire, *voir Colinéaire.*
équidistant, *voir Equidistant*
d'une fonction, 107
parallèle, *voir Parallèle.*
perpendiculaire, *voir Perpendiculaire.*

Punaiser, 67, 89

Q

Quadrilatère

exemples, 36, 114-115, 122

remplissage par une image, 53
Varignon, 41-43

R

Rectangle

exemples géométriques, 43-44
de sélection, 79, 97

Redéfinir un objet

exemples d'utilisation, 103
généralités, 67
interface utilisateur, 88

Réglages

modifier les réglages, 84
réglages d'origine, 77
Voir aussi Préférences.

Rotation, 56, 90

exemple d'utilisation, 116
exemples géométriques, 104, 113-115, 117, 119
interface utilisateur, 90
outil, 56

S

Sauvegarder

Voir Enregistrer.

Segment

compas, *voir Compas.*
longueur, *voir Distance ou Longueur.*
milieu, *voir Milieu.*

outil Segment, 51, 88

exemples d'utilisation, 18-19, 42, 122
généralités, 51
interface utilisateur, 88

Sélection

ambiguïtés d'une sélection, 17, 29
copier / coller / couper, 84
ordre de sélection pour les macros, 58-59, 122
rectangle, 79, 97
sélection d'un outil, 18

Session

enregistrement, 68
raccourci clavier, 85

Significatifs (chiffres), 74**Simson, 104****Sommet**

d'angles, 43, 51, 63, 89-92
de polygone, 22, 53
de triangle, 27
sommets et pavages, 113, 123

Steiner, 104**Styles**

barre d'attributs, 15
styles par défaut, 78
Voir aussi attributs.

Symboles

Voir Expression.
Voir aussi Marque d'angle.
Voir aussi Nombre.
Voir aussi Nommer.
Voir aussi Texte.

Symétrie axiale, 56, 90

généralités, 56
interface utilisateur, 90

Symétrie centrale, 56, 90

exemples d'utilisation, 114, 120-121
groupe des symétries de pavages, 113, 123
interface utilisateur, 90
outil, 56

T**Table, 65, 91**

export vers Microsoft® Excel, 65
outil, 65, 91

Tangente

enveloppe, 78
fonction mathématique, 94
construction, 109-111

Texas Instruments®, 3, 83**Texte**

affichage de l'équation algébrique, 63
expression, *voir Expression.*
figure en texte, 69.
langue, 81
nombre, *voir Nombre.*
nommer, *voir Nommer.*
outil Couleur du texte, 73, 92
outil Texte, 62, 91
styles par défaut, 78

Tourner

interface utilisateur, 87

Trace, 67, 92, 102

exemple d'utilisation, 102
généralités, 67
interface utilisateur, 92

Transformation, 56, 90

exemples d'utilisation, 114-115, 120
exemples géométriques, 36, 114-115, 120
d'objets, 51, 52, 53, 54, 56
interface utilisateur, 90
outils, 56

Translation, 56, 90

exemples d'utilisation, 114
exemples géométriques, 113, 115-117
interface utilisateur, 90
outil, 56

Triangle

accrocher un bitmap, 74
cercle circonscrit, 32-33
cercle des neufs points 32-33
droite d'Euler, 27, 31
exemples géométriques, 27, 30-32, 36-38, 101-104
hauteurs, 30, 32
outil Triangle, 52, 88
 exemples d'utilisation, 101, 113
 généralités, 27, 52
 interface utilisateur, 88
triangles podaires, 101-104
pavages, 113-114

Trigonométrie (fonctions), 60, 94

U

Unités, 79, 84

avec la calculatrice, 60
de surface, 91
préférences, 79, 84
raccourci clavier, 85
sur les axes, 64

V

Varignon, 41-43

Vecteur, 52

exemples géométriques, 36-37,
113-114
interface utilisateur, 88
format vectoriel, 79, 97
lieu, 55, 78, 89

outil Somme Vecteurs, 52, 89

généralités, 35, 52
interface utilisateur, 89

outil Vecteur, 52, 88

exemple d'utilisation, 113
généralités, 35, 52
report de mesure, 50, 89
transformations, 59, 90

Virgule, 79

W

Wallace, 104