

GeospacW

LOGICIEL
DE CONSTRUCTION MATHÉMATIQUE
DANS L'ESPACE

Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie
CREEM – CNAM SDTETIC – DT B1

Sommaire

GeospacW logiciel de construction mathématique dans l'espace	4
GeospacW et la visualisation des objets de l'espace	5
GeospacW et les problèmes de section dans l'espace	6
GeospacW , la géométrie "pure", le "numérique"	7
GeospacW et la "géométrie analytique"	8
GeospacW et les problèmes de représentation des objets de l'espace.....	9
Installation du logiciel.....	12
GeospacW : fichier de configuration du logiciel.....	13
Quelques remarques concernant GeospacW.....	14
Le texte de la figure.....	14
Quelques précisions sur l'aide	14
La rapidité de modification des dessins.....	14
GeospacW et le logiciel DOS Geospace	15
Premier contact avec les représentations planes des objets de l'espace dans GeospacW.....	16
Différentes vues d'une même figure	16
Pour aller plus loin	19
Quelques situations de départ avec GeospacW	24
Observer les propriétés des figures.....	24
Section d'un polyèdre par un plan et ensemble de points	32
Patrons d'un polyèdre convexe	34
Avec des coordonnées	36
Réflexions sur la figure et sa représentation.....	38
Avertissement.....	38
Éléments ou objets constituants d'une figure.....	39
Objets fixes, objets variables, valeurs des objets.....	39
Objets "dessinables"	41
Variables libres, variables liées	41
Figure et représentation de la figure, "maquette virtuelle".....	42
Paramètres de représentation.....	43
Problèmes terminologiques	43

Exemples	44
Fichiers du répertoire Bases.....	45
Fichiers du répertoire Classics.....	46
Fichiers du répertoire Cours	47
Fichiers du répertoire Exemple1.....	48
Fichiers du répertoire Exemple2.....	65
Table des fichiers des répertoires Exemple1 et Exemple2.....	85
Classification des exemples selon les fonctionnalités qu'ils illustrent	86
Classification des exemples selon le niveau auquel ils s'adressent.....	87
Description des menus	88
Généralités sur les créations	88
Menu FICHER	91
Menu CRÉER.....	93
Menu PILOTER	107
Menu AFFICHER.....	109
Menu DIVERS	112
Menu ÉDITER.....	114
Menu VUES	116
Menu FENÊTRE	118
Menu AIDE	119
Organisation des menus	120
Barre d'outils	123
Raccourcis clavier - curseurs	125
La boîte de styles	127

GeospacW

logiciel de construction mathématique dans l'espace

Logiciel de construction mathématique fonctionnant sous Windows, GeospacW permet de créer et de représenter des figures de l'espace. Ces figures sont composées d'objets mathématiques fixes ou variables qui peuvent être de différentes natures : points, droites, plans, polygones, polyèdres convexes, sphères, cônes, cylindres ... mais aussi vecteurs, transformations géométriques, variables numériques, fonctions, etc.

À chaque instant, GeospacW offre une représentation de la figure sur l'écran ; celle-ci est construite à l'aide des valeurs qu'ont les variables à cet instant. L'utilisateur a la possibilité de changer les valeurs des variables libres de la figure. Le logiciel actualise immédiatement les valeurs de toutes les variables ainsi que la représentation sur l'écran.

Cette représentation sur l'écran dépend, en outre, de différents paramètres de représentation qui sont choisis par le logiciel à la création des objets et qui sont, ultérieurement, modifiables par l'utilisateur ; ces paramètres concernent, entre autres, les différentes "vues de la figure", le choix de la projection (orthogonale ou oblique) effectuée pour obtenir le dessin plan, le caractère opaque ou non de certains objets ainsi que les conventions de dessin associées (avec ou sans pointillés).

Les dessins GeospacW peuvent être imprimés, soit directement à partir du logiciel, soit après importation dans des logiciels de traitement de texte où ils permettent de réaliser des illustrations.

Quelques créations et de nombreuses manipulations peuvent, de plus, être automatisées en créant des commandes. Cela permet de faire de GeospacW un logiciel "langage-auteur" d'imagiciels.

Constituant une aide importante pour une meilleure appréhension des objets de l'espace, GeospacW est un outil précieux pour l'enseignement de la géométrie dans l'espace à tous les niveaux (du collège jusqu'en premier cycle de l'enseignement supérieur).

Le logiciel est accompagné d'une documentation écrite qui a été conçue d'une part pour permettre une découverte assez rapide d'une partie de ses fonctionnalités d'autre part pour favoriser la réflexion autant sur des questions d'enseignement que sur des problèmes d'ordre mathématique.

Par ses possibilités multiples, la qualité et la variété de ses dessins, les effets esthétiques que l'on peut obtenir, en particulier ceux de rotations des objets, GeospacW est un auxiliaire d'usage gratifiant, tout en restant dans un contexte conçu spécifiquement pour l'enseignement des mathématiques.

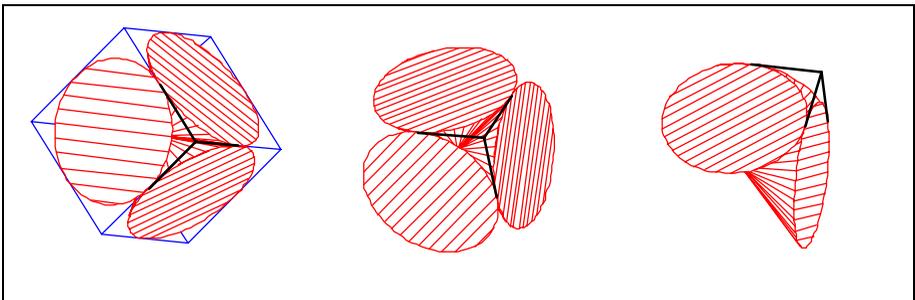
GeospacW permet aussi de poser et d'analyser le problème de la représentation plane des objets de l'espace en mathématiques. Cette question, souvent occultée parce que difficile, n'est certainement pas sans influence sur la compréhension et la maîtrise que l'on peut avoir de la géométrie dans l'espace. L'observation de quelques dessins "problématiques" mais inévitables et l'exploration de la figure correspondante avec GeospacW, sont de nature à ouvrir des horizons et alimenter la réflexion.

Voici un très bref aperçu des possibilités du logiciel à travers quelques exemples.

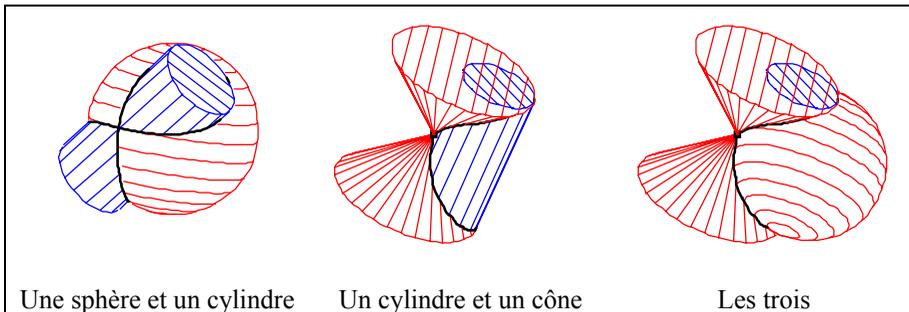
GeospacW et la visualisation des objets de l'espace

Un des premiers problèmes qui se pose lorsque l'on fait de la géométrie dans l'espace est celui de la "visualisation" des objets qui sont le plus souvent représentés par un dessin (sur une feuille de papier, plane par nature ...) assorti d'une légende. Le logiciel GeospacW permet d'obtenir rapidement un très grand nombre de dessins différents d'un même objet ce qui facilite l'appréhension de l'objet étudié.

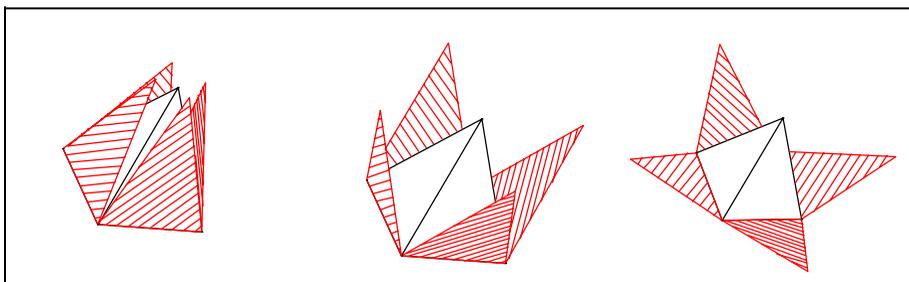
Exemple 1 : il s'agit de calculer le volume restant entre un "coin" du cube et trois cônes ayant leur sommet au centre d'un cube et dont les bases sont trois cercles inscrits dans trois faces deux à deux adjacentes du cube. Dans cet exercice de niveau collège, le volume à calculer, très difficile à décrire rapidement et clairement, est aisément compréhensible à l'aide de GeospacW. Cette situation est reprise et détaillée dans l'exemple "Cones" (répertoire Exemple1).



La qualité des dessins fournis par GeospacW permet de voir des objets un peu compliqués comme, dans l'exemple 2 illustré ci-dessous, la fenêtre de Viviani qui est une courbe de l'espace intersection d'une sphère, d'un cylindre et d'un cône.

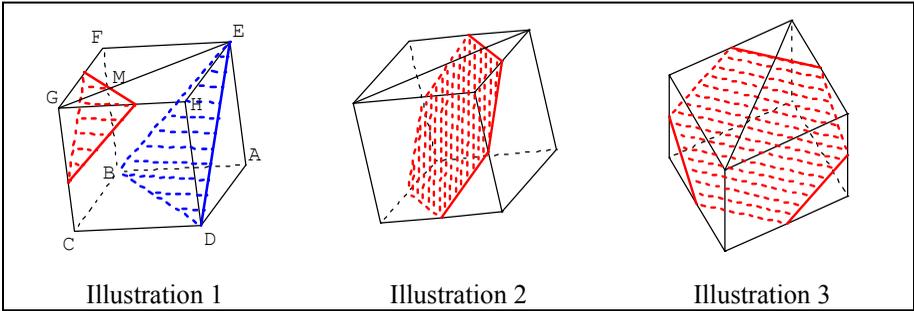


Exemple 3 : il illustre différentes étapes de "l'ouverture" d'un patron de solide, notion exploitable à l'école primaire comme au collège (GeospacW permet de créer directement des patrons de polyèdres convexes et d'animer facilement leurs ouvertures).



GeospacW et les problèmes de section dans l'espace

Tout à fait classiques, les problèmes d'intersection dans l'espace sont facilités par l'utilisation d'un logiciel comme GeospacW. Dans l'exemple 4 suivant, on étudie la section d'un cube par un plan passant par un point M du segment [GE] et qui reste parallèle au plan défini par les trois points E, B et D. Les illustrations 1 et 2 montrent la section du cube obtenue pour deux points M différents. Dans l'illustration 3, la section de l'illustration 2 est mise de face.

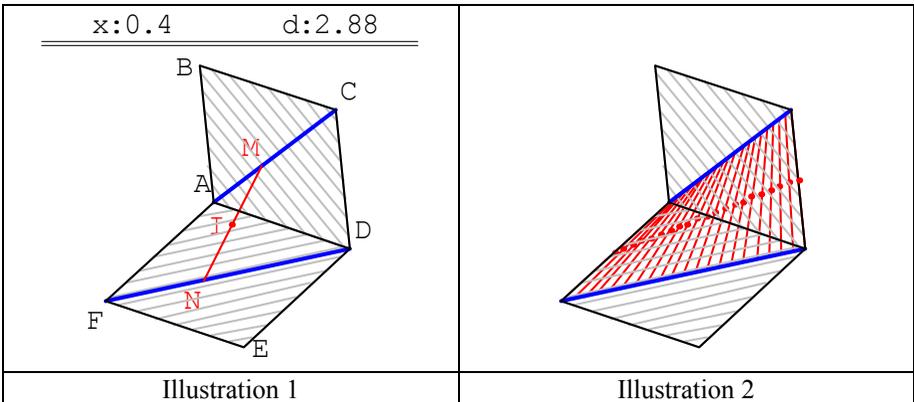


GeospacW , la géométrie "pure", le "numérique"

On peut créer des objets numériques : constantes, variables numériques entières ou réelles, nombres définis à partir d'objets géométriques (longueur d'un segment, produit scalaire de deux vecteurs...) ou à partir d'une expression algébrique. Des fonctions numériques peuvent aussi être créées.

Ces objets ne donnent rien de visible à l'écran lors de leur création. Pour les "voir", il faut créer de nouveaux objets qui en dépendent : comme, par exemple, des affichages.

Dans l'exemple 5 suivant, deux carrés de côté 1 ont un côté en commun et sont situés dans des plans perpendiculaires. Pour tout réel x compris entre 0 et 1, on définit les points M et N par $\overrightarrow{AM} = x \overrightarrow{AC}$ et $\overrightarrow{FN} = x \overrightarrow{FD}$.

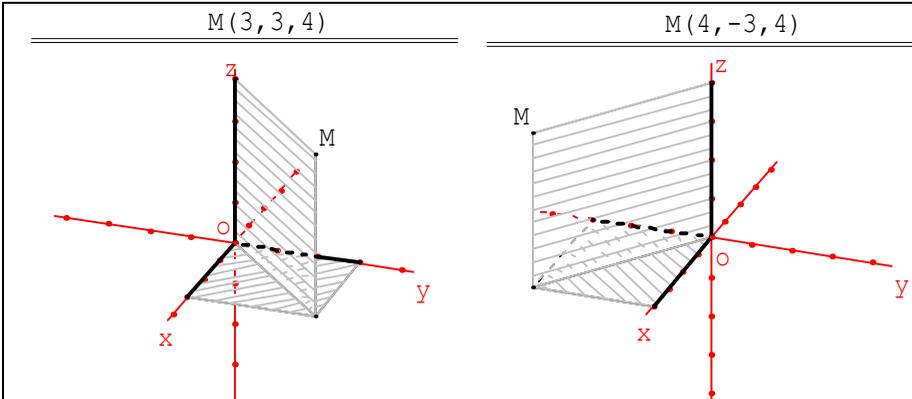


On s'intéresse à la longueur MN notée d lorsque x varie (illustration 1). On peut aussi démontrer que la droite (MN) reste parallèle à un plan fixe et enfin chercher le lieu du milieu I du segment $[MN]$ (illustration 2).

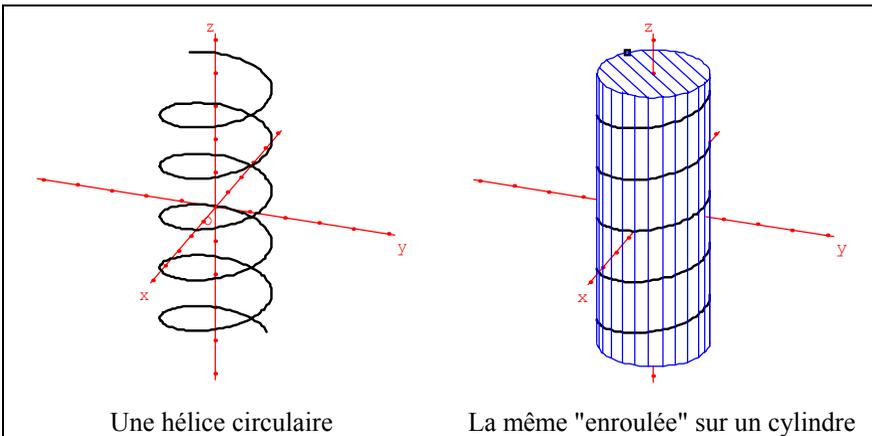
GeospacW et la "géométrie analytique"

On peut créer des repères, des points et des vecteurs en donnant leurs coordonnées, des plans au moyen d'une équation, des courbes paramétrées.

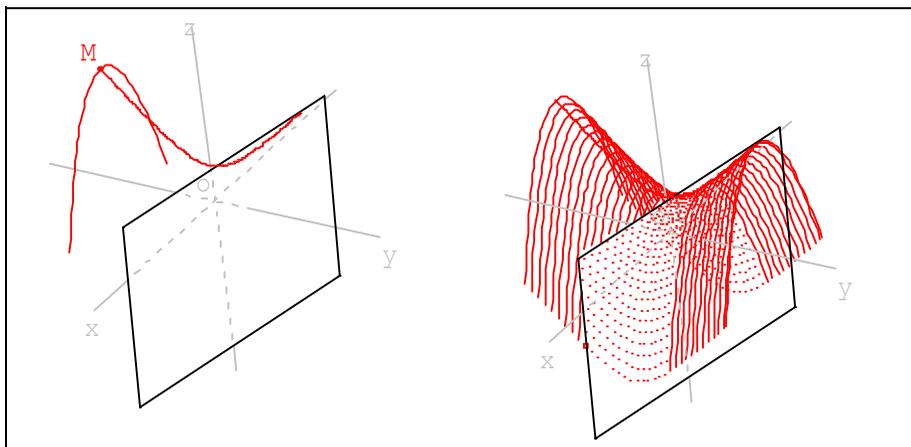
Exemple 6 : illustration de la notion de coordonnées d'un point dans un repère de l'espace.



Exemple 7 : l'hélice circulaire est définie par une représentation paramétrique.



Exemple 8 : on peut voir un parabolôide hyperbolique coupé par un plan. La surface est engendrée par un arc de parabole variable dont le sommet est situé sur un arc d'hyperbole du plan yoz .



GeospacW et les problèmes de représentation des objets de l'espace

Quand on dessine un cube dans le cadre d'une activité mathématique, il est d'usage de le dessiner comme le montre l'illustration 1, avec une face "de face" représentée par un carré.

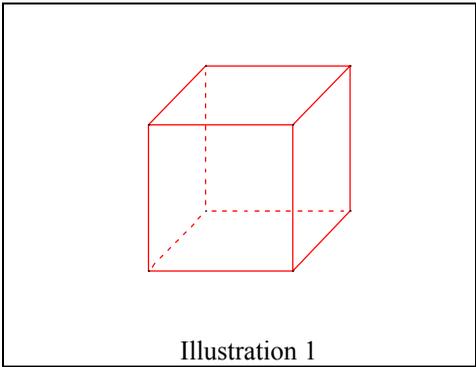
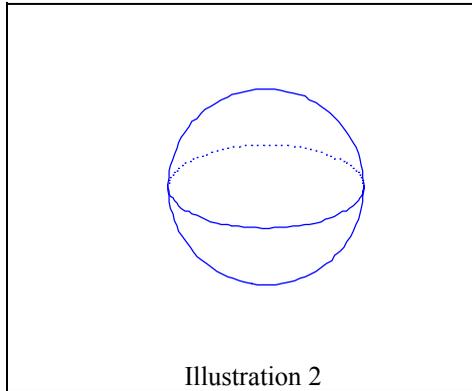


Illustration 1

Quand on dessine une sphère, on dessine en général quelque chose ressemblant à l'illustration 2.

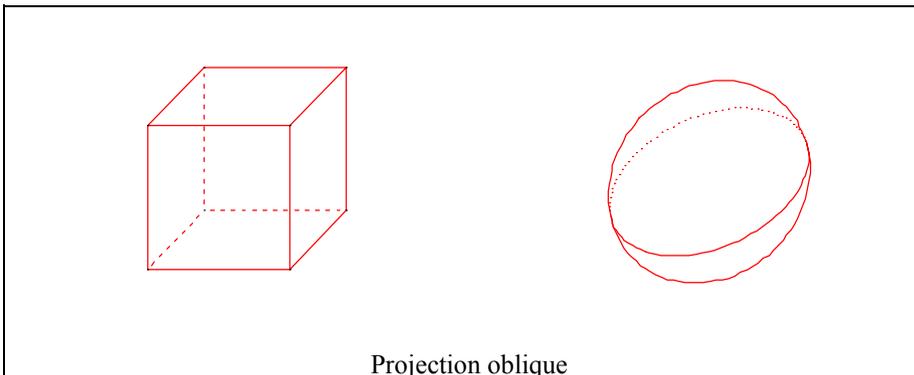


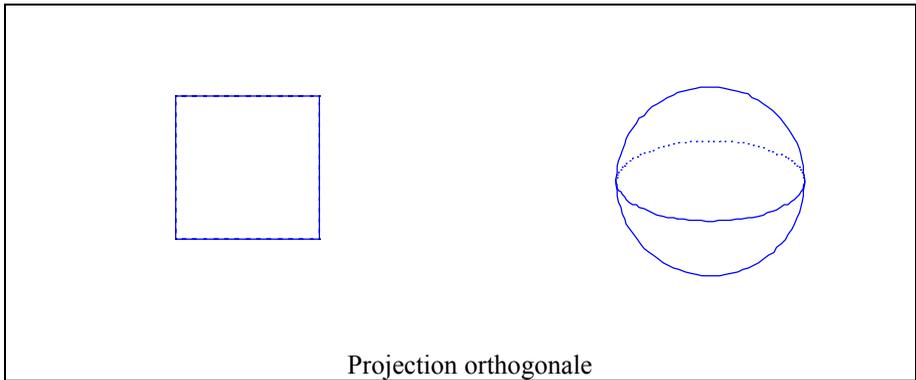
Il faut savoir qu'il n'est pas possible d'obtenir ces deux dessins avec les mêmes conventions de représentation. Il est donc, par exemple, impossible de voir avec GeospacW ces deux types de dessin dans la même fenêtre.

Autrement dit, les conventions usuelles varient avec l'objet que l'on veut suggérer !

Le dessin d'un objet est une projection sur un plan parallèlement à une droite : dans l'illustration 1 la projection est oblique alors que dans l'illustration 2 la projection est orthogonale.

Les dessins suivants montrent ce que l'on peut obtenir simultanément, avec GeospacW par exemple, quand on représente une sphère et un cube (avec une face de face) dans une même figure.





En projection orthogonale le cube est entièrement "caché" par sa face "de face". En projection oblique, la sphère prend une forme ovoïde que l'on a quelques difficultés à accepter.

Ces dessins montrent bien qu'à un moment ou à un autre il faut prendre le temps de s'interroger sur les conventions de représentation et leurs principes mathématiques. Ces questions de projection ne sont, d'ailleurs, qu'un exemple des problèmes que pose la représentation plane des objets de l'espace. Le logiciel GeospacW offre une aide précieuse pour poser clairement ces problèmes.

Installation du logiciel

Contenu du répertoire GeospacW (ou de la disquette GeospacW)

Pour fonctionner, le logiciel demande la présence, dans le même répertoire, des fichiers **GeospacW.exe**, **Ecrexpor.dll**, **Geexport.dll**, **GeospacW.hlp**.

Contenu du dossier GeospacW (ou de la disquette GeospacW) :

- ces quatre fichiers compressés,
- le logiciel d'installation **Installe.exe**,
- un exemple de fichier de configuration (**Exemple.cf3**),
- des fichiers de figures (**.g3w**) répartis dans six répertoires et décrits dans cette brochure.

Remarque : les fichiers Ecrexpor.dll, Geexport.dll, GeospacW.hlp sont communs avec le logiciel Interesp qui les utilise. Il est donc recommandé d'installer ces deux logiciels dans le même répertoire. Le logiciel d'installation vous propose de ne pas réinstaller ces fichiers communs.

Installation

Exécuter, sous Windows, le logiciel "INSTALLLE.EXE" et suivre les instructions. On commence par choisir le répertoire dans lequel seront décompressés tous les fichiers (six sous-répertoires seront créés). Le répertoire proposé doit se trouver sur un disque ayant au moins 3 Mo disponibles. On peut ensuite demander la création d'un lien entre les fichiers .G3W et GeospacW puis celle d'un groupe (dans le gestionnaire de programme pour Windows 3.1 ou 3.11 ou dans le sous-menu Programmes du menu Démarrer pour Windows 95) .

Le logiciel d'installation n'écrit que dans le répertoire choisi sauf, bien sûr, si on a demandé la création d'un groupe. Pour "désinstaller" le logiciel, il suffit donc de supprimer ce répertoire et éventuellement le groupe correspondant s'il a été créé.

Conditions de fonctionnement

GeospacW est un logiciel destiné à des ordinateurs de type compatible PC munis de Windows (à partir de la version 3) et ayant au moins 4 Mo de mémoire.

GeospacW : fichier de configuration du logiciel

GeospacW est un logiciel puissant offrant de nombreuses possibilités de création d'objets mathématiques, permettant de travailler sur plusieurs figures à la fois, utilisable aussi bien en collectif qu'en individuel. Il est souvent utile de l'adapter à l'usage qui en sera fait.

Dans certaines situations, pour de jeunes élèves en particulier, on appréciera de pouvoir supprimer des menus les créations de certains objets et de brider le fonctionnement en interdisant la création des objets provisoirement invalides ou en n'ouvrant qu'une seule figure occupant tout l'écran.

Un fichier de configuration permet d'éliminer certains articles des menus *Fichier* et *Fenêtre* et offre d'autres choix comme supprimer l'aide, interdire la création des objets provisoirement non valides, ouvrir avec l'option mono-fenêtre, avec un fond noir, sans logo de titre, etc. De plus un tel fichier permet de fixer le modèle de la figure obtenue par l'article *Nouvelle figure* du menu *Fichier* (ce qui permet en particulier de limiter les menus de toute nouvelle figure).

On crée un fichier de configuration depuis GeospacW par l'article *Préférences* du menu *Fichier* (cf. cet article dans la description des menus).

Il sera pris en compte lors d'un chargement ultérieur de GeospacW et ceci uniquement si on le transmet en paramètre c'est-à-dire si on fait exécuter "GeospacW nomdufichier.cf3" (avec un espace entre GeospacW et le nom du fichier de configuration), le nom du fichier de configuration devant comporter son chemin complet s'il n'est pas dans le même répertoire que GeospacW.EXE. On peut créer un raccourci Windows dont la ligne de commande est ainsi définie.

On peut évidemment créer plusieurs fichiers de configuration. Ce sont des fichiers en texte, modifiables à partir d'un logiciel de traitement de texte (le Bloc-notes de Windows par exemple) à condition de respecter la syntaxe en vigueur. Regarder ainsi le contenu du fichier Exemple.cf3 fourni sur la disquette et essayer de lancer GEOSPACW EXEMPLE.CF3 (en n'oubliant pas l'espace entre les deux noms).

La configuration maximale est celle qui est prévue par défaut. On l'obtient en exécutant GeospacW sans mettre de nom de fichier de configuration en paramètre.

Quelques remarques concernant GeospacW

Pour faciliter les créations de figures et l'utilisation de GeospacW, diverses actions sur les objets sont possibles (renommer, modifier l'aspect, protéger, interdire d'accès, etc.). Une variable de temps est disponible pour créer des animations.

Les menus peuvent être modifiés. Presque toutes les fonctionnalités de GeospacW sont accessibles par les menus lorsque ceux-ci sont complets.

Le texte de la figure

Chaque figure est sauvegardée sous forme d'un texte décrivant les objets créés et les paramètres du dessin. Ce texte de la figure peut être vu avec n'importe quel logiciel de traitement de texte. Un éditeur est incorporé à GeospacW qui permet de modifier une figure en travaillant directement sur le texte.

Quelques précisions sur l'aide

L'aide (au standard Windows) comporte de nombreuses informations sur le fonctionnement (utilisation d'un menu, différentes actions de la souris et du clavier...) et sur les objets créés et manipulés dans GeospacW.

On peut **consulter l'aide** non seulement lorsqu'on éprouve une difficulté, mais aussi pour savoir ce qu'il est possible de créer, déplacer, écrire, calculer...

Une **aide adaptée au contexte** est souvent accessible au moyen d'un bouton marqué "**Aide**" (par exemple lors d'une création ou lors d'une sélection). Dans ce cas, comme dans celui de l'appel de l'aide par le menu (*Aide* puis *Index*), on peut utiliser le bouton marqué "**Rechercher**" pour accéder rapidement aux rubriques concernant un sujet donné.

La rapidité de modification des dessins

Les informations qui suivent peuvent permettre, dans le cas d'un ordinateur un peu lent et/ou d'une figure très complexe, d'accélérer les mouvements de rotation ou les variations des paramètres :

- Le calcul des parties cachées est d'autant plus long que le nombre et la complexité des objets opaques sont importants, à plus forte raison si ceux-ci sont hachurés.



- Le bouton  permet de mettre provisoirement la figure en "mode fil de fer", pour la faire tourner plus vite avant de la remettre dans l'état précédent.
- L'usage des commandes d'affectation ou de changement de vue peut permettre de mettre la figure dans un état voulu sans tâtonnements.
- La construction d'un polyèdre défini par ses sommets est accélérée si les deux premiers sommets constituent une arête et si le troisième est sur la même face que les deux premiers.
- Les commandes de dessin permettent de dessiner les objets seulement au moment voulu. Les dessins sont plus rapides s'il y a moins d'objets à dessiner.
- Retirer les marques des points lorsqu'elles sont inutiles : si, en plus on suspend l'affichage des noms des points (article *Noms des points affichés* du menu *Afficher* ou touche F4), le nombre d'objets à dessiner diminue.
- Diminuer le nombre de points par courbe, tant que cela ne nuit pas à la qualité du graphique.
- Un seul polyèdre complexe opaque "tournera" plus vite que deux polyèdres opaques plus simples.

GeospacW et le logiciel DOS Geospace

GeospacW est né du logiciel DOS Geospace (de même que le logiciel Geoplan DOS avait donné naissance à GeoplanW). Geospace est diffusé par le CRDP de Poitiers au sein d'un ensemble constitué d'une brochure et de logiciels, portant le nom "Activités Mathématiques avec Imagiciels : Géométrie dans l'espace". Les exemples et commentaires contenus dans la brochure sont très facilement adaptables à GeospacW.

GeospacW n'est pas le résultat de la mise sous Windows de Geospace DOS (les fichiers de ce dernier ne sont d'ailleurs pas récupérables sous GeospacW car la structure des figures y est très différente).

Il s'agit d'un logiciel beaucoup plus puissant et entièrement nouveau qui est le résultat d'une réflexion en profondeur sur la nature des objets qui y interviennent ainsi que sur leurs représentations.

Premier contact avec les représentations planes des objets de l'espace dans GeospacW

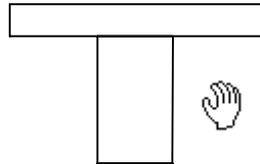
Différentes vues d'une même figure

- Lancez GeospacW. Chargez la figure "Elemvues.g3w" (menu *Fichier*, *Charger une figure* ou bouton ci-contre) présent dans le (sous)répertoire *Observe*.



Faire tourner l'objet au moyen de la souris

- Vous disposez d'une figure GeospacW. On voit à l'écran deux rectangles. Appuyez sur le bouton droit de la souris, le curseur se transforme en main légèrement incurvée. Bougez doucement la souris en maintenant le bouton droit enfoncé. Vous obtenez différentes vues d'un objet de l'espace.



Comment est composé cet objet ?

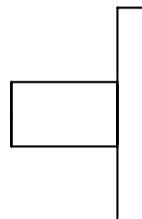
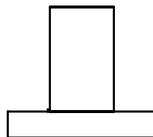
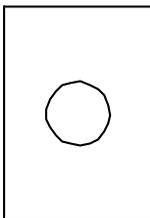
Position initiale

Grâce à cette possibilité de mouvement, vous avez "vu" l'objet sous différents angles. Pour le remettre dans sa position initiale, maintenez appuyée la touche Ctrl et appuyez sur la touche F1 ou dans le menu *Vues* utilisez l'article *Vue initiale*.

Remarque : dans toutes les manœuvres suivantes, pour reprendre en cas d'erreur, utilisez ce retour à la position initiale (raccourci clavier Ctrl F1).

Entraînement

Afin d'acquérir un peu de maîtrise dans le maniement de la souris pour faire tourner l'objet, essayez d'arriver à produire à l'écran les dessins suivants :

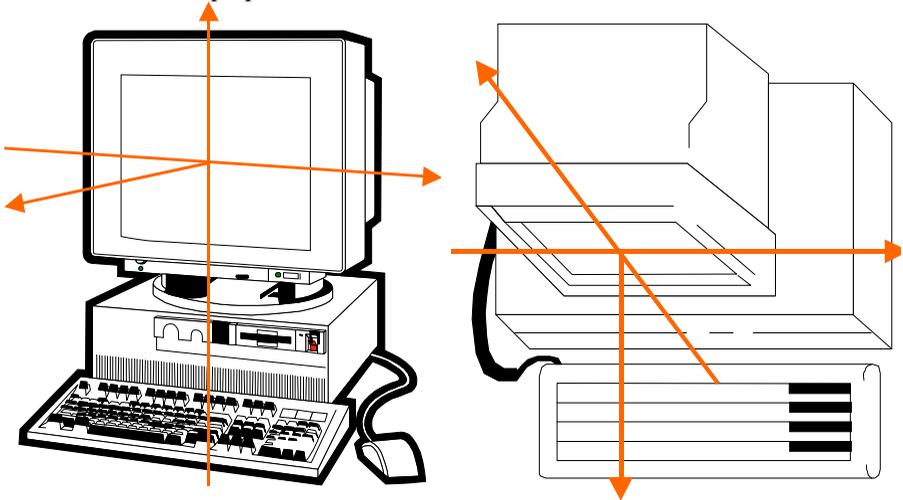


Faire tourner l'objet en utilisant le clavier

Revenez à la position initiale. En partant de cette position initiale, enfoncez la touche MAJ et, en la maintenant enfoncée, appuyez successivement dix-huit fois sur la flèche droite  du clavier. L'objet tourne d'un quart de tour autour d'un axe vertical. En effet, chaque appui sur la flèche fait tourner de 5°, ce qui fait 90° en 18 appuis.

Revenez à la position initiale par Ctrl F1. En partant de cette position initiale, enfoncez la touche MAJ et, en la maintenant enfoncée, appuyez successivement dix-huit fois sur la flèche vers le bas  du clavier. L'objet tourne d'un quart de tour autour d'un axe horizontal situé dans le plan de l'écran.

Revenez à la position initiale par Ctrl F1. En partant de cette position initiale, enfoncez la touche MAJ et, en la maintenant enfoncée, appuyez successivement dix-huit fois sur la touche PgUP  du clavier. L'objet tourne d'un quart de tour autour d'un axe horizontal perpendiculaire à l'écran.



Sur les dessins ci-dessus, on a représenté les axes correspondants à ces trois types de rotations.

Remarque importante

Les trois types de rotations indiqués ci-dessus peuvent se combiner : si on ne revient pas à la position initiale, quand on change d'axe de rotation c'est l'objet dans sa position actuelle qui va tourner autour de l'axe choisi.

Résumé

Axe	Vertical	Horizontal dans l'écran	Horizontal perpendiculaire à l'écran
Combinaison de touche	MAJ-Flèche Droite MAJ-Flèche Gauche	MAJ-Flèche Haut MAJ-Flèche Bas	MAJ-PgUp MAJ-PgDown

Reprenez les dessins proposés pour l'entraînement à la souris et essayez de les réaliser en faisant tourner l'objet au clavier.

Pour aller plus loin

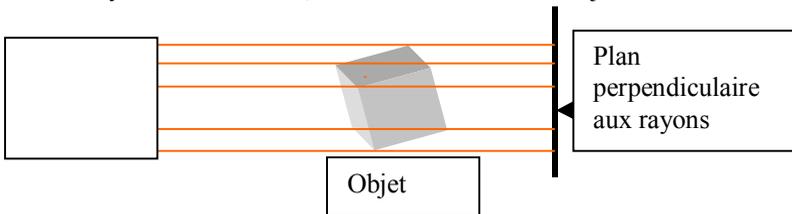
On peut se contenter dans un premier temps d'acquérir suffisamment d'habileté et d'entraînement pour arriver à positionner l'objet sur lequel on travaille comme on le souhaite, même au prix de quelques tâtonnements.

Il est cependant intéressant de réfléchir à un certain nombre de questions concernant ce qu'on voit à l'écran.

Principes de base

Ombre au soleil

Oublions un instant l'ordinateur et pensons à l'objet comme éclairé par une source de lumière très éloignée (par exemple le soleil) de sorte que, à peu de choses près, les rayons lumineux soient parallèles entre eux. Sur n'importe quel plan perpendiculaire aux rayons lumineux, l'ombre de l'objet forme un dessin.



Quand on fait tourner l'objet dans l'espace autour d'un axe, ce dessin plan (l'ombre) se modifie.

À quelques réserves près (voir plus loin), on peut considérer que ce qu'on voit sur l'écran est assimilable à ce qu'on verrait si on y représentait cette ombre. Ceci est vrai parce que le logiciel, pour réaliser le dessin à l'écran, effectue les calculs correspondant exactement à cette situation d'ombre au soleil.

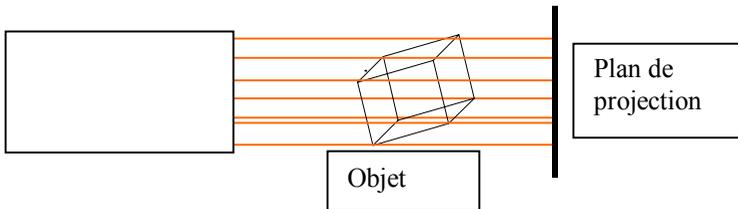
Les limites de cette interprétation

Il est clair que cette interprétation ne doit pas être prise au pied de la lettre, mais seulement dans son principe.

En effet le dessin obtenu ne ressemble en général pas à l'ombre d'un objet plein, pas plus d'ailleurs qu'à celle d'un objet en "fil de fer" car certaines parties (sommets, arêtes, etc.) qu'on ne distinguerait pas dans le cas de l'ombre sont visibles sur l'écran.

Projection orthogonale

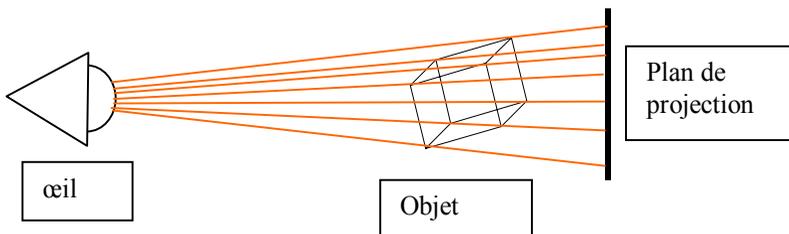
En fait, le procédé utilisé dans le logiciel pour faire les calculs donnant le dessin à l'écran est une projection orthogonale : par chaque point de l'objet de l'espace on fait passer une droite perpendiculaire au plan sur lequel on projette et on représente sur ce plan l'intersection de cette droite avec ce plan.



Remarque sur la vision

Nous savons maintenant que ce que GeospacW nous montre à l'écran est une projection orthogonale. Cependant, nous avons l'impression de voir l'objet lui-même. D'où cela vient-il ?

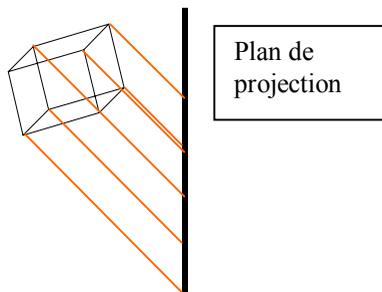
Si nous regardons l'objet (supposé matérialisé, de taille limitée et placé devant le plan de projection) avec assez de recul en nous plaçant de telle sorte que nous le voyions à peu près dans la direction perpendiculaire au plan de projection, les rayons lumineux issus des différents points de l'objets sont "presque perpendiculaires" au plan de projection. Ce sont ces rayons entrant dans notre œil qui forment l'image de l'objet sur notre rétine.



On voit que si on remplace cet objet par sa projection orthogonale sur le plan, les rayons lumineux issus des points de cette projection et entrant dans l'œil formeront une image peu différente de la précédente et nous donneront donc l'illusion de voir l'objet.

Projection oblique

Dans GeospacW, il est possible d'utiliser une projection oblique au lieu d'une projection orthogonale. Pour en faire l'expérience, recharger la figure de départ et utiliser l'article *Projection oblique* du menu *Vues* ou le bouton ci-contre.



Le logiciel calcule la position des intersections avec le plan de projection des droites parallèles à la direction de projection (correspondant à celle des rayons du soleil) passant par les points de l'objet.

On peut dire qu'alors tout se passe comme si on regardait l'ombre de l'objet sur un plan qui n'est plus perpendiculaire aux rayons du soleil (comme l'ombre sur le sol en fin d'après-midi).

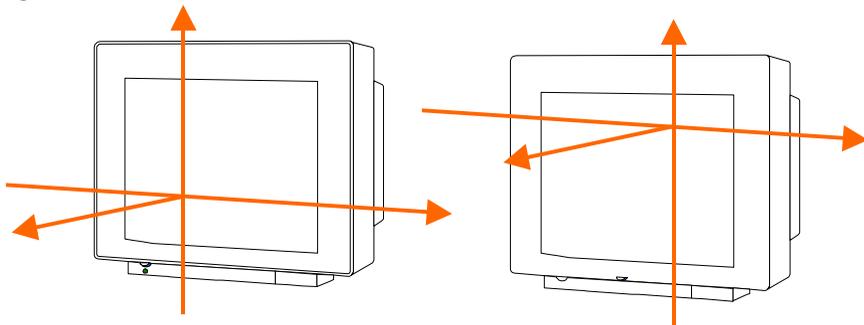
Il est d'ailleurs possible de modifier la direction de projection (voir l'aide en ligne).

Position de l'objet, des axes de rotation

Il n'est pas nécessaire d'imaginer que le système des trois axes de rotation fixes (que nous avons évoqués à propos de l'utilisation du clavier pour faire tourner l'objet) est placé comme nous l'avons décrit plus haut. Il peut être cependant plus agréable pour certains utilisateurs de penser au centre de l'écran comme à un point fixe (par rapport aux mouvements de l'objet déclenchés par la souris bouton droit enfoncé ou les rotations au clavier). Ce point fixe se nomme "o" (lettre o minuscule).

Changement de cadrage

Il est en fait faux de dire que le point o est fixe car il est possible de le déplacer avec la souris (en maintenant le bouton droit appuyé avec la touche MAJ du clavier enfoncée) ou avec les combinaisons de touches Ctrl + MAJ + Flèches ou PgUP, PgDwn.



Rotations en utilisant la souris

Nous pouvons expliciter maintenant l'action de la souris bouton-droit-enfoncé. Deux cas sont possibles :

- déplacement avec option "Plan de face maintenu de face" non cochée, qui se fait avec le curseur en forme de main sans flèche



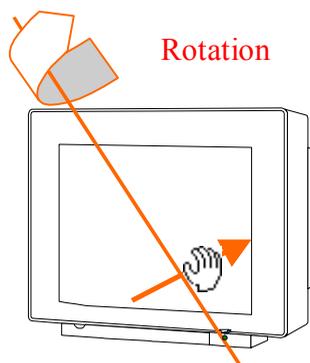
- déplacement avec option "Plan de face maintenu de face" cochée, qui se fait avec le curseur en forme de main avec une flèche



Option "Plan de face maintenu de face" non cochée

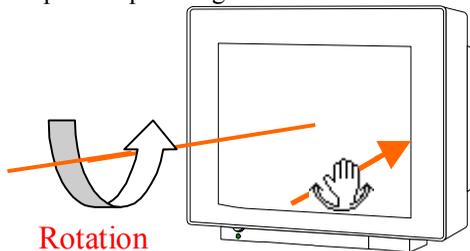
Lors d'un tel déplacement de la souris, le logiciel lit le plus fréquemment possible la position du curseur, calcule et fait tourner, puis recommence (lecture, calcul, rotation) et ainsi de suite tant que le bouton droit est enfoncé.

Entre deux positions successives ainsi lues, le logiciel fait tourner l'objet autour d'un axe situé dans l'écran, passant par l'origine o, et perpendiculaire au déplacement défini par ces deux positions successives.



Option "Plan de face maintenu de face" cochée

Dans ce cas, les déplacements du curseur donnent des rotations autour de l'axe perpendiculaire à l'écran passant par l'origine o .



Le plan passant par o qui était de face est alors maintenu de face dans la rotation. Voir l'aide et la description des menus pour plus de précision.

Coordonnées

Parmi les objets prédéfinis de toute figure-GeospacW on trouve le repère R_{xyz} (et certains objets liés comme l'origine o , les plans de coordonnées etc.).

Partant d'une nouvelle figure (menu *Fichier*) en appuyant sur le bouton ci-contre ou en utilisant l'article *Repère Rxyz affiché* du menu *Afficher* ou en appuyant sur la touche F6 on fait apparaître l'origine et les axes de coordonnées de R_{xyz} .



Quelques situations de départ avec GeospacW

Tous les fichiers utilisés dans ce chapitre se trouvent dans le répertoire Observe.

Observer les propriétés des figures

L'objectif de cette activité est l'utilisation de différentes options de représentation offertes par GeospacW pour découvrir les propriétés d'une figure et les utiliser pour faire des calculs ou des démonstrations.

Il est nécessaire d'avoir déjà fait des manipulations pour changer de vues : on pourra commencer par la situation proposée dans le chapitre "Premier contact avec les représentations planes dans GeospacW".

L'activité se décompose en plusieurs parties¹ : dans la première, on observe les représentations d'une figure, dans la deuxième, après avoir admis ou démontré les propriétés intéressantes, on effectue des calculs en utilisant les théorèmes classiques de la géométrie plane. Dans la troisième, on laisse les élèves organiser leurs observations et leurs calculs dans d'autres situations (il n'est évidemment pas nécessaire que tous les élèves étudient les quatre figures proposées) et dans la dernière, on essaie de dresser un catalogue de manipulations utiles pour observer des propriétés usuelles sur les points et les droites.

Naturellement toutes les observations faites dans la première partie ne peuvent donner lieu qu'à des conjectures puisqu'aucune information n'est fournie sur la construction de la figure. Tous les objets sont à rappels limités (seul leur genre² est fourni dans les rappels). Il faudra prendre toutes les précautions utiles quant au statut logique des différentes affirmations des élèves et on pourra, selon les connaissances qu'ils ont, leur demander de justifier certaines propriétés dans la suite de l'activité lorsqu'ils découvriront la définition des différents objets.

Dans chaque situation, les notions mathématiques nécessaires aux calculs sont les théorèmes de la géométrie plane (théorème de Thalès et théorème de Pythagore).

¹Si on distribue aux élèves une fiche de travail, il sera évidemment préférable d'attendre la fin des observations de la première figure (première partie) pour donner la suite.

²Le genre d'un objet créé dans GeospacW peut être : point, droite, fonction, etc.. Dans GeospacW comme dans GeoplanW, on peut créer des objets à rappels limités en travaillant directement sur le texte de la figure dans l'éditeur de texte.

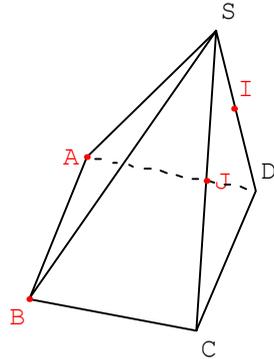
Pour démontrer les propriétés de la figure, on a besoin des propriétés élémentaires de géométrie de l'espace concernant le parallélisme et l'orthogonalité.

I. Utiliser les différentes vues pour observer

Lancer le logiciel, charger la figure *Observe1.g3w* (menu *Fichier*, article *Charger une figure*). **SABCD** est une pyramide de sommet **S**, **I** et **J** sont deux points.

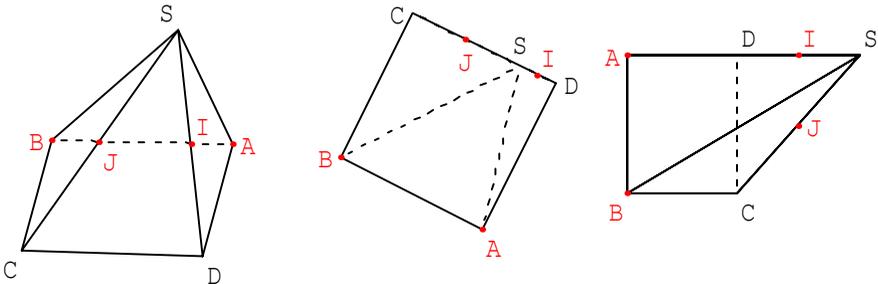
Le but de cette activité est de reconnaître la figure formée par les quatre points **A**, **B**, **I** et **J** pour faire quelques calculs de longueurs et d'aire.

Naturellement, toutes les "bonnes" observations faites devraient être démontrées à l'aide d'informations sur la figure (ces informations seront fournies dans la deuxième partie).



1. Changer de vues à l'aide du clavier ou de la souris

On peut commencer par changer de vue soit à l'aide du bouton droit de la souris, soit à l'aide des touches Maj-flèches du clavier. On peut à tout moment retrouver la vue initiale en appuyant sur CTRL F1 (maintenir appuyée la touche CTRL et appuyer sur F1). Essayer d'obtenir les vues suivantes. Pour chacune des vues présentées (y compris la vue initiale), les points qui sont représentés alignés sur le dessin sont-ils alignés dans l'espace ?



Quels sont les points alignés sur la figure de l'espace ? Peut-on obtenir des dessins où les points **A**, **B**, **C** et **D** sont représentés alignés ? Même question avec **A**, **B**, **C**, **S**. Expliquer les réponses.

2. Mettre un plan particulier de face

Lorsqu'un plan est mis de face, tous les objets qui sont dans ce plan sont représentés en "vraie grandeur" sur l'écran.

Dans le menu *Vues*, choisir l'article *Autre plan de face*, donner **ABC** comme nom de plan et 10 (ou plus) comme nombre d'étapes. Le logiciel calcule les changements de vues à effectuer pour mettre progressivement le plan (**ABC**) de face. Le dessin obtenu est difficile à interpréter : plusieurs points sont représentés confondus. Sont-ils confondus dans l'espace ?

3. Afficher un plan isolé de face

Pour mieux comprendre comment sont placés les différents éléments de la figure, GeospacW permet de représenter à l'écran uniquement les objets créés contenus dans un plan choisi par l'utilisateur. Ce plan isolé peut de plus être mis de face. Tous les objets de ce plan sont alors représentés sur l'écran en vraie grandeur.

Revenir à la vue initiale par CTRL F1. Dans le menu *Afficher*, choisir l'article *Plan isolé* ou appuyer sur le bouton de la barre d'outils représenté ci-contre.



Donner **ABC** comme nom du plan et demander qu'il soit placé de face. Que peut-on dire de la base de la pyramide ?

Appuyer sur la touche ESC (ou Echap) pour revenir au dessin de la figure entière. On retrouve le dessin obtenu précédemment avec l'article *Autre plan de face*.

Par le même procédé, placer de face le plan isolé (**ABI**). Que peut-on conjecturer pour les points **A**, **B**, **J** et **I** ? Créer les segments [**AI**], [**IJ**] et [**JB**] : dans le menu *Créer*, choisir l'article *Ligne* puis *Segments* ; taper dans l'ordre les lettres **A I I J J B** sans espace entre elles. Quelle précision peut-on apporter à la nature de la figure formée par les points **A**, **B**, **J** et **I** ?

Appuyer sur la touche ESC pour revenir à un dessin de la figure entière. Utiliser la même méthode avec chacun des plans (**ABS**), (**BCS**), (**CDS**) et (**ADS**). Écrire toutes les propriétés observées.

4. Faire afficher des longueurs de segments

Pour préciser la position de **I**, par exemple, on peut faire afficher les longueurs des segments [**SI**] et [**SD**]. Pour cela, dans le menu *Créer*, choisir l'article *Affichage*, puis *Longueur d'un segment*, entrer **SI** comme nom du segment et 3 comme nombre de décimales. Faire de même pour la longueur de [**SD**]. Que peut-on observer ?

II. Faire quelques démonstrations et des calculs

Par construction, la pyramide **SABCD** a pour base le carré **ABCD** de côté 2 et pour hauteur [**SD**] de longueur 3. Les points **I** et **J** sont les milieux respectifs de [**SD**] et

[SC]. On peut alors démontrer que **ABJI** est un trapèze rectangle de bases [AB] et [IJ] et de hauteur [AI]. On cherche à calculer l'aire du quadrilatère **ABJI**.

Toutes ces définitions sont écrites dans le commentaire de la figure que l'on peut voir à l'écran par le menu *Afficher*, article *Commentaire* ou bien en appuyant sur la touche F3 du clavier.

1. Calcul de l'aire du trapèze

Utiliser les données ci-dessus et les observations faites dans l'étape précédente pour calculer les longueurs **IJ** et **AI** en utilisant les théorèmes de géométrie plane dans des plans bien choisis. Préciser chaque fois le plan dans lequel on se place ainsi que le théorème utilisé. Vérifier éventuellement les calculs en demandant la création des affichages des longueurs. Calculer l'aire du trapèze.

2. Vérification du calcul de l'aire

Après le calcul de l'aire du trapèze, on peut utiliser GeospacW pour vérifier le résultat : le logiciel calcule l'aire d'un polygone convexe à condition qu'un tel objet ait été créé. Ce qui n'est pas le cas encore dans cette figure. Seuls les côtés du polygone ont été créés.

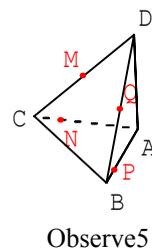
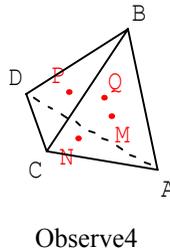
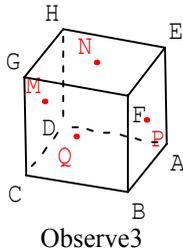
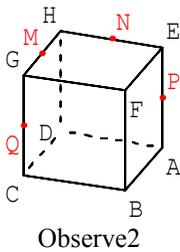
Créer d'abord le polygone convexe (menu *Créer, Ligne, Polygone convexe, défini par ses sommets*). Le nommer **T**.

Créer l'aire du polygone **T** (menu *Créer, Numérique, Calcul géométrique, Aire d'un convexe*). Nommer l'aire **a**. L'objet créé **a** n'est pas un objet dessinaable donc rien n'apparaît à l'écran. Il faut créer un affichage pour voir la valeur de **a** (Menu *Créer, articles Affichage*, puis *Variable numérique déjà définie*).

III. Organiser les observations

Diverses figures sont disponibles pour faire un travail du même type. Pour chacune d'elles, il faut organiser les observations pour répondre aux questions posées. Comme dans *Observe1.g3w*, on a volontairement limité les rappels des objets construits (faire afficher les rappels pour le constater). Une fois les observations faites, on pourra trouver une définition des objets de la figure dans le commentaire de la figure. Ces définitions permettent de démontrer les propriétés utiles pour les calculs dans chaque figure.

Quatre situations sont proposées. Dans chacune d'elles, on s'intéresse à la figure formée par quatre points **M**, **N**, **P** et **Q** en partant dans les deux premières d'un cube **ABCDEFGH** et dans les deux dernières d'un tétraèdre **ABCD**.



Pour chaque situation, répondre à la question : est-ce que la figure formée par **M**, **N**, **P** et **Q** est une figure plane ?

Si oui, en utilisant les définitions des objets fournies dans le commentaire, calculer l'aire du quadrilatère **MNPQ**. Vérifier avec le logiciel.

Si ce n'est pas une figure plane, ces points sont les sommets d'un tétraèdre. Que peut-on dire des faces ? Calculer l'aire de chaque face puis l'aire du tétraèdre. Vérifier le calcul avec le logiciel.

Dans Observe4, on aura intérêt à créer des milieux d'arêtes du tétraèdre **ABCD**.

IV. Catalogue de manipulations pour des observations

Dans cette partie, on regarde comment exploiter les possibilités de changement de vues et de création de GeospacW pour observer quelques propriétés usuelles des objets de l'espace. Naturellement les observations permettent seulement de faire des conjectures et là encore le statut logique des différentes affirmations doit être précisé avec les élèves.

Les manipulations possibles pour l'étude des positions relatives de points sont détaillées, des études similaires pour quelques autres questions sont ensuite laissées au soin des élèves.

1. Deux points sont-ils confondus ?

Charger la figure Observe6.g3w. Elle contient quatre points libres **A**, **B**, **P** et **Q**. Chacun de ces points peut être déplacé à l'aide de la souris.

Cliquer sur le point **A** et le déplacer pour qu'il occupe la même position que **B** à l'écran. De même saisir le point **P** et l'amener à la même position que **Q** à l'écran. Comment savoir si les points **A** et **B** d'une part, **P** et **Q** d'autre part occupent la même position dans l'espace ?

Voici plusieurs manipulations à essayer pour observer si deux points **M** et **N** qui sont représentés confondus le sont dans l'espace :

- changer de vue. Si les points **M** et **N** ne sont pas confondus dans l'espace, on doit trouver une vue où ils ne seront pas confondus à l'écran. Expliquer dans quel cas deux points distincts de l'espace ont des représentations confondues à l'écran.

- essayer de créer la droite (**MN**). Si les points sont confondus le logiciel signalera que cette droite ne peut exister pour les positions actuelles des points **M** et **N**.

- faire afficher la longueur **MN**.

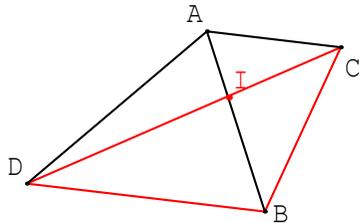
Essayer l'une de ces méthodes avec les couples de points **A** et **B** d'une part, **P** et **Q** d'autre part.

Faire afficher les rappels pour voir les définitions des quatre points. Essayer d'expliquer les différences de comportement entre les deux couples de points (consulter l'aide pour savoir comment la souris déplace les points libres).

Les points peuvent aussi être déplacés au clavier. Pour cela, dans le menu *Piloter*, choisir l'article *Piloter au clavier* et sélectionner le point à déplacer. Le point **P** se déplace à l'aide des quatre flèches. Le point **A** se déplace en plus à l'aide des touches PgUp et PgDown. Recommencer éventuellement les mêmes manipulations après avoir éloigné les points.

2. Des points (au moins trois) sont-ils alignés ?

Charger la figure Observe7.g3w. Le point **I** est représenté sur l'écran aligné avec les points **A** et **B** d'une part et avec les points **D** et **C** d'autre part. Ces alignements existent-ils dans l'espace ?



Pour observer si trois points **M**, **N** et **P** sont alignés dans l'espace, on peut :

- changer de vue.

Si des points ne sont pas alignés dans l'espace, on doit trouver une vue où leurs représentations ne le seront pas non plus. Expliquer dans quel cas des points non alignés dans l'espace ont des représentations alignées sur l'écran.

Si des points sont alignés dans l'espace, on peut trouver une vue où leurs représentations sont confondues. Expliquer pourquoi.

- essayer de créer le plan (**MNP**). Si les points sont alignés, le logiciel le signale par

- essayer de faire afficher le plan isolé (**MNP**). Si les points sont alignés....

- essayer de créer le point d'intersection des droites (**MN**) et (**MP**). Si les points sont alignés, le logiciel le signale par (à compléter).

- créer puis faire afficher la distance du point **P** à la droite (**MN**).

3. Des points (au moins quatre) sont-ils coplanaires ?

Tous les points sont bien sûr représentés dans un même plan qui est celui de l'écran. Pourtant ils ne sont pas tous dans un même plan dans l'espace.

Pour observer si les points **M**, **N**, **P** et **Q** sont coplanaires (trois d'entre eux n'étant pas alignés), on peut :

- changer de vue : s'ils sont coplanaires, on peut trouver une vue telle que les points sont représentés alignés, sinon ce n'est pas possible.

- mettre de face le plan isolé (**MNP**). Si les points sont coplanaires, on voit le point **Q**.

- essayer de créer la droite d'intersection des plans (**MNP**) et (**MNQ**). Si les points sont coplanaires, ces deux plans sont confondus et le logiciel le signale par..... (à compléter).

- créer puis faire afficher la distance de **Q** au plan (**MNP**).

Exemple d'utilisation :

Dans la figure *Observe7.g3w*, faire afficher les rappels pour voir les définitions des objets déjà créés.

Créer le plan **p** parallèle à (**BCD**) passant par **I** (menu *Créer, plan, parallèle à un plan*). Créer les points d'intersection des droites (**AC**) et (**AD**) avec **p** et les nommer respectivement **J** et **K** (menu *Créer, Point, Intersection droite plan*). Créer le centre de gravité **G** du triangle **IJK** (menu *Créer, Point, Centre(ivers), centre de gravité*) et le point **H** projeté orthogonal de **C** sur la droite (**BG**) (menu *Créer, Point, image par, projection orthogonale sur une droite*).

Ouvrir la boîte de styles pour colorier de couleurs différentes les points **G** et **H**. Sélectionner **G** et **H** dans la boîte de sélection pour les traces (menu *Afficher, Sélection trace*, cliquer sur la ligne définissant **G** puis sur celle définissant **H**).

Mettre le logiciel en mode trace (menu *Afficher, Mode trace*). Déplacer **I** sur le segment [**AB**]. Observer les traces de **G** et les traces de **H**. Que peut-on en dire ?

4. Positions relatives de deux droites

Étudier les manipulations que l'on peut faire pour observer si deux droites sont parallèles, orthogonales, sécantes, non coplanaires.

5. Position d'un point par rapport à un plan, par rapport à un polyèdre convexe

Cette dernière situation permet de travailler à nouveau sur l'interprétation des différentes vues (il n'est pas très difficile de voir les objets qui sont à l'extérieur du cube en changeant de vue : si un objet est à l'extérieur du cube, il existe au moins une vue telle que...).

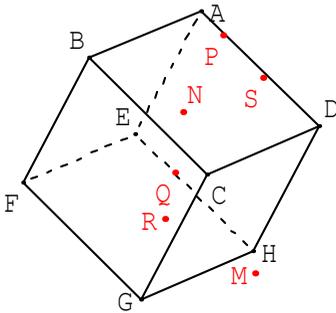
Par ailleurs, on peut ici exploiter l'opacité de certains objets (par exemple si on opacifie le cube,), ce qui n'avait pas encore été abordé.

Enfin pour préciser les positions des objets qui sont à l'extérieur du cube, divers procédés utilisant des créations sont possibles.

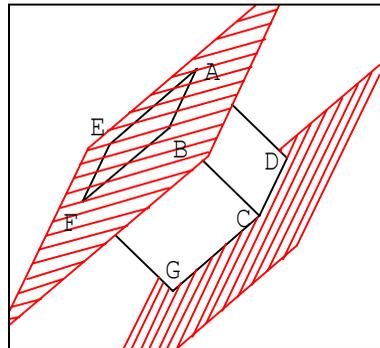
Charger la figure Observe8.g3w. **ABCDEFGH** est un cube. Trouver et décrire un procédé pour observer si les points **M, N, P, Q, R** et **S** sont à l'intérieur ou à l'extérieur du cube³.

Pour chacun des points qui sont à l'extérieur du cube, trouver et décrire un procédé pour observer s'il est entre deux plans parallèles limitant le cube ou non (comme sur le dessin 2). En cas de réponse oui, on essaiera de préciser toutes les paires de plans parallèles qui conviennent.

Une vue de la figure Observe8.g3w



Représentation de deux plans contenant deux faces parallèles du cube.



³Les points **M, N, P, Q, R** et **S** ont été créés comme points libres dans l'espace puis bloqués (menu *Divers, Filtrer, Interdire piloter*) pour qu'on ne puisse plus les déplacer.

Section d'un polyèdre par un plan et ensemble de points

Cette activité propose la création de la section d'un tétraèdre quelconque par un plan variable parallèle à deux arêtes opposées du tétraèdre et l'observation d'un ensemble de points.

La construction de la figure est décrite pas à pas ; en cela, on peut dire qu'elle ne nécessite aucune connaissance spéciale concernant les théorèmes de géométrie de l'espace. Par contre, la démonstration de la nature de la section utilise les propriétés de parallélisme dans l'espace (enseignées à l'heure actuelle en seconde). Celle de l'ensemble des points se fait à l'aide des coordonnées dans un repère (niveau "bonne première S").

1. Création du tétraèdre quelconque ABCD

Le tétraèdre est obtenu à partir de quatre points libres dans l'espace (ces points peuvent occuper n'importe quelle position).

- Créer le point **A** libre dans l'espace (menu *Créer, Point, Point libre, dans l'espace*). Les points libres dans l'espace **B**, **C** et **D** peuvent être créés de la même façon ou en utilisant le bouton bis de la barre d'outils ou encore le raccourci clavier Ctrl B (maintenir la touche Ctrl appuyée et taper B).

- Créer le polyèdre convexe **Tr** de sommets **A**, **B**, **C** et **D** (menu *Créer, Solide, Polyèdre convexe, défini par ses sommets*).

- Ouvrir la boîte de styles pour mettre le polyèdre **Tr** en style opacifiable (menu *Divers, Style crayon*, cliquer sur le bouton O dans la boîte puis sur le polyèdre **Tr** sur le dessin, fermer la boîte de styles). Si elle n'y est pas déjà, mettre la figure en mode "opaque avec parties cachées en pointillé" (menu *Afficher, article Figure en fil de fer* non coché et article *Parties cachées en pointillé* coché) ou agir sur les boutons correspondants de la barre d'outils.

On peut modifier les positions des points libres en les saisissant à la souris (cliquer sur le point avec le bouton gauche, bouger la souris en maintenant appuyé ce bouton gauche).

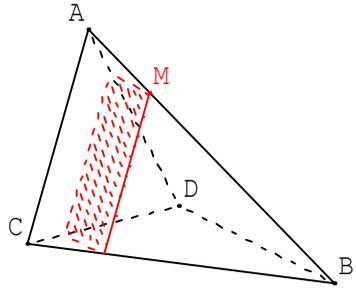
2. Création du plan et de la section du tétraèdre par ce plan.

- Créer **M** point libre sur le segment **[AB]** (menu *Créer, Point, Point libre, sur un segment*).

- Créer le plan **p** passant par **M** et parallèle aux droites **(AC)** et **(BD)** (menu *Créer, Plan, parallèle à 2 droites*).

- Créer la section **S** du tétraèdre **Tr** par le plan **p** (menu *Créer, Ligne, Polygone convexe, Section d'un polyèdre par un plan*). Ouvrir la boîte de styles pour la mettre en style hachuré et la changer éventuellement de couleur.

- On peut alors observer que, si on change les positions des points **A**, **B**, **C**, **D** ou **M** la section reste un parallélogramme.



- Remarquer que les sommets du polygone **S** défini comme section ne sont pas créés et qu'aucun article du menu ne permet de les créer directement à partir du polygone.

3. Création des sommets et du centre du parallélogramme S

- Créer le point **N** d'intersection du plan **p** avec **(AD)** (menu *Créer, Point, Intersection droite-plan*).
- Créer de même les points **P** et **Q** respectivement sur **(CD)** et **(CB)**.
- Créer le point **O** milieu de **[MP]** (menu *Créer, Point, Milieu*).

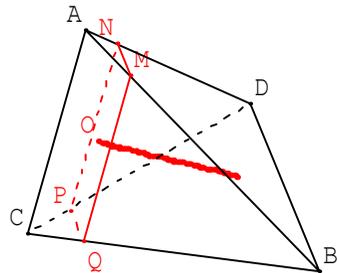
4. Visualisation de l'ensemble des points O lorsque M décrit le segment [AB].

- Il faut d'abord définir les objets dont on veut garder la trace (menu *Afficher, Sélection trace*). Dans la boîte qui s'ouvre, sélectionner la ligne définissant le point **O**, appuyer sur le bouton marqué "**Ok**".

- Mettre la figure en "mode trace" soit à l'aide du bouton **T** de la barre d'outils soit à l'aide du menu (menu *Afficher, mode trace*).

- Observer les changements de la barre d'outils. La plupart des boutons deviennent inactifs. Par contre on peut toujours changer de vue.

- Déplacer **M** à l'aide de la souris. Les traces du point **O** semblent être des points alignés sur le dessin. Pour vérifier que ces points sont bien alignés dans l'espace, on peut changer de vue sans sortir du "mode trace" et par exemple essayer d'obtenir une vue où la droite qui porte les traces est représentée par un point.



Patrons d'un polyèdre convexe

Création et observation de différents patrons d'une pyramide régulière à base carrée. Pour que la construction de la figure soit accessible aux élèves de lycée, on n'a pas utilisé de rotation dans l'espace, ce qui aurait permis de construire le carré de base plus rapidement.

Par contre, on se sert de deux objets prédéfinis : toute nouvelle figure de GeospacW contient au départ des objets dits prédéfinis dont on peut voir la définition en faisant afficher les rappels (menu *Afficher, Rappels*, ou touche F2 ou bouton de la barre d'outils).

1. Création d'une pyramide régulière SABCD

La base est un carré dans le plan **oxy**, le sommet **S** est sur l'axe **oz**. Le plan **oxy** est muni d'un repère d'origine **o** et d'axes **ox** et **oy**. On peut créer des points repérés dans ce plan.

La droite **oz** est perpendiculaire au plan **oxy** et passe par le point **o**.

- Créer le point **A** de coordonnées (1,1) dans le repère du plan **oxy** (menu *Créer, Point, Point repéré, dans un plan* puis donner **oxy** comme nom de plan, 1 pour abscisse et 1 pour ordonnée).

- Créer le point **B** comme image de **A** par la symétrie orthogonale d'axe **ox** (menu *Créer, Point, Point image par, symétrie axiale*).

- Créer **C** et **D** comme images de **A** et **B** par la symétrie centrale de centre **o** (menu *Créer, Point, Point image par, symétrie centrale*).

- Créer **S** point libre sur **oz** (menu *Créer, Point, Point libre, sur une droite*).

- Créer le polyèdre de nom **P_{yra}** défini par les sommets **ABCDS** *dans cet ordre* (menu *Créer, Solide, Polyèdre convexe, défini par ses sommets*). Utiliser éventuellement la boîte de styles pour hachurer cette pyramide ou lui donner le style opacifiable (menu *Divers, Style crayon*, cliquer sur le bouton ou un bouton de hachure dans la boîte puis sur le polyèdre **P_{yra}** sur le dessin, fermer la boîte de styles).

- Mettre la figure en mode opaque, parties cachées non dessinées, ou vérifier que la figure est dans ce mode. (On doit voir les bouton ci-contre sur la barre d'outils ; dans le menu *Afficher*, les options *Figure en fil de fer* et *Parties cachées en pointillé* ne doivent pas être cochées.)



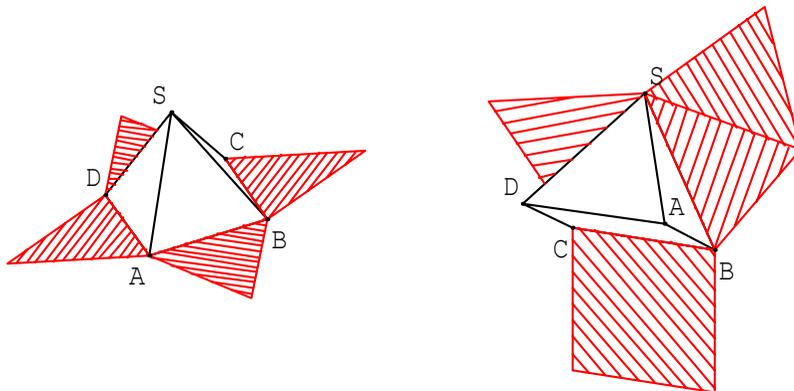
2. Création d'un premier patron

GeospacW permet de créer un patron plan usuel d'un polyèdre convexe mais aussi de simuler le passage du polyèdre au patron plan grâce à un coefficient d'ouverture. Si le coefficient d'ouverture est nul, le "patron" est collé sur le polyèdre, s'il vaut 1, le "patron" est plan. On peut donc simuler l'ouverture en prenant comme coefficient d'ouverture une variable réelle variant entre 0 et 1.

- Créer une variable réelle **a** dans l'intervalle [0,1] (menu *Créer, Numérique, Variable réelle libre dans un intervalle*).
- Créer le patron P_{tr} de P_{yra} (menu *Créer, Solide, Patron d'un polyèdre*). Sélectionner la variable **a** pour la piloter avec les flèches du clavier (menu *Piloter, Piloter au clavier*, cliquer sur la ligne définissant **a**) puis faire varier **a** pour obtenir le patron plan. Le patron s'est "développé autour" de la base **ABCD**.

3. Création d'autres patrons

- Modifier le polyèdre P_{yra} (menu *Divers, Modifier/Dupliquer* ou bouton de la barre de boutons) en donnant les sommets **SABCD** dans cet ordre. Observer le patron obtenu. Faire de nouveaux essais en changeant l'ordre des sommets. Comment la pyramide a-t-elle été définie dans les figures représentées ci-dessous ?



Avec des coordonnées

Toute figure GeospacW est munie d'un repère orthonormal R_{xyz} d'origine o . Le déplacement des points libres dans l'espace étant difficile à maîtriser, la plupart des figures usuelles se créent plus facilement avec des points définis par leurs coordonnées dans ce repère. On pourra le constater en regardant la définition des objets dans les figures de base qui accompagnent le logiciel.

La situation qui suit nécessite des connaissances élémentaires sur les trois coordonnées d'un point et sur le calcul des longueurs dans un repère orthonormal.

1. Création de la première figure

- Faire afficher le repère R_{xyz} (menu *Afficher, Repère Rxyz affiché*, ou touche F6 du clavier ou bouton reproduit ci-contre).



- Créer les points **A**, **B** et **C** de coordonnées respectives **A** (2 ; 4 ; 2), **B** (4 ; 0 ; 1) et **C** (0 ; 2.5 ; 4) (menu *Créer, Point, Point repéré, dans l'espace*). Créer le triangle **ABC** (menu *Créer, Ligne, polygone convexe, défini par ses sommets*).

Le nommer par exemple **T** et le hachurer en ouvrant la boîte de styles (menu *Divers, Style crayon* ou cliquer sur le bouton ci-contre).



Calculer les longueurs **AB**, **BC** et **AC**. Quelle est la nature du triangle **ABC** ?

Vérifier en plaçant de face le plan isolé **ABC**.

- Créer ensuite le point **A'**, projeté orthogonal de **A** sur le plan **oxy** (menu *Créer, Point, Point image par, projection orthogonale sur un plan*). Quelles sont les coordonnées de **A'** (justifier la réponse) ?

Créer le triangle **A'BC**. Placer de face le plan isolé **A'BC**. Le triangle **A'BC** est-il de même nature que le triangle **ABC** ? Démontrer la réponse.

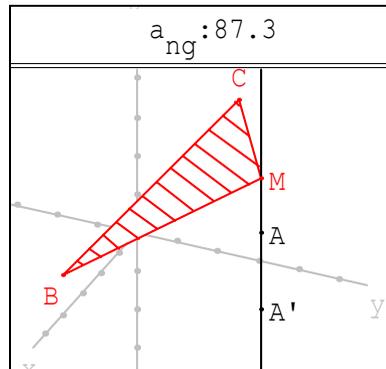
2. Points M de la droite (AA') tel que le triangle BCM soit rectangle en M

- Supprimer les triangles **ABC** et **A'BC** (menu *Divers, Supprimer*, cliquer sur les deux lignes définissant ces polygones et appuyer sur le bouton Ok).

- Créer un point libre **M** sur la droite (**A'A**) (menu *Créer, Point, Point libre, sur une droite*) et le triangle **BCM**.

Recherche d'une conjecture

On veut utiliser le logiciel pour chercher les points **M** de la droite (**A'A**) tels que **BCM** soit rectangle en **M**.



Piloter **M** au clavier plutôt qu'à la souris pour mieux maîtriser le déplacement. Observer le triangle **BCM**. Comment voir s'il est rectangle en **M** ?

- On peut s'intéresser à une mesure en degrés de l'angle \widehat{BMC} . Créer cette mesure (menu *Créer, Numérique, Calcul géométrique, Angle géométrique*). Dans la boîte de dialogue, choisir une mesure en degrés, nommer l'angle **ang** puis créer l'affichage de **ang** (menu *Créer, Affichage, Variable numérique déjà définie*).

- On peut observer le triangle **BCM** en vraie grandeur en le mettant de face (menu *Vues, Vue avec un autre plan de face*). Observer alors que si on déplace **M**, le plan (**BCM**) change de position dans l'espace et donc qu'il n'est plus de face. Créer une commande mettant de face le plan (**BCM**) (menu *Créer, Commande, Changement de vue, par choix d'un plan de face*, donner **BCM** comme nom de plan et **espace** comme nom de touche). Il suffit alors d'appuyer sur la barre d'**espace** pour remettre de face le plan (**BCM**).

On peut aussi imaginer d'autres procédés pour observer (création d'autres objets par exemple). Décrire la méthode utilisée pour les observations. Combien y a-t-il de solutions ?

Démonstration

On appelle **a** la cote de **M**. Quelles sont les coordonnées de **M** ? Calculer BM^2 et CM^2 en fonction de **a**. Déterminer **a** pour que **BCM** soit rectangle en **M**.

3. Explication géométrique du nombre de solutions et généralisation

- Quel est l'ensemble **E** des points **N** de l'espace tels que **BCN** soit rectangle en **N** ? Créer cet ensemble (parcourir le menu *Créer* pour trouver l'article adéquat).

- Comment peut-on caractériser les points **M** de la droite (**A'A**) tels que **BCM** soit rectangle en **M** ? Construire les solutions sur la figure sans utiliser les points repérés.

- Expliquer pourquoi on obtient ce nombre de solutions.

4. Faire une étude similaire pour les points M tels que ABM soit isocèle en M

Organiser la recherche, la démonstration et l'explication géométrique.

Réflexions sur la figure et sa représentation

La lecture de ce chapitre n'est pas indispensable pour utiliser GeospacW. On y trouvera cependant une aide à la compréhension de la philosophie sur laquelle est basé ce logiciel et qui en a guidé la conception.

Nous reprendrons dans ces réflexions une partie de ce qu'on peut trouver dans les textes accompagnant les logiciels Geoplan (sous DOS) et GeoplanW (sous Windows) qui sont des logiciels de construction dans le plan, ainsi que des considérations accompagnant l'ensemble "Géométrie dans l'espace" de la série "Activités avec imagiciels", ensemble qui contient d'ailleurs Geospace, première version (sous DOS) de ce qui est devenu GeospacW.

Avertissement

Comme dans toute tentative de "théorisation", il est nécessaire d'utiliser des mots et des locutions en leur donnant un sens précis dans la théorie. Ces mots ont en général une signification plus ou moins vague dans la langue courante, ainsi que dans l'usage en mathématique de cette langue. Ainsi en est-il des mots "figure", "dessin", "objet", "maquette", "élément", "position", "valeur" ainsi que d'autres dont nous nous servirons ici.

Il ne faut pas voir dans ce texte une tentative de normalisation du vocabulaire mais une proposition sans doute améliorable de fournir des outils pour décrire, comprendre et peut-être faire comprendre un certain nombre de choses sur le fonctionnement interne et externe d'un logiciel de construction dans l'espace comme GeospacW.

Beaucoup de choses ont déjà été dites sur les représentations planes des objets de l'espace et nous ne les reprendrons pas ici. Nous resterons dans le cadre des mathématiques et surtout de leur enseignement qui est celui de l'usage prévu par le logiciel et pour lequel il a été conçu. Tout ce qui suit a fait l'objet de nombreux débats passionnés au sein de l'équipe du CREEM, sans toujours arriver facilement à un consensus surtout au niveau du vocabulaire. Sur ce point d'ailleurs, nous avons été un peu piégés par nos travaux en géométrie plane où la terminologie adaptée à ce cas se révèle moins parlante dans l'espace (qu'est-ce qu'un dessin dans l'espace ?).

L'expérience portant tant sur nous mêmes que sur des collègues enseignants de mathématiques ou d'autres disciplines et sur des élèves prouve qu'il y a une réelle demande pour des explications sur le sujet.

Éléments ou objets constituants d'une figure

À l'aide des menus ou en agissant directement sur le texte de la figure, l'utilisateur constitue une *figure-Geospacw* en ajoutant aux "éléments" ou "objets" (nous utiliserons indifféremment ces deux mots) prédéfinis (origine o , axes, plans de coordonnées etc.) des éléments reliés éventuellement à ceux-ci (par exemple un point repéré dans R_{xyz} , le vecteur $\vec{j} + \vec{k}$, l'intersection d'une sphère avec un plan de coordonnées etc.) et reliés éventuellement entre eux par le fait que certains sont construits à partir d'autres. Le logiciel garde en mémoire une description de la figure (pour simplifier, nous utiliserons le mot "figure" à la place de "figure-GeospacW") et peut la restituer en langage mathématique par action sur le bouton rappel de la barre d'outils ou l'article de menu correspondant.

Objets fixes, objets variables, valeurs des objets

Les objets constitutifs d'une figure peuvent être classés en deux types : ceux qui sont *fixes* ou *constants* et ceux qui sont *variables*.

Exemples d'objets fixes :

- le point de coordonnées $(0,1,-1)$,
- la sphère de centre o et de rayon π ,
- la rotation d'axe ox et d'angle 30° .

Exemples d'objets variables :

- une variable réelle dans l'intervalle $[-1, 1]$,
- un point libre sur une droite.

Un objet variable est plus précisément une *variable*, au sens habituel en mathématiques, qui prend ses valeurs dans un ensemble d'objets fixes comme un ensemble de points, de nombres, de cercles, de rotations, de fonctions etc.

Une variable est à distinguer de sa valeur : cette valeur peut changer pour une même variable et c'est justement l'intérêt d'un logiciel comme GeospacW de pouvoir faire *changer les valeurs d'une même variable*.

La valeur d'un objet peut ne pas exister par moment comme le cercle d'intersection d'un plan et d'une sphère variables qui ne se coupent pas.

Nous avons choisi de qualifier de *valide* un objet dont la valeur existe : ainsi un objet peut-il temporairement ne plus être valide ou même ne pas être valide lors de sa création.

Notons d'ailleurs que la manière dont nous nous exprimons a tendance à entraîner la confusion entre variable et valeur car nous parlons à tort de "point variable", de "nombre variable" etc. alors qu'un point variable n'est pas un point mais une variable

dont les valeurs sont des points tout comme un nombre variable n'est pas un nombre mais une variable dont les valeurs sont des nombres (variable "numérique")⁴.

Ainsi, la phrase ci-dessus :

"La valeur d'un objet peut ne pas exister par moment comme c'est le cas pour le cercle d'intersection d'un plan et d'une sphère variables qui ne se coupent pas."

devrait être transformée en

"La valeur d'un objet peut ne pas exister par moment comme c'est le cas pour le cercle d'intersection d'un plan et d'une sphère variables dont les **valeurs** ne se coupent pas."

Un objet fixe peut être considéré comme une variable qui ne prend qu'une seule valeur avec laquelle d'ailleurs on le confond en général, ce qui rend légitime de parler des **valeurs des objets**, qu'ils soient fixes ou variables.

À chaque instant, la valeur de chaque objet, quand cette valeur existe, est stockée dans la mémoire de l'ordinateur, en général sous forme numérique. Par exemple, on garde :

pour un point ou un vecteur, ses coordonnées, donc trois nombres,

pour une sphère, le centre et le rayon, donc quatre nombres,

pour un cercle, le centre, un vecteur normal, le rayon et un point, soit 10 nombres.

Pour d'autres types d'objets, on garde la valeur sous une autre forme : ainsi une fonction est stockée sous forme d'une expression, un lieu de points sous forme codée plus complexe.

Les objets sont rassemblés en **types**, correspondants aux différents items terminaux du menu *Créer*. Les différents types peuvent être regroupés en **genres**, selon la nature de la valeurs des objets de ces types. Ainsi un objet peut être de **genre point**, de **genre droite**, de **genre transformation** suivant que sa ou ses valeurs sont des points, des droites ou des transformations.

⁴ Il s'agit là d'un abus de langage connu qui fait que l'adjectif utilisé (ici "variable") ne qualifie pas l'entité à laquelle il s'applique mais au contraire en modifie la nature (de manière apparemment contradictoire comme dans "faux témoin" qui n'est pas un témoin ou "liquide gelé" qui n'est pas un liquide...).

Objets "dessinables"

Les valeurs de certains objets d'une figure GeospacW sont des parties de I, R^3 comme c'est le cas avec les points, les segments, les cercles, les polyèdres etc. Comme en général on peut représenter sur l'écran ces valeurs, nous qualifierons ces objets de "dessinables" (comme cela avait été fait dans GeoplanW dans le cas de I, R^2). On ne peut pas représenter de cette façon les valeurs d'autres objets comme les transformations, les nombres, les fonctions, les vecteurs. Nous qualifierons ces objets de "non dessinables".

Notons que certains objets ont un statut ambigu par rapport à cette définition : c'est le cas des plans qui sont des parties de I, R^3 et que pourtant nous avons renoncé à représenter avec GeospacW (alors que nous avons choisi de le faire pour les droites).

D'autre part, à un instant donné, certains objets dessinables peuvent ne pas pouvoir être représentés parce qu'ils n'ont pas de valeur ou qu'ils ont une valeur que GeospacW ne peut représenter avec le cadrage choisi, comme un point dont les coordonnées sont trop grandes. On peut aussi interdire à GeospacW de représenter un objet dessinable en utilisant la boîte de styles.

Variables libres, variables liées

Les variables **libres** sont celles dont on peut choisir librement la valeur, en respectant bien sûr les contraintes dues à leur définition. Dans GeospacW, les variables libres sont seulement du genre point (point libre dans l'espace, sur une droite, dans un plan etc.) ou du genre scalaire (variable numérique réelle, entière, dans un intervalle etc.). La valeur de telles variables peut être choisie en utilisant le clavier (pilotage d'une variable libre scalaire ou de point) ou la souris (pour les points seulement) ou encore par affectation directe.

Les objets **liés** sont ceux qui sont construits en utilisant d'autres objets : ainsi, à partir de variables libres (et de constantes) peut-on construire de nouveaux objets, éventuellement variables. Par exemple, le plan médiateur de deux points, éventuellement variables, est lié à ces deux points et donc variable si l'un au moins des deux points l'est.

Chaque fois qu'une variable libre de la figure voit sa valeur modifiée, GeospacW actualise la valeur de tous les objets qui sont concernés par ce changement, c'est-à-dire toutes les variables liées directement ou indirectement à cette variable libre.

Figure et représentation de la figure, "maquette virtuelle"

La figure GeospacW est constituée des objets créés avec les liens éventuels entre eux. Elle est décrite par un texte que l'on peut consulter en appelant les rappels (bouton ou item de menu).

Exemple :

A point libre dans l'espace

Segment [oA]

M milieu du segment [oA]

À un instant donné, les objets valides de la figure ont chacun une valeur qui, comme nous l'avons dit, est stockée dans les mémoires de l'ordinateur et peut aussi être décrite par du texte : pour les variables libres, ce texte se voit lorsqu'on ouvre l'éditeur de texte de la figure.

Exemple :

A point libre dans l'espace

Objet libre A, paramètres: -0.76, 2.6, 4.35585

L'ensemble des valeurs des objets constitue ce qu'on peut appeler **la valeur de la figure** à cet instant. Pour une part (correspondant aux objets dessinables), voire dans sa totalité, la valeur de la figure est une partie de I, \mathbb{R}^3 . Pour parler commodément et de manière imagée de cette partie de l'espace, nous proposons de la baptiser **maquette virtuelle**⁵, le mot maquette étant destiné à souligner qu'il ne s'agit pas de la représentation plane et le mot virtuelle rappelant que cet "objet géométrique" n'existe que dans sa description dans la mémoire de l'ordinateur (en termes de coordonnées principalement).

GeospacW est un logiciel qui fournit des représentations planes⁶ ; ce qu'il affiche à l'écran n'est pas la valeur de la figure (qui est à trois dimensions) mais sa projection, orthogonale ou oblique suivant le réglage du logiciel, sur le plan de l'écran. La différence est donc importante avec le cas d'un logiciel de construction plan comme GeoplanW, dans lequel on peut confondre en général sans danger ce qu'on voit à l'écran avec une approximation matérielle de la valeur de la partie dessinable de la figure.

⁵ Cette locution est d'ailleurs utilisée dans le domaine de la conception assistée par ordinateur avec, semble-t-il, à peu près le même sens qu'ici.

⁶ Peut être un jour pourrions nous disposer d'un "système" qui fournit des représentations à trois dimensions sous forme de "maquette" concrète ou plus vraisemblablement sous forme d'hologrammes (ce qui est moins concret).

Paramètres de représentation

On peut dire que quand on "fait tourner" par les MAJ Flèches du clavier ou par l'action de la souris avec le bouton droit enfoncé, ce n'est pas la figure qui tourne : celle ci est inchangée par cette action et d'ailleurs le texte des rappels ne varie pas. Ce qui tourne, c'est l'espace I, R^3 "rigidement" attaché au repère R_{xyz} (repère faisant partie de la figure) et il tourne par rapport au repère absolu lié à l'écran (qui ne fait pas partie de la figure). Comme la maquette virtuelle est "constante" dans le repère R_{xyz} (puisque'elle est obtenue en affectant toutes les variables de la figure), on la "voit tourner" dans l'espace absolu dans lequel est l'ordinateur.

Problèmes terminologiques

Un problème qui n'est pas simple est celui de la terminologie à utiliser pour décrire les différentes notions intervenant dans cet environnement informatique qu'est le logiciel GeospacW. Nous aurons beau faire des tentatives de rigueur dans une définition des mots comme "figure", "représentation", "dessin" etc., l'usage habituel de ces mots dans un sens peu précis se maintiendra naturellement longtemps dans des phrases comme

"on fait tourner la figure", "on a un cube sur l'écran", "le dessin varie", "la figure change" etc.

Nous pensons que, comme cela se rencontre dans des situations analogues, l'évolution naturelle de l'attitude des utilisateurs de GeospacW est de commencer par un stade intuitif où les représentations, les objets, leurs valeurs se mélangent puis, et ce texte cherche à aider en cela, d'arriver à un stade assez rigoureux pour éventuellement retomber plus ou moins dans des abus ou une confusion apparente de langage dus à la paresse et aussi à la recherche d'une commodité de communication.

Exemples

Destinés à montrer une petite partie de ce que l'on peut faire avec GeospacW, ils ne prétendent pas tout illustrer, loin de là. Ils sont là pour servir de figures de base⁷, illustrer quelques fonctionnalités du logiciel et surtout donner des idées, en particulier d'imagiciels.

Ils sont regroupés dans cinq répertoires⁸, les trois premiers contiennent les figures usuelles et les deux derniers correspondent à un classement selon le niveau de difficulté de compréhension du texte de la figure.

Pour faciliter la recherche dans les exemples des deux derniers répertoires, deux classifications correspondant bien sûr à des critères différents sont données en fin de chapitre.

- **Bases** contient les figures à compléter selon les besoins de la situation à illustrer et qu'il serait fastidieux (voire difficile pour certains) de reconstruire chaque fois à partir d'une figure vide (cube, tétraèdre régulier).

- **Classics** regroupe des figures classiques que nous souhaitons voir ou montrer mais dont la construction est parfois pénible (rhombododécaèdre).

- **Cours** contient quelques illustrations habituelles du cours de géométrie de l'espace (théorème du toit).

- **Exemple1**, **Exemple2** contiennent des figures diverses, certaines ne font qu'aider à comprendre des fonctionnalités du logiciel, d'autres peuvent faire l'objet d'une activité conséquente.

Pour faciliter la consultation, une brève description de chacun d'eux est faite ci-dessous. Mais bien sûr, cela ne suffit pas. Les fichiers doivent être "chargés" par GeospacW.

Pour chacun des fichiers chargés, il est fortement conseillé de lire d'abord le commentaire (touche F3 ou article *Commentaire* du menu *Afficher*) en particulier la rubrique "Actions prévues" dans ce commentaire. Après avoir essayé les diverses actions en question, il sera parfois utile de regarder à nouveau le commentaire, les rappels et/ou le texte de la figure pour analyser la figure GeospacW.

A l'intérieur de chaque répertoire les exemples sont présentés par ordre alphabétique.

⁷ Les figures de base reprennent celles qui existaient déjà dans Geospace Dos mais sous une autre forme.

⁸ Le répertoire Observe contient les fichiers utiles pour les situations de "départ".

Fichiers du répertoire Bases

Les figures données dans ces fichiers peuvent être utilisées par et pour des élèves de tous niveaux. Les méthodes utilisées pour les construire (repérage dans l'espace, transformations ...) n'ont aucune importance si on veut les utiliser telles quelles, et nous aurions pu choisir de les donner sans leurs textes de construction.

Toutefois, il nous a semblé plus intéressant de les donner complètes pour offrir à tous ceux qui en auront la curiosité, la possibilité d'aller voir de plus près comment elles ont été faites et leur permettre s'ils le désirent de les modifier et de les adapter à leurs besoins.

Cependant, pour simplifier et en fonction des élèves auxquels on s'adresse, on peut :

- supprimer la possibilité d'ouvrir le texte de la figure en modifiant le menu de la figure (menu *Divers*, *Modifier les menus*) sélectionner la ligne **6-4 Editer texte figure** et cliquer sur OK.

- filtrer les rappels : on garde l'accès aux points, mais les coordonnées ne s'affichent pas. Pour cela, éditer le texte de la figure et ajouter à la fin de la phrase "Objets protégés à rappel limité : ?, ?" les noms des objets dont on veut simplifier le rappel (voir pour exemple le fichier Cube2.g3w dans le répertoire Bases).

Cone Cône de sommet S, de base le cercle de centre A et de rayon a. A et S sont des points libres, a est un réel libre dans l'intervalle [0 ; 10].

Cube2 ABCDEFGH est un cube de côté 2a, centré en o.

Cylindre Cylindre de bases deux cercles de centre A et B points libres et de rayon a, réel libre dans l'intervalle [0 ; 10]

Parallèle ABCDEFGH est un parallépipède d'isobarycentre o.

Pave ABCDEFGH est un pavé de centre o. $AB = 2b$, $AD = 2a$ et $AE = 2h$.

Prisme Prisme d'isobarycentre o à base triangulaire.

PrismeDr Prisme droit d'isobarycentre o à base triangulaire.

PrismHex Prisme droit à base hexagonale.

PyraDr SABCD est une pyramide droite à base carrée de côté 2a, de hauteur $SA = 3h$.

Pyramid Pyramide.

PyrReg Pyramide régulière à base carrée, de centre o et dont toutes les arêtes ont pour longueur 2a.

PyrRegu Pyramide régulière de hauteur 2h, dont la base est un polygone régulier de n côtés (n variant de 4 à 20), construit à partir d'un point A libre sur le cercle de centre $O(0, 0, -h)$ et de rayon r, situé dans le plan d'équation $z = -h$.

Tetra ABCD est tétraèdre d'isobarycentre o. BCD est dans le plan d'équation $z = -c$. A a pour coordonnées $(0, 0, 3c)$ et se projette orthogonalement au centre de gravité du triangle BCD.

TetraEqu ABCD est un tétraèdre équi-facial (côtés opposés isométriques) d'isobarycentre o.

TetraOrt ABCD est un tétraèdre orthocentrique : tétraèdre dont les hauteurs sont concourantes et dont les arêtes opposées sont orthogonales. B, C et D sont dans le plan d'équation $z = -h$. L'orthocentre du triangle ABC est le point de coordonnées (0, 0, -h). A a pour coordonnées (0, 0, 2h) et la droite (BC) est parallèle à (oy). D est dans le plan xoz.

TetraRec ABCD est un tétraèdre trirectangle, d'isobarycentre o. $AD = a$; $DB = b$ et $DC = c$.

TetReg ABCD est un tétraèdre régulier de centre o, de côté $2a\sqrt{2}$. ABCD est construit à partir de quatre sommets d'un cube.

TronCone Tronc de cône. Les centres des bases sont des points libres, leurs rayons des réels libres dans l'intervalle $[0 ; 10]$.

Fichiers du répertoire Classics

Les polyèdres réguliers convexes

Un **polyèdre** est un solide entièrement limité par des polygones plans (ses faces). Il est **convexe** s'il est entièrement contenu dans un demi-espace ayant pour frontière le plan de l'une de ses faces.

Lorsque toutes ses faces sont des polygones réguliers isométriques et qu'elles sont attachées de la même façon autour de chaque sommet, le polyèdre est dit **régulier**.

Platon et Euclide en connaissaient cinq, on a démontré depuis qu'il n'en existait pas d'autres.

Cube1 Le cube ou hexaèdre régulier : 6 faces (carrés), 8 sommets et 12 arêtes.

Dodecaed Le dodécaèdre régulier : 12 faces (pentagones réguliers), 20 sommets et 30 arêtes.

Icosaedr L'icosaèdre régulier : 20 faces (triangles équilatéraux), 12 sommets et 30 arêtes.

Octaedre L'octaèdre régulier : 8 faces (triangles équilatéraux), 6 sommets et 12 arêtes.

TetReg Le tétraèdre équilatéral : 4 faces (triangles équilatéraux), 4 sommets et 6 arêtes.

Figures contenant un polyèdre régulier et son dual

Les centres des 6 faces du cube sont les sommets de l'octaèdre, on dit que le cube et l'octaèdre sont duaux.

Le tétraèdre est son propre dual, le dodécaèdre et l'icosaèdre sont duaux.

Duocuboc Le cube et l'octaèdre.

Duododic Le dodécaèdre et l'icosaèdre.

Duotet Le tétraèdre et le tétraèdre.

D'autres polyèdres

BalFoot Le ballon de football est constitué de polygones réguliers, à chaque sommet s'assemblent deux hexagones et un pentagone. Il est obtenu en coupant un icosaèdre au tiers de chaque arête en partant des sommets.

CubOcta Le cuboctaèdre a 14 faces (6 carrés et 8 triangles équilatéraux), 12 sommets, 24 arêtes. Il est obtenu en prenant les sommets d'un pavé de base un carré de côté $a\sqrt{2}$ et de hauteur $2a$, et les symétriques de son centre par rapport aux centres des 4 faces rectangulaires.

Kelvin, Rhombicu Le polyèdre de lord Kelvin ou rhombicuboctaèdre a 14 faces (6 carrés et 8 hexagones réguliers), 24 sommets, 36 arêtes. Il est obtenu en prenant les milieux des segments joignant les centres des faces avec les milieux des arêtes. Dans le fichier *Kelvin*, le polyèdre est construit en partant du cube, dans le fichier *Rhombicu*, les sommets sont définis par leurs coordonnées.

Ptdodet Le petit dodécaèdre étoilé est obtenu en construisant une pyramide régulière sur chacune des faces d'un dodécaèdre régulier. Il a 60 faces qui sont toutes des triangles équilatéraux. Toutes ses faces sont des polygones convexes, mais ce n'est pas un polyèdre convexe.

Rhombodo Le rhombododécaèdre a 12 faces (losanges identiques, assemblés par trois ou quatre à chacun des sommets), 14 sommets, 24 arêtes. Il est obtenu en prenant les sommets d'un cube et les symétriques de son centre par rapport aux centres des faces.

Fichiers du répertoire Cours

Plan Représentation fréquente d'un plan et d'une droite sécante à ce plan, les points I et J sont libres et bougent "à la souris".

PlanPara Représentation de deux plans parallèles.

PlanSeca Représentation de deux plans sécants.

Thales (voir une description plus détaillée dans Exemple1) Illustration du théorème de Thalès : deux droites coupent trois plans parallèles. L'abscisse de C dans le repère (A, \overline{AB}) est la même que l'abscisse de C' dans le repère $(A', \overline{A'B'})$.

ToiTheo (voir une description plus détaillée dans Exemple1) Illustration du "théorème du toit".

Trirect Représentation d'un trièdre trirectangle.

VoluPyr1 (voir une description plus détaillée dans Exemple2) Illustration de la recherche de valeurs approchées du volume d'une pyramide par des prismes.

Fichiers du répertoire Exemple1

Cones

Utilisation de commandes de dessin en bloc et de dessin par étapes pour le guidage du travail des élèves.

Situation

Il s'agit de calculer le volume restant entre un "coin" du cube et trois cônes ayant leur sommet au centre d'un cube et dont les bases sont trois cercles inscrits dans trois faces deux à deux adjacentes du cube (situation illustrée dans l'introduction).

Réalisation

A partir d'un cube de base, on a construit les trois cônes et les segments destinés à faire apparaître le "coin" du cube. On a ensuite construit d'autres objets destinés à guider la recherche d'une méthode de calcul. Ces constructions sont accessibles par commandes :

- touche 1 : pour le cube à partir duquel est construit la figure,
- touche 2 : pour un cube d'arête moitié du précédent,
- touche 3 : pour introduire successivement les cônes symétriques des cônes de départ par rapport au centre du cube.

Utilisation

La figure initiale permet de poser le problème. On peut éventuellement faire apparaître le cube pour mieux comprendre la construction effectuée et le volume demandé. On peut ensuite faire rechercher aux élèves un moyen de calculer ce volume. Deux méthodes sont proposées utilisant des objets rajoutés au dessin par commandes :

- première méthode : le volume cherché est égal au huitième de la différence entre le volume du grand cube et six fois le volume de l'un des cônes,
- deuxième méthode : le volume cherché est égal à celui du petit cube auquel on retire trois fois un quart de volume de cône.

Une fois adoptée une méthode, il reste à organiser les calculs.

Courbe1

Exemple de courbe gauche

Situation

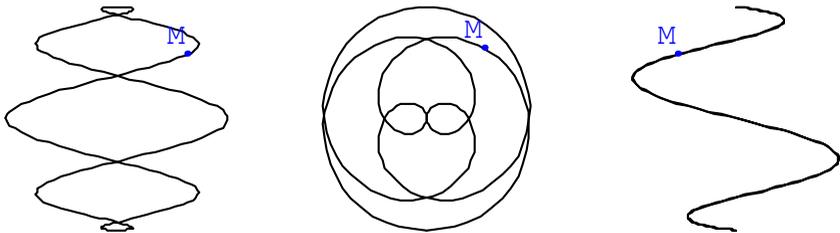
Il s'agit de visualiser la courbe définie paramétriquement par

$$X = \cos(t) \sin(nt)$$

$$Y = \cos(t) \cos(nt)$$

$$Z = \sin(t)$$

où n est un entier indépendant de t et dont on voit ci-dessous trois vues (pour $n = 4$).



Il est facile de montrer que cette courbe est tracée sur la sphère de centre o et de rayon 1 qu'on pourra créer pour illustrer la démonstration.

Commentaire sur la réalisation

L'entier n est limité à 16 car au delà, les boucles de la courbe sont trop nombreuses et la rendent peu visible.

La courbe aurait pu être définie directement à partir des expressions pour X , Y et Z par l'article de menu *Courbe paramétrée* mais on a préféré définir trois fonctions u , v et w , ce qui permet de créer un point courant M de la courbe à l'aide d'une variable libre s dans $[-\pi, \pi]$ et de l'article de menu *Point repéré dans l'espace*.

La courbe étant une courbe fermée, le pilotage de s a été choisi bouclé.

Plus n est grand, plus la courbe s'allonge. On a donc fait dépendre le nombre de points de sa représentation de l'entier n en en prenant $50n$. Ceci permet d'accélérer les affichages quand n est petit.

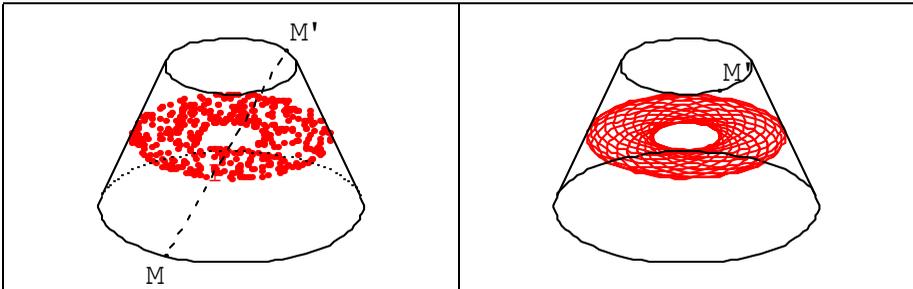
La sphère n'a pas été créée : l'utilisateur aura intérêt à la créer en la hachurant d'une couleur claire pour que la courbe se voit bien.

Couronne

Ensemble de points. On trouvera dans ce fichier une commande d'affectation aléatoire, une commande de répétition de commande, des commandes de sélection pour le pilotage au clavier, pour la trace.

Situation

M et M' décrivent chacun une base d'un tronc de cône. On cherche l'ensemble des milieux I de [MM'] (cf. l'exemple Milieux).



Utilisation

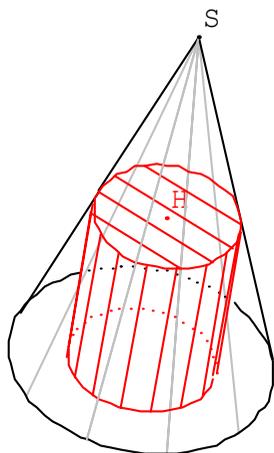
Une commande permet de voir se construire l'ensemble des traces des points I. En utilisant les changements de vues, on peut observer que l'ensemble obtenu est une figure plane. Il s'agit d'une couronne que l'on peut aussi obtenir comme ensemble des cercles images du cercle de base dans l'homothétie de centre M' et de rapport $\frac{1}{2}$ lorsque M' décrit son cercle.

CylCone1 et CylCone2

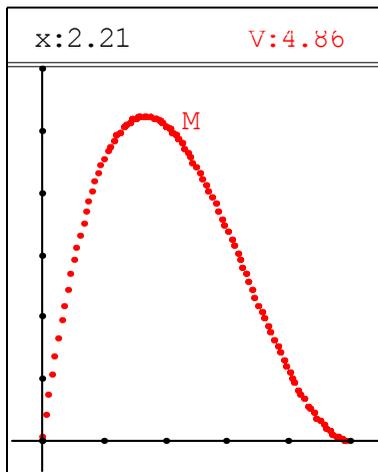
Illustration du passage d'une situation géométrique à une situation d'analyse en utilisant deux figures qui communiquent entre elles.

Situation

On cherche le cylindre de volume maximal inscrit dans un cône. Dans la figure CylCone1, un point H est variable sur le segment [oS]. Les variables x et V représentent respectivement la longueur oH et le volume du cylindre.



CylCone1



CylCone2

Utilisation

Charger les deux figures (fermer éventuellement toutes les autres) et les placer en mosaïque (menu *Fenêtres*). Les valeurs de x et de V (affichées dans CylCone2) ne sont pas forcément les mêmes dans les deux figures. Pour actualiser ces valeurs, il faut rendre active la figure CylCone1. Pour observer la courbe de la fonction telle que V soit l'image de x par cette fonction, il faut mettre la figure CylCone2 en mode "Trace".

Le calcul de V en fonction de x utilise seulement le théorème de Thalès. C'est une fonction polynôme du troisième degré qui peut donc s'étudier en première.

Commentaire sur la réalisation

Dans CylCone1, le point H est un point libre sur le segment $[oS]$ et le cylindre est créé en utilisant le point d'intersection du plan passant par H et parallèle au plan de la base du cône avec une génératrice du cône.

Dans CylCone2, on définit deux réels libres x et V puis le point M de coordonnées (x,V) dans le plan oxy muni de son repère canonique. La figure est importatrice (article de menu *Importer* coché dans le menu *Piloter*). De plus, on a choisi la vue standard avec oxy de face et on a placé la figure en mode "Plan de face maintenu de face" pour simuler une figure plane.

Modification éventuelle

On peut utiliser ces mêmes fichiers pour chercher le cylindre inscrit ayant la plus grande aire. Pour cela dans CylCone1, on redéfinit V comme aire du convexe C_{yl} . Dans CylCone2, il faudra soit diminuer la taille de la figure soit choisir un autre repère dans le plan oxy .

On peut aussi s'intéresser aux cylindres inscrits dans une pyramide comme le suggère la figure de la couverture de cette brochure.

Deuxtet

Commande de dessin en bloc avec affichages et quelques astuces pour voir et comprendre.

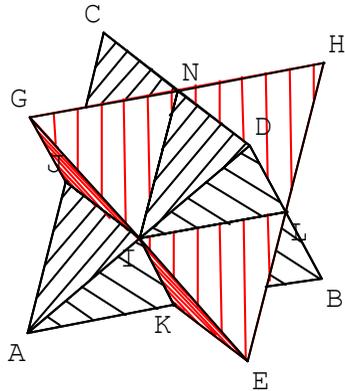
Situation

ABCD et EFGH sont deux tétraèdres réguliers dont les arêtes (telles que [AB] et [EF]) sont orthogonales deux à deux et se coupent en leur milieu. On s'intéresse au solide étoilé ainsi formé.

Utilisation possible

La touche F4 permet de faire apparaître ou disparaître les lettres.

Après avoir observé le solide sous différentes vues, on peut calculer son volume en fonction de la longueur a des arêtes de ABCD et EFGH.



Commentaire sur la réalisation

Des commandes ont été prévues comme aide pour ces calculs :

touche 1 : dessin du cube,

touche 2 : affichages des volumes des tétraèdres NDIL et NDIG. Une façon de calculer le volume demandé est en effet de réaliser que le tétraèdre "en creux" NDIG a le même volume (même base, même hauteur) que "la pointe" NDIL qui est un tétraèdre régulier dont le volume est facile à calculer.

On notera que pour faire afficher son volume, il faut créer le polyèdre. C'est pourquoi le tétraèdre NDIG a été créé et mis en style non dessiné.

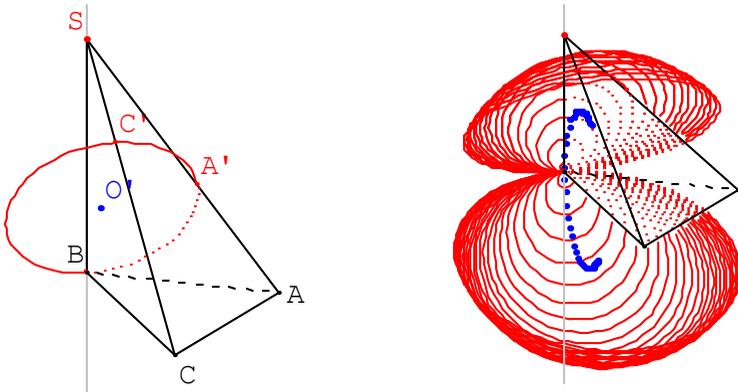
EnsCerc

Recherche d'ensemble de cercles à propos d'un problème classique d'ensemble de points.

Situation

ABC est un triangle rectangle en A et d la droite perpendiculaire en B au plan (ABC). Pour chaque point S de la droite d , on considère les points d'intersection A' et C' des droites (SA) et (SC) avec le plan perpendiculaire à (SC) passant par B.

On s'intéresse à l'ensemble des centres des cercles circonscrits au triangle $A'BC'$ puis à l'ensemble de ces cercles.



Utilisation

Se mettre en mode Trace et piloter S au clavier pour observer l'ensemble des centres.

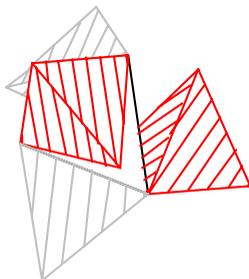
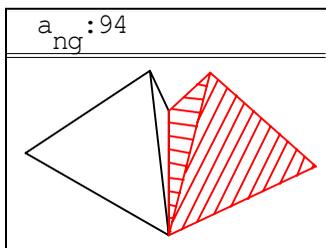
Changer l'ensemble sélectionné pour le mode Trace afin d'observer l'ensemble des cercles. On peut évidemment créer deux commandes de Trace pour passer d'une observation à l'autre. Pour démontrer les résultats, il faut découvrir les "bons triangles rectangles" ; les changements de vues sont évidemment une aide efficace.

ImagPoly

Illustration de l'image d'un polyèdre par une transformation de l'espace. On trouvera aussi dans ce fichier un exemple de commande de dessin en bloc.

Situation

ABCD est un tétraèdre régulier. On définit le polyèdre image de ABCD par la rotation d'axe (AB) et d'angle variable.



Utilisation

En modifiant au clavier l'angle a_{ng} de la rotation, on peut chercher pour quelles valeurs de a_{ng} le polyèdre image et le tétraèdre ABCD ont une face commune. Ce problème se ramène facilement à un problème plan. (Cette étude est faisable à partir de la première scientifique, même si les rotations de l'espace ne sont plus au programme des lycées actuellement ; il suffit de donner quelques informations aux élèves.)

En appuyant sur la barre d'espace, on fait apparaître trois autres tétraèdres définis de même comme images de ABCD par des rotations de même angle. Après avoir observé comment ces tétraèdres varient lorsque a_{ng} varie, on peut essayer de déterminer les rotations utilisées pour les définir.

Milieux

Une situation qui généralise un exercice dans le plan (voir l'exemple Milieux.g2w fourni avec GeoplanW).

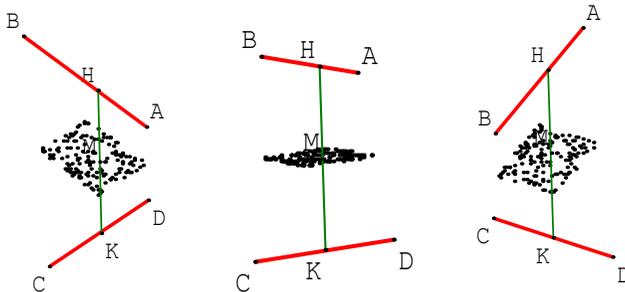
Situation

On se donne deux segments fixes [AB] et [CD]. Un point H décrit [AB], un point K décrit [CD]. On cherche l'ensemble décrit par le milieu M de [HK].

Commentaire sur la réalisation

Les points A, B, C et D sont fixes (points repérés). H et K sont libres respectivement sur [AB] et sur [CD]. On peut les déplacer à la souris mais il est plus intéressant de passer en mode trace et d'utiliser une commande (ici la barre d'ESPACE) qui les positionne aléatoirement et/ou une commande (ici A) qui répète cette affectation.

Comme dans GeospacW les traces des objets sont liées à la maquette virtuelle, en faisant tourner celle-ci (Souris-bouton-droit ou MAJ-Flèches du clavier) on devine rapidement la nature de l'ensemble cherché.



Modifications possibles

Outre les positions des points A, B et C, on peut chercher à généraliser le problème en faisant de H et/ou de K des points libres sur autre chose que des segments : des triangles, des cercles etc... ou encore en augmentant le nombre de points libres, par exemple H, K et L décrivant des segments (ou autre chose) et en cherchant l'ensemble des isobarycentres.

ParaLieu

Ce fichier donne un exemple d'utilisation d'un point libre dans polygone. Il utilise aussi diverses commandes : entrée en mode trace, affectations aléatoires, répétition de commandes, dessin en bloc.

Situation

Lieu du point I milieu de $[MN]$, avec M point libre dans un carré ABCD de centre o et N libre sur un segment $[oE]$ tel que la droite (oE) soit perpendiculaire au plan du carré ABCD.

Commentaire sur la réalisation

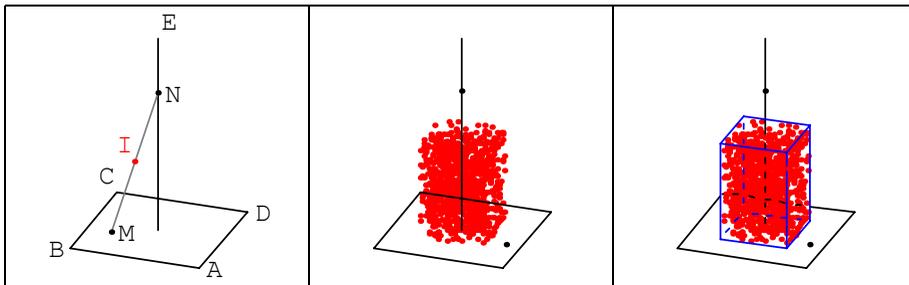
Quatre commandes ont été créées :

touche I : permet d'entrer en mode trace pour le point I,

touche A : affecte aléatoirement les points M et N,

touche B : répétition 500 fois de la commande A,

touche P : visualisation du parallélépipède rectangle, lieu des points I.



Utilisation

La figure permet de poser le problème et de faire des conjectures en explorant de façon adéquate la figure centrale avec suffisamment de traces de I (mise de certains plans de face par les touches F7, F8, F9).

Prolongements

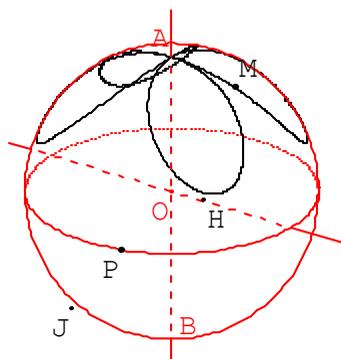
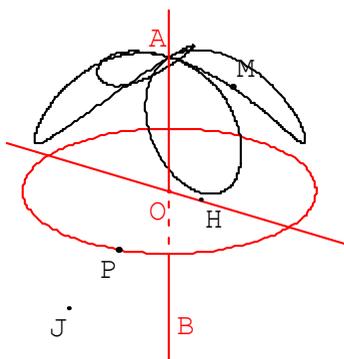
On peut obtenir par des procédés analogues un cube, un pavé oblique ou encore un cylindre

Parasol

Courbe lieu d'un point.

Situation

C est un cercle centré en un point O et de rayon 1, et A et B sont les deux points de l'axe de C situés à la distance 1 de O. Un point P décrit C. On construit le symétrique J de O par rapport à P, le projeté H de P sur un diamètre de C, puis le projeté orthogonal M de A sur le plan (BJH). On s'intéresse au lieu L de M.



Commentaire sur la réalisation

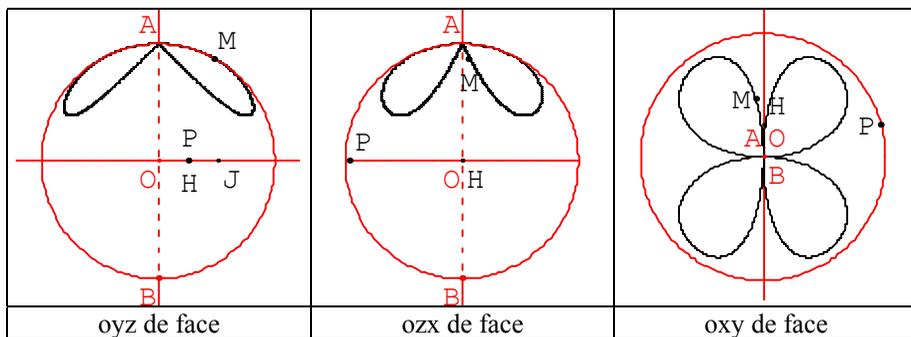
Le repère prédéfini a servi à définir les éléments fixes de la figure (le cercle est dans le plan oxy , le diamètre utilisé étant oy).

Utilisation

Cette figure peut permettre un travail de géométrie de l'espace relativement simple, en particulier sur l'orthogonalité, l'esthétique de la figure pouvant créer une motivation.

Quelques pistes :

- démontrer l'inclusion dans la sphère S , de centre O et de rayon 1 (en effet, \widehat{AMB} est un angle droit). Une commande de dessin en bloc (touche S) permet de voir cette sphère.
- prévoir quels points seront vus confondus pour chacune des vues standards avec oyz , oxy et ozx de face (obtenues à l'aide des touches $F7$, $F8$ et $F9$).
- examiner les propriétés de symétrie ; les vues standards avec oyz , oxy et ozx de face peuvent en permettre l'analyse.



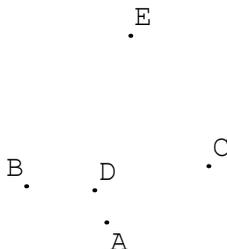
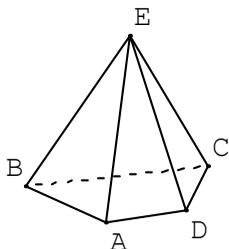
On peut aussi, lorsque les connaissances des élèves le permettent, faire établir une représentation paramétrique de la courbe L . Les vues standards avec oyz , ozx et oxy de face, peuvent alors être interprétées à l'aide de courbes planes paramétrées (projetées de L).

Polyèdre

Observation des cas de non validité d'un polyèdre convexe. Dans GeospacW les seuls polyèdres que l'on peut créer en tant que tels sont forcément convexe de façon à être opacifiables.

Situation

Les points A, B, C sont des points fixes du plan oxy, D est un point libre du plan oxy et E est un point fixe non situé dans le plan oxy. Selon les positions de D, le polyèdre convexe de sommets A, B, C, D et E est ou n'est pas valide. Lorsqu'il est valide, les faces n'ont pas toujours les mêmes sommets. On peut avoir les faces ABCD, EAB, EBC, ECD et EDA ou encore les faces ABDC, EAB, EBD, EDC et ECA etc.



Remarque

Contrairement au cas des polygones (cf. ci-dessous), les cas particuliers correspondant à deux sommets confondus et à trois sommets alignés sont considérés non valides.

Commentaire sur la réalisation

Lorsqu'on crée le polyèdre, l'ordre dans lequel on donne les sommets n'a pas d'importance puisqu'il y a au plus un polyèdre convexe de sommets donnés. Lorsqu'il n'y en a pas, le polyèdre est non valide.

Modifications possibles

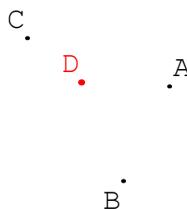
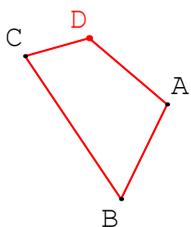
On peut créer le polyèdre enveloppe convexe des points ABCDE qui est toujours valide.

Polygone

Observation des cas de non validité d'un polygone convexe. Dans GeospacW les seuls polygones que l'on peut créer en tant que tels sont forcément plans et convexes de façon à être opacifiables.

Situation

Les points A, B, C sont des points fixes du plan oxy et D est un point libre du plan oxy. Selon les positions de D, le polygone convexe de sommets A, B, C et D est ou n'est pas valide. Lorsqu'il est valide on peut, en suivant les côtés, rencontrer les points dans différents ordres : ABCD ou ABDC ou ACBD, etc.



Remarque : les cas particuliers correspondant à deux sommets confondus et à trois sommets alignés sont tolérés comme valides.

Commentaire sur la réalisation

Lorsqu'on crée le polygone, l'ordre dans lequel on donne les sommets n'a pas d'importance puisqu'il y a au plus un polygone convexe de sommets donnés. Lorsqu'il n'y en a pas, le polygone est non valide.

Modifications possibles

On peut tracer les segments AB, BC, CD et DA pour obtenir un dessin du polygone ABCD qui n'est alors pas créé comme objet GeospacW et n'est pas forcément convexe.

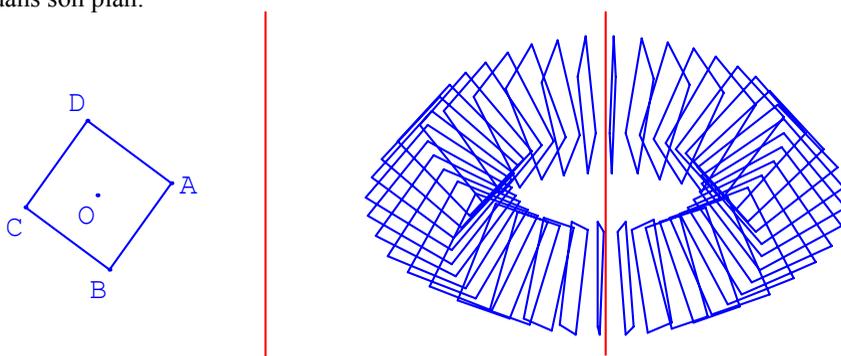
On peut aussi créer le polygone enveloppe convexe des points A, B, C et D qui est toujours valide.

Revol

Utilisation des traces pour visualiser des surfaces de révolution.

Situation

Surface de révolution engendrée par un carré tournant autour d'une droite contenue dans son plan.



Commentaire sur la réalisation

Le centre du carré ABCD est libre sur un cercle d'axe oz et de rayon r. A est libre dans le plan(O, oz). Explorer en changeant les paramètres.

Touche T pour entrer en mode trace et piloter O au clavier.

Sortir du mode trace pour modifier A.

Modifier le rayon du cercle : touche R et clavier. Revenir ensuite au pilotage de O : touche O.

Modifications possibles

On peut changer le carré en un cercle, en un triangle ou en un polygone. Des calculs d'aires ou de volumes peuvent être demandés aux élèves à condition de leur fournir les données nécessaires.

Section

Section d'un cube par un plan variable (situation illustrée dans l'introduction).

Ce fichier utilise l'option de création d'un polygone convexe comme section d'un polyèdre et d'un plan. Le cube a été créé à partir d'une figure de base (voir le paragraphe : fichiers de base) puis la construction a été cachée par l'intermédiaire du texte de la figure afin d'obtenir des rappels très simples.

Situation

On considère un cube ABCDEFGH. Un point M est libre sur le segment [EG]. P est le plan passant par M et orthogonal à la diagonale [AG] du cube. On étudie la section du cube par le plan P.

Commentaire sur la réalisation

Quand on pilote le point M, à la souris ou au clavier (dans ce dernier cas, il faut le rendre "pilotable au clavier" par le menu piloter ou par commande), on voit évoluer la section étudiée.

Une commande de "changement de vue par choix d'un plan de face", touche F, permet de mettre la section de face (on a choisi, ici, de la faire en 20 étapes pour des raisons esthétiques).

Une autre commande de "changement de vue par mémorisation", touche I, permet de revenir à la position initiale (elle pourrait ici être remplacée par l'article *Vue initiale* du menu *Vues*).

Remarques

- On aurait pu construire la section étudiée en déterminant ses sommets par intersections convenablement choisies entre le plan et les arêtes du cube, mais on ne peut pas obtenir, par cette méthode, toutes les sections possibles avec un seul polygone car la section n'a pas toujours le même nombre de sommets.

Autrement dit, ce ne sont pas les mêmes intersections qu'il faut construire dans tous les cas. L'option "polygone convexe intersection d'un polyèdre et d'un plan" se révèle

donc ici particulièrement utile. Il faut cependant savoir que, dans ce cas, les sommets du polygone n'existent pas en tant que points et ne sont donc pas utilisables pour des créations ultérieures.

- La construction a été réalisée à partir d'un cube de base. Pour simplifier le rappel des objets de la figure, on a "caché" la construction de ce cube de base. Ceci a été fait en introduisant dans le texte de la figure les deux phrases :

Objets protégés à rappel limité : A, B, C, D, E, F, G, H, cub

Objets d'accès interdit : a, v, t

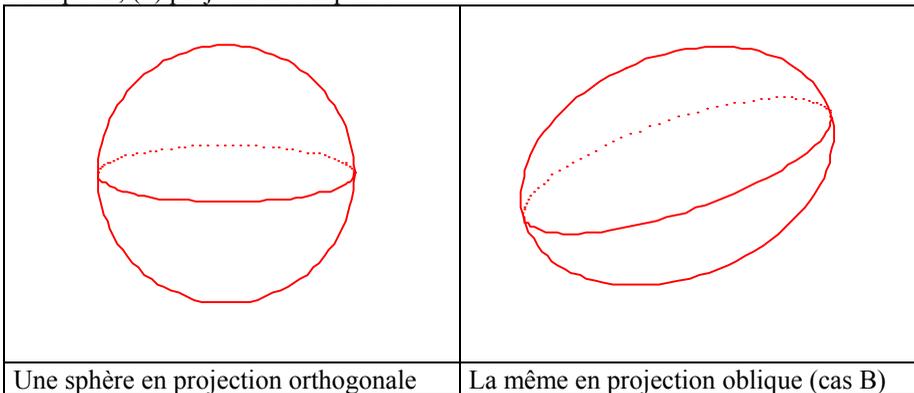
En éditant le texte de la figure (menu *Editer*), on peut facilement supprimer ces deux phrases, exécuter ce nouveau texte (par le menu de la fenêtre de l'éditeur du texte de la figure) et voir l'effet produit sur les rappels (bouton ou raccourci F2 ou menu *Afficher*). On peut aussi placer les points A, B, C, D, E, F, G, H dans les objets d'accès interdit (exécuter le texte et constater à nouveau l'effet produit sur les rappels).

Sphere

Utilisation de commandes de projections obliques paramétrées.

Situation

Une sphère est représentée successivement avec différents paramètres de projection : (1) projection orthogonale, (2) projection oblique A, (3) projection oblique B, (4) projection oblique C.



Commentaire sur la réalisation

Trois commandes de projection oblique paramétrée ont été créées : chacune d'elle remplace l'utilisation successive de deux articles du menu *Vues* : l'article *paramètres de projection*, suivi de l'article *projection oblique*. Une quatrième commande permet de revenir en projection orthogonale.

La figure s'ouvre avec une représentation d'une sphère en projection orthogonale. La commande correspondant à l'appui sur la touche A fait passer en projection oblique avec les paramètres : -0.4 et -0.4 (voir l'aide pour la signification de ces paramètres).

La commande correspondant à l'appui sur la touche B fait passer en projection oblique avec les paramètres : -1 et -0.4.

La commande correspondant à l'appui sur la touche C fait passer en projection oblique avec les paramètres : -1 et -1.

La commande correspondant à l'appui sur la touche D permet de revenir en projection orthogonale ; c'est, en fait, une commande de projection oblique paramétrée (comme les précédentes) avec les paramètres : 0 et 0.

Modifications possibles

On peut illustrer sur le même principe le changement de projection pour d'autres objets de l'espace : un cube, par exemple (dans ce cas, il sera intéressant de choisir une représentation où ce cube a une face "de face").

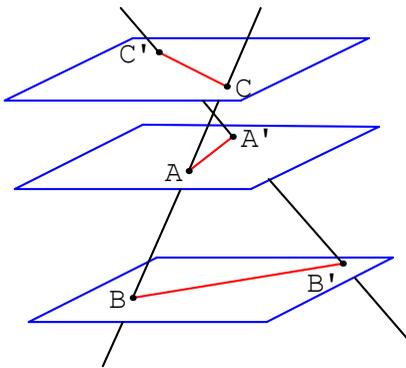
Thales

Théorème de Thalès dans l'espace

Situation

Si trois plans parallèles tous distincts coupent deux droites D et D' en respectivement A, B, C et A', B', C', on a toujours : $\frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A'C'}}$

Commentaire sur la réalisation



Les plans sont "matérialisés" par des rectangles (créés par leurs sommets qui sont du type points repérés). Bien que cela diminue la généralité de la figure, ces rectangles sont fixes dans la maquette virtuelle car le fait de les prendre variables complique le pilotage. Les points A, A', B et B' sont libres dans leurs rectangles respectifs.

Une commande (barre d'espace) fait apparaître la parallèle à D' passant par A, montrant ainsi la manière dont le théorème de Thalès dans l'espace se ramène à celui du plan.

Modifications possibles

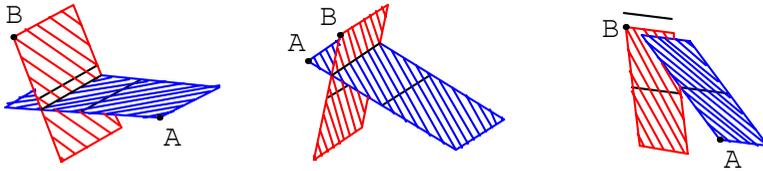
On peut par exemple ajouter des affichages pour montrer les rapports égaux.

ToitTheo

Une figure très simple illustrant le théorème "du toit". Si deux plans sécants contiennent des droites parallèles, alors leur intersection est parallèle à ces droites.

Situation

Deux droites parallèles sont figurées par des segments ; deux plans mobiles sont figurés par des rectangles hachurés, chacun pouvant pivoter autour d'une des droites.



Commentaire sur la réalisation

Pour des raisons de visibilité, les droites sont figurées par des segments et les plans sont visualisés par des rectangles, éventuellement hachurés. Le pilotage des plans mobiles se fait à la souris en agissant sur les points A et B qui sont libres dans un plan perpendiculaire à la direction des droites pivots. Le segment figurant la droite d'intersection peut ne pas être dans les parallélogrammes figurant les plans.

TriCub1 et TriCub2

Communication entre deux figures, point libre dans un polygone. Charger la figure TriCub2 puis la figure Tricub1 et les mettre en mosaïque.

Situation

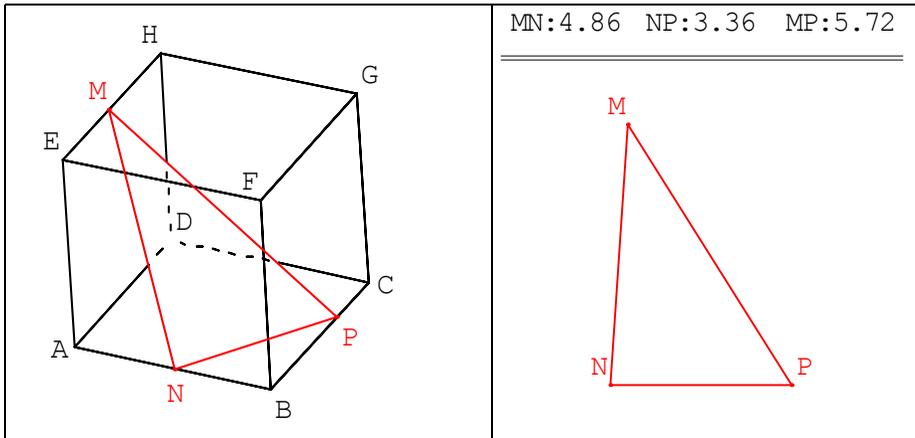
Trois points M, N et P sont libres sur des faces d'un cube. On s'intéresse au triangle MNP. La première figure montre la situation dans l'espace, la deuxième montre le triangle en vraie grandeur.

Commentaire sur la réalisation

Dans la figure TriCub1, ABCDEFGH est un cube, M est un point libre dans la face EFGH, N est un point libre dans la face ABCD et P est un point libre dans la face BCGF. Les longueurs des côtés du triangle, créés comme calculs géométriques, sont des variables $a = MN$, $b = PM$ et $c = PN$.

Dans la figure TriCub2, on a trois variables libres a , b et c et les points M, N et P sont créés de façon que $MN = a$, $PM = b$ et $PN = c$.

La figure TriCub2 est mise en importation active. Le triangle MNP est donc actualisé chaque fois qu'on modifie M, N ou P sur la figure TriCub1. On peut donc observer ses éventuelles propriétés selon les positions des points M, N ou P sur le cube.



Modifications possibles

On peut ajouter des affichages des mesures des angles du triangle après les avoir définis comme calculs géométriques. On peut astreindre M, N ou P à être libres sur des arêtes du cube, il suffit de les redéfinir.

Voltron

Volume du tronc de cône

Situation

Figure destinée à illustrer le calcul du volume d'un tronc de cône de révolution par différence entre les volumes de deux cônes. Il faut bien sûr savoir que le volume du cône est le tiers du produit de la surface de base par la hauteur. Le problème est d'exprimer le volume du tronc de cône à l'aide des rayons R_1 et R_2 des bases et de sa hauteur h .

Commentaire sur la réalisation

Des commandes de dessin en bloc servent à montrer les différents éléments constitutifs : le tronc de cône, les deux cônes dont il est la différence, les triangles servant au calcul.

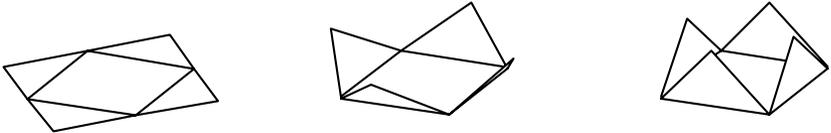
Fichiers du répertoire Exemple2

Bipat

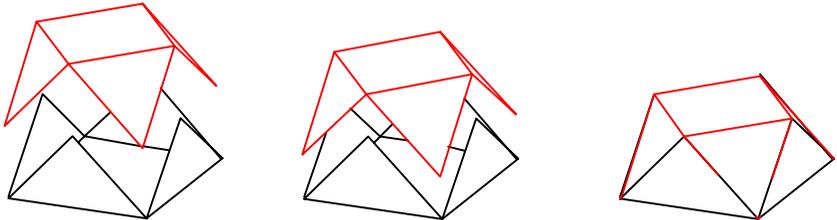
Calcul d'aire et de volumes

Situation

On joint les milieux d'un carré de côté 2 et on replie les triangles vers le haut "à angle droit".



On ajoute alors un "couvercle" pour finir par obtenir un solide.



Quelle est l'aire latérale du solide ? La figure donne une aide pour répondre en fournissant un patron en deux morceaux.

Plus difficile : quel est le volume ?

Commentaire sur la réalisation

Il s'agit juste d'une utilisation des patrons de polyèdres, mais en allant un peu au-delà du simple déploiement habituel.

Coplan

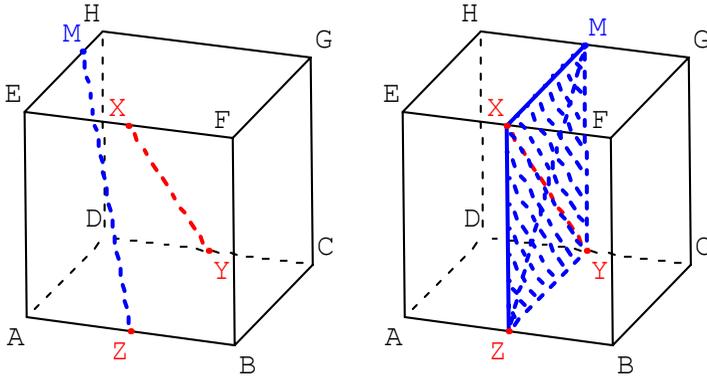
Recherche de droites coplanaires à partir de points sur les arêtes d'un cube

Situation

X, Y et Z sont trois points donnés aux sommets ou aux milieux des arêtes d'un cube ABCDEFGH. Un point M est déplaçable avec un pas régulier sur les arêtes du cube. Le but est de placer M de telle manière que les droites (XY) et (ZM) soient coplanaires. Lorsque cela est le cas, la réponse est validée par le dessin du polygone XYZM.

Sept positions des points X, Y et Z (représentant une illustration des cas classiques) sont accessibles par commande. Mais les points X, Y et Z peuvent aussi être affectés aléatoirement (attention ils peuvent alors être confondus).

En guise d'aide on peut faire dessiner l'enveloppe convexe de XYZM (ce qui met en évidence en quoi X, Y, Z et M ne sont pas coplanaires) ou la section du cube par le plan XYZ (ce qui fait apparaître la ou les positions possibles de M).



Commandes

- 2 4 6 8 : déplacement de M
- A : affectation aléatoire de X, Y et Z
- B à H : affectations calculées de 7 situations.
- S : dessin de la section du cube par le plan XYZ
- V : dessin de l'enveloppe convexe de XYZM

Commentaire sur la réalisation

Les deux aspects techniques intéressants de cette figure sont le déplacement de M sur les arêtes du cube et le positionnement aléatoire de X, Y et Z sur les sommets ou les milieux des arêtes du cube.

En ce qui concerne le premier aspect, le point M est "piloté" à l'aide des touches 2, 4, 6 et 8 correspondant aux flèches du pavé numérique. Ce sont en fait des commandes d'affectation calculée (et de sélection pour pilotage au clavier) qui augmentent ou diminuent de une unité (fraction du côté) les coordonnées de M dans un repère R, repère orthonormal "naturel" du cube.

Le point M se déplace avec les touches "horizontales" (4 et 6) sur les carrés ABCD et EFGH et avec les touches verticales (2 et 8) sur les arêtes AE, BF, CG et DH. Lorsque le point M est "à l'intérieur" d'un arête, seul le déplacement légitime ("horizontal" ou "vertical") est autorisé. Ceci est rendu possible par l'usage de fonction μ qui rend inopérantes les affectations non souhaitées. En revanche lorsque M est sur un sommet, toutes les directions sont possibles.

Pour ce qui est de l'affectation aléatoire ou calculée des points X, Y et Z, nous avons donné un numéro à chacune des 20 positions possibles pour chaque point et (en utilisant une fois de plus la fonction μ) calculé les coordonnées de X, Y et Z dans R_{xyz} en fonction de ce numéro. En cas d'affectation aléatoire, il n'est donc pas impossible que deux de ces points (ou les trois !) soient confondus, mais la probabilité est faible.

CubEau1 et CubEau2

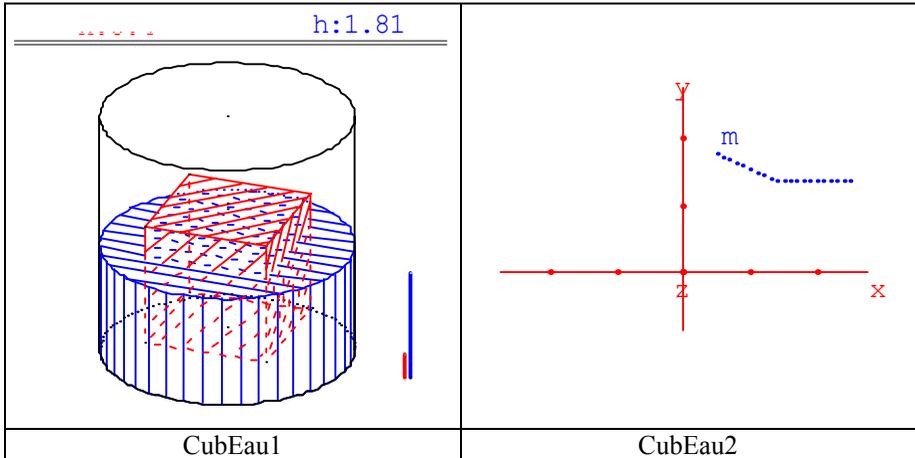
Utilisation de deux figures communiquant entre elles pour illustrer le passage d'une situation géométrique à l'étude d'une fonction affine.

Situation

Un cube d'arête 2 est plongé dans un récipient cylindrique de rayon 2, contenant un volume constant d'eau, une face du cube restant parallèle au fond du récipient.

On étudie la hauteur h de l'eau en fonction de la distance x de la face inférieure du cube par rapport au fond du récipient. Le volume d'eau a été choisi pour que le cube soit exactement recouvert par l'eau lorsqu'il est posé sur le fond du récipient.

L'exercice commence par le calcul du volume d'eau présent dans le récipient. Il s'agit ensuite d'un problème du premier degré, traitable, avec un guidage adapté, à partir de la classe de troisième. La fonction obtenue est affine par intervalles.



Commentaire sur la réalisation

La première figure, CubEau1, illustre la situation dans l'espace. Le déplacement du cube est simulé par le pilotage d'un point libre M situé au centre de la face inférieure

du cube. Ce point peut être piloté au clavier ou à la souris. Les valeurs de x et h sont affichées et représentées sur un axe vertical.

Une deuxième figure, CubEau2, communiquant avec la première, illustre une représentation graphique de la fonction h .

Un point m de coordonnées $(x, h, 0)$ est représenté dans le repère R_{xyz} . On a mis le plan oxy de face en utilisant l'option "plan de face maintenu de face" afin d'avoir l'illusion d'une figure plane.

Cette figure importe les valeurs des variables x et h de la première figure. Ainsi, lorsque le cube est déplacé sur la figure 1, le point m décrit une trajectoire constituée de deux segments de droites du plan oxy . On peut visualiser cette trajectoire en se plaçant en mode trace sur la figure 2, puis en revenant déplacer le point M sur la figure 1.

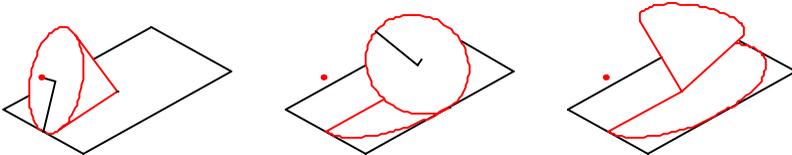
Utilisation

Il s'agit d'une utilisation de type "imagiciel", les figures étant montrées aux élèves pour présenter, illustrer et faire comprendre la situation mathématique. Ces figures permettent aussi de vérifier de façon approchée les réponses obtenues en utilisant les valeurs affichées par le logiciel.

En pratique, on peut charger la figure CubEau1 et l'utiliser pour présenter l'exercice. En un second temps, avant ou après la réalisation des calculs, on peut charger la figure CubEau2, la mettre en mosaïque avec la figure 1 et agir sur la figure 1 pour observer l'effet sur la figure 2.

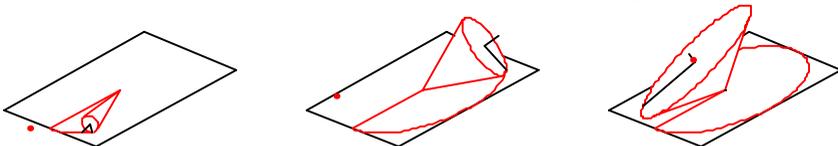
Devcone

Développement du cône.



Situation

Un cône (au sens élémentaire..) est posé sur un tapis rectangulaire ; on peut le faire rouler et voir la surface plane (secteur circulaire) de son développement.



On voit ci-dessus divers développements obtenus en changeant de cône, la longueur du morceau de génératrice posé sur le tapis restant fixe.

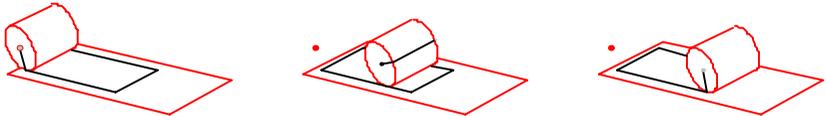
Outre des commentaires sur la forme de ce développement, on peut s'en servir pour calculer l'aire latérale du cône de révolution, connaissant le rayon R de la base et la hauteur h ou plus simplement la longueur L de la génératrice.

Commentaire sur la réalisation

Le rayon du cône est déterminé par la position d'un point mobile sur un demi-cercle ; ce point est figuré en gros sur le dessin. Pour mieux voir la rotation, on a ajouté un segment de génératrice et des rayons des cercles de base. La touche espace bascule le dessin du cône.

Devcycl

Développement du cylindre.



Situation

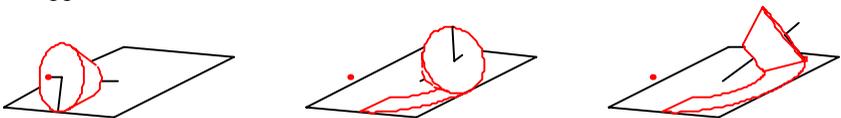
Un morceau de cylindre est posé sur un tapis ; on peut le faire rouler et voir la surface plane (rectangle) de son développement.

Commentaire sur la réalisation

Le rayon du cylindre est déterminé par la position d'un point mobile sur un segment ; ce point est représenté en gros sur le dessin. Pour mieux voir la rotation, on a figuré un segment de génératrice et des rayons des cercles de base.

Devtronc

Développement d'un tronc de cône.



Situation

C'est le même principe que pour le cône. Le développement est un morceau de couronne. On peut s'en servir pour calculer l'aire latérale en fonction des deux rayons des bases et de la hauteur. Vérifier le théorème (énoncé tiré des "Éléments de géométrie" de Legendre, édition de 1837) :

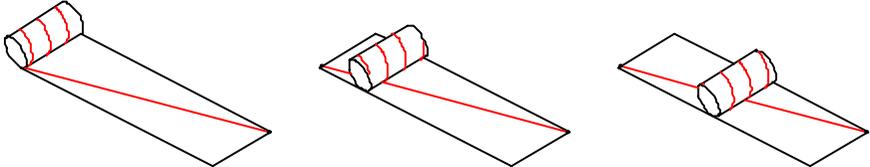
La surface d'un tronc de cône est égale à son côté multiplié par la circonférence d'une section faite à égale distance des deux bases.

Commentaire sur la réalisation

Le tronc de cône est déterminé par la position d'un point figuré en gros sur le dessin. La touche espace bascule le dessin du cône.

Endroit

Enroulement d'une droite sur un cylindre.



Situation

Un cylindre de rayon 1 roule sur un plan contenant une droite. La droite s'enroule sur le cylindre pour donner une hélice. Jouer sur les paramètres de représentation (position de la maquette virtuelle, opacité, dessin des objets) et sur la rotation du cylindre pour bien apprécier la situation.

Remarque : quand le plan oxy est de bout (touche F7), l'hélice apparaît comme une sinusoïde (si le cylindre est transparent) et la rotation comme une "propagation" de cette sinusoïde.

Commentaire sur la réalisation

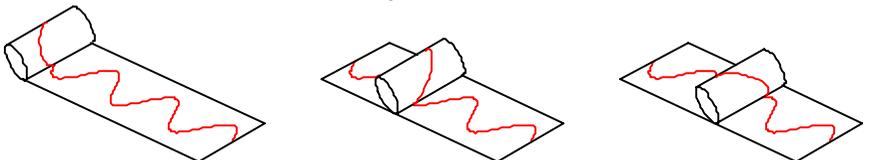
Le calcul utilise un repère mobile dans lequel l'hélice est facilement représentée.

Le cylindre tourne d'un angle t ; pour que quand le plan oxy est en position "normale", la flèche droite du clavier fasse déplacer le cylindre vers la droite, on a introduit une variable auxiliaire u et lié t à u par la relation $t = -u$.

La pente m de la droite peut être changée par des commandes (touches 0, 1, 2 ou 3). Ceci correspond à des changements de pas pour l'hélice (écartement des spires). On peut dessiner ou cacher le cylindre (touche C) ou le plan (touche P).

Ensinus

Enroulement d'une sinusoïde sur un cylindre.



Situation

Un cylindre de rayon 1 roule sur le plan oxy , contenant une sinusoïde S d'équation $y = \sin(nx)$ où n est un entier (qui vaut 1 à l'initialisation). La sinusoïde s'enroule sur le cylindre pour donner une courbe E . Dans le cas $n = 1$, il s'agit d'une ellipse.

Commentaire sur la réalisation

Le calcul utilise un repère mobile dans lequel l'hélice est facilement représentée.

Comme pour l'enroulement de la droite, le cylindre tourne d'un angle t ; pour que quand le plan oxy est en position "normale", la flèche droite du clavier fasse déplacer le cylindre vers la droite, on a introduit une variable auxiliaire u et lié t à u par la relation $t = -u$.

Le nombre n peut être changé par des commandes (touches 0, 1, 2 ou 3). Ceci correspond à des changements de fréquence pour la sinusoïde. On peut dessiner ou cacher le cylindre C (touche C), le plan P (touche P) ou la sinusoïde S (touche S).

Remarque : quand le plan oxy est de bout (touche F7), la courbe E apparaît comme une courbe de Lissajous (si le cylindre est transparent) et la rotation comme un "déphasage" de l'abscisse par rapport à l'ordonnée.

Modification possible

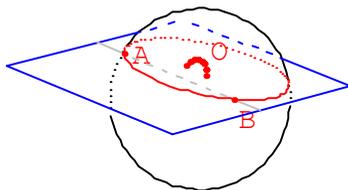
On peut redéfinir n comme un réel et ainsi essayer de voir ce qui se passe si la période de la sinusoïde n'est plus un sous multiple simple de 2π .

Geodesic

Ensemble des centres des cercles tracés sur une sphère et passant par deux points donnés de la sphère.

Situation

A et B sont deux points libres d'une sphère ; un plan matérialisé par un rectangle opaque tourne autour de la droite (AB). On s'intéresse aux centres des cercles d'intersection de la sphère avec le plan variable.



Utilisation

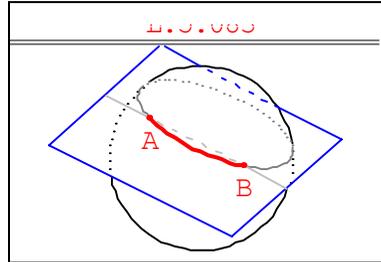
Mettre la figure en mode Trace et piloter le plan au clavier. Une commande de changement de vue (barre d'espace) permet de mettre de face le plan intéressant après avoir observé que toutes les traces sont dans un même plan.

Geodesi2

Plus court chemin plan entre deux points de la sphère. Ce fichier utilise des points libres sur une sphère.

Situation

A et B sont deux points libres d'une sphère ; un plan matérialisé par un rectangle opaque tourne autour de la droite (AB). On s'intéresse à la longueur L du plus petit arc de cercle d'extrémités A et B sur le cercle d'intersection de la sphère avec le plan variable.



Commentaire sur la réalisation

La création d'un arc de cercle nécessite un axe dont l'orientation donnera le sens de parcours sur le cercle entre les extrémités de l'arc. Dans ce fichier, l'axe est orienté par le produit vectoriel $\vec{OA} \wedge \vec{OB}$ où O est le centre du cercle d'intersection, le plus petit arc d'extrémités A et B est alors celui ayant pour origine A.

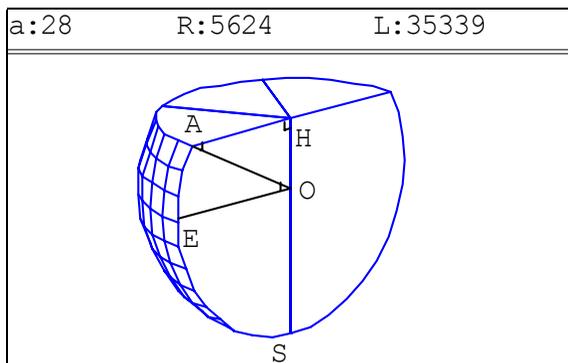
Latitude

Calcul de la longueur d'un parallèle en fonction de la latitude.

Situation

La figure représente la Terre, supposée sphérique d'un rayon de 6370 km, coupée par un plan diamétral passant par les pôles et par un plan parallèle à l'équateur de latitude Nord variable (a entier de 0° à 88°).

Sont affichés la latitude a, le rayon du parallèle R et la longueur du parallèle L (en km).



Commentaire sur la réalisation

Le solide visible est constitué par 3 polyèdres de 75 faces chacun dont deux sont les images par rotation du premier. Le premier est l'enveloppe convexe d'une liste de 7 polygones qui en constituent l'armature. Six de ces polygones sont les images par rotation du premier, le premier est défini par la liste de ses sommets.

L'ensemble de cette construction est modifié à chaque variation de la latitude, ce qui peut devenir lent sur certaines machines. Les changements de vue peuvent être lents aussi.

On peut piloter au clavier la latitude.

Modifications possibles :

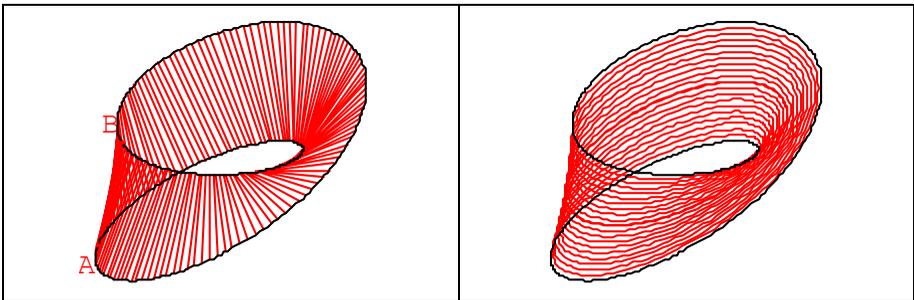
On peut changer le rayon de la sphère. On peut rebâtir la figure en partant de la distance du plan de coupe au centre de la sphère pour l'adapter à un exercice donné.

Moebius1

Ruban de Moebius.

Situation

Le bord du ruban est défini comme courbe paramétrée. On peut visualiser la surface soit en gardant les traces d'un segment soit en gardant les traces d'une courbe paramétrée variable.



Commentaire sur la réalisation et l'utilisation

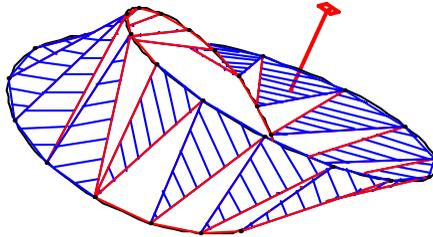
Différentes commandes permettent de passer d'un cas à l'autre. Pour les changements de vues, il est préférable de garder des traces de segments (l'affichage des dessins est plus rapide).

Moebius2

Ruban de Moebius.

Situation

Le bord du ruban est défini comme courbe paramétrée. Une commande de création itérative permet de trianguler la surface. Les polygones créés sont opaques, pour illustrer le fait que cette surface "n'a qu'un côté".



Utilisation

Au départ la figure ne comporte que deux triangles. L'utilisation de la commande de création itérative va **ajouter de nouveaux objets à la figure**. Si on souhaite garder le fichier tel qu'il est fourni, il peut être utile de faire un duplicata de la figure (article *Dupliquer la figure* dans le menu *Fenêtre*) et utiliser cette commande uniquement dans le duplicata.

En appuyant sur la touche espace autant de fois que nécessaire, on triangule la surface. On peut déplacer "l'épingle" portée par un vecteur normal à la surface pour illustrer "l'unique côté".

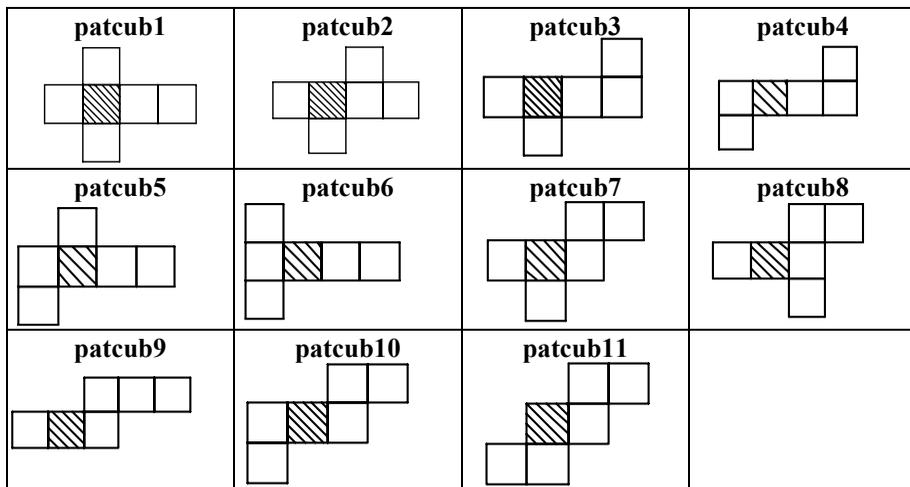
Commentaire sur la réalisation

On peut modifier le nombre de triangles nécessaires mais bien sûr, plus il y en a, moins les changements de vues se font vite. Par contre la pointe de l'épingle décrit la ligne médiane de la bande, donc moins il y a de triangles et plus cette pointe est en dehors de ces triangles.

PatCub1... PatCub11

Les figures PatCub1 à PatCub11 représentent les onze patrons du cube (à une isométrie près). Ils n'ont pas été obtenus à l'aide de l'article *patron* (menu *Créer, Solide*) mais calculés directement à partir des différents sommets d'un cube. Par conséquent, un objet créé sur la face du cube, à partir de ses sommets (comme le milieu d'une diagonale d'une face) restera "solidaire" du patron lorsque celui-ci "s'ouvrira". On peut ainsi imaginer des activités proposant d'identifier un même point sur le cube fermé et sur son patron ou tout autre du même genre.

Les onze figures sont les suivantes :



Commentaire sur la réalisation

Les sommets des polygones constituant le patron ont été obtenus par différentes rotations des sommets d'un cube ABCDEFGH. Ces rotations ont à chaque fois comme axe une arête (r_{AB} pour la rotation d'axe (AB)) et toutes le même angle, c variable entre 0 et $\pi/2$, ce qui permet de simuler l'ouverture et la fermeture du patron.

Seule la face ABCD (hachurée sur le patron) reste "fixe".

Pour déterminer la rotation nécessaire pour chaque face, on considère la composition de :

- la rotation d'axe sa "charnière" (arête par laquelle la face est attachée au patron)
- la rotation (éventuelle) correspondante de la face à laquelle elle est attachée.

Les points définissant les axes de rotation sont ceux du cube de départ ABCDEFGH (un exemple est donné dans les commentaires de PatCub1).

On voit bien ici que la difficulté de réalisation d'une figure ne détermine pas le niveau des élèves qui peuvent l'utiliser. Dans le cas présent, ce type de figure est surtout utile pour le collège (et même l'école primaire).

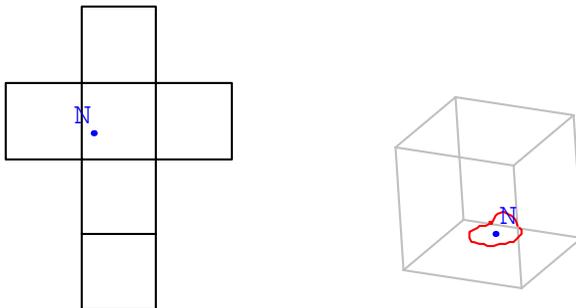
Pilocub1 et Pilocub2

Il s'agit d'un exemple illustrant l'usage de la fonction μ , de la communication entre figures et de la limitation des dessins à un convexe.

L'exemple comprend deux figures Pilocub1 et Pilocub2 ; il faut charger ces deux figures (et elles seulement) avec GeospacW et mettre leurs fenêtres en mosaïque (menu *Fenêtre*).

Situation

La figure Pilocub1 présente un patron du cube et un point N de ce patron. La figure Pilocub2 montre le point correspondant sur le cube. Dans cette dernière figure, par la commande Espace, il est possible de faire apparaître l'intersection d'une sphère de rayon fixe avec la surface du cube, intersection qui est donc composée d'arcs de cercles.



Commentaire sur la réalisation

Dans les deux figures, la fonction μ joue un rôle important.

Dans la figure Pilocub1, à partir d'un point libre M dans le plan, on construit un point N qui n'existe que quand M est dans le patron et coïncide alors avec M. Ceci se fait par l'utilisation d'un calcul c qui n'a de valeur que si M est dans le patron et par une translation d'un vecteur qui est le produit du vecteur nul par le nombre c. On ne voit donc N que quand M est dans le patron .

La figure Pilocub2 importe les valeurs des variables réelles libres x et y. Si la figure Pilocub1 est active, ce sont les coordonnées de M qui seront importées.

Dans Pilocub2, le point N est un point repéré dont les coordonnées sont calculées en fonction de x et y à l'aide de la fonction μ . Si le point M de Pilocub1 est dans le patron, les coordonnées de N sont calculées pour obtenir le point du cube correspondant si on refermait le patron.

Les arcs de cercles, intersection de la sphère et de la surface du cube sont obtenus en limitant au cube les cercles d'intersection avec les faces du cube (article *Limiter les dessins* du menu *Divers*).

Modification possible

On peut par exemple reprendre l'idée pour un tétraèdre régulier : l'avantage est qu'on peut avoir un patron convexe (triangle équilatéral) et que le point du patron peut donc être pris comme libre dans ce polygone convexe.

Planete1

Mouvement de la terre et de la lune par rapport au soleil (animation réalisée en utilisant la variable numérique t_{ime}).

Ce fichier est complété par le fichier Planete2.

Situation

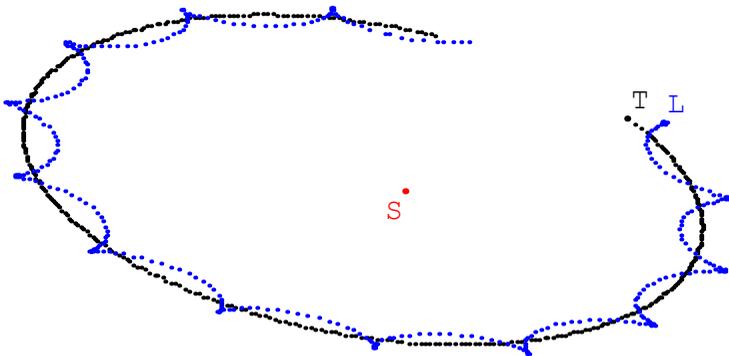
Figure destinée à visualiser le mouvement de la terre et de la lune par rapport au soleil.

Le repère dans lequel ce mouvement est représenté est centré au soleil, le plan de cote nulle étant le plan de l'écliptique terrestre (c'est-à-dire le plan de l'orbite de la terre autour du soleil).

Dans ce plan, la terre décrit en un an une ellipse de très faible excentricité, dont le soleil est un foyer.

L'orbite de la lune par rapport à la terre est située dans un plan faisant un angle (variant faiblement) d'environ 5,9 degrés avec l'écliptique terrestre. La droite d'intersection du plan de cette orbite et de l'écliptique a un mouvement rétrograde (opposé au mouvement de la terre par rapport au soleil dans l'écliptique) d'une période de 18,61 ans. Cette trajectoire est une ellipse de très faible excentricité, dont un des foyers est la terre ; elle est décrite dans le même sens que la rotation de la terre autour du soleil, en un mois sidéral de 27,3 jours.

De la combinaison des mouvements de la terre par rapport au soleil et de la lune par rapport à la terre résulte le mouvement de la lune par rapport au soleil qui est représenté dans le fichier.



Utilisation

Rendre le temps actif, (à l'aide du menu piloter), pour déclencher l'animation. Se mettre ensuite en mode Trace pour voir les trajectoires des points T et L représentant la terre et la lune.

Commentaire sur la réalisation

Le soleil, la terre et la lune sont représentés par des points S, T et L.

S est au centre du repère R_{xyz} . T est repéré par ses coordonnées - en fonction d'une variable numérique d_{ay} - dans le repère prédéfini R_{xyz} . L est repéré dans un repère auxiliaire R_{Ter} centré en la terre, dont les axes forment des angles correctement choisis avec ceux de R_{xyz} .

La variable d_{ay} est pilotée par la variable t_{ime} , ce qui permet une animation automatique de la figure.

Une petite astuce : pour que l'on voit bien la terre et la lune, il était souhaitable de donner aux points T et L le style "petit carré". Mais leur trace aurait alors été trop "épaisse". Une solution est apportée par la création de deux points t et l confondus avec T et L (construits comme milieux), de style "petit carré".

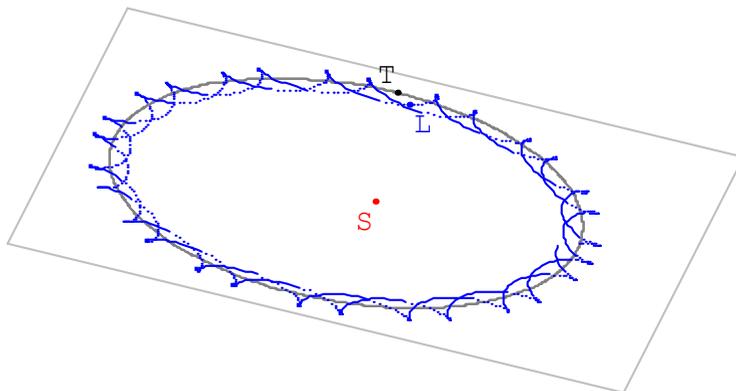
Planete2

Trajectoires de la terre et de la lune par rapport au soleil (obtenues comme courbes lieux de points définis par leurs coordonnées).

Ce fichier complète le fichier Planete1.

Situation

Figure destinée à visualiser les trajectoires de la terre et de la lune par rapport au soleil. Pour de plus amples informations sur la situation, se reporter à celles données sur Planete1.

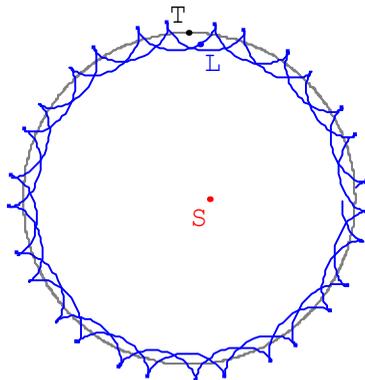


Utilisation

L'appui sur la touche D permet d'afficher ou d'effacer le dessin de la trajectoire de la lune.

L'appui sur la touche d'espacement affecte à d_{ay} la valeur 0 qui place la lune au début de la trajectoire représentée.

On peut obtenir une vue intéressante, où le plan de l'écliptique est de face : la vue standard avec oxy de face (touche F8).



Commentaire sur la réalisation

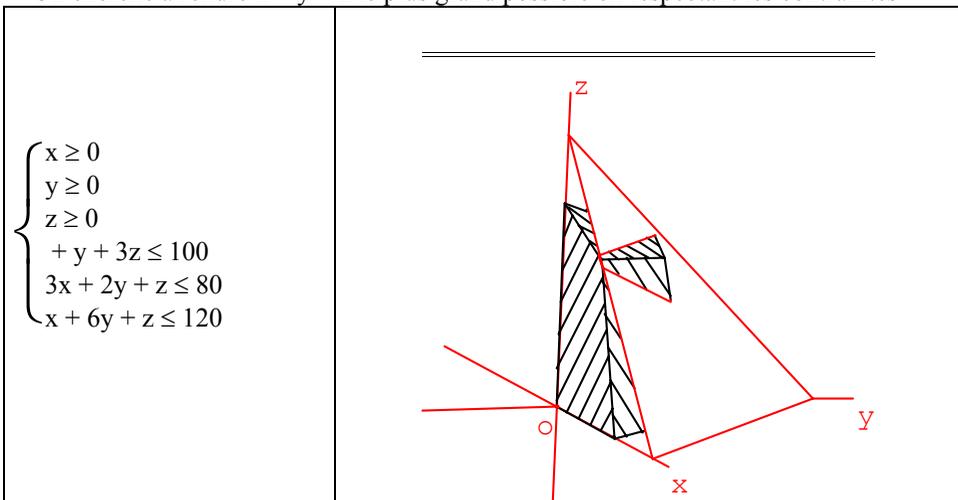
Réalisation analogue à celle de Planetel, sauf que d_{ay} est cette fois une variable réelle libre décrivant un intervalle correspondant à 2 années. Les trajectoires sont les lieux des points T et L pilotés par d_{ay} .

Proglin

Programmation linéaire à trois dimensions.

Situation

On cherche à rendre $x + y + z$ le plus grand possible en respectant les contraintes



Commentaire sur la réalisation

L'exemple est choisi pour qu'on voie bien à la fois le polyèdre défini par les contraintes et le plan variable $x + y + z = a$ où a est un réel libre dans $[0, 1000]$.

Les trois premières contraintes définissent un convexe non borné qui est remplacé dans la réalisation par le tétraèdre obtenu en leur ajoutant la contrainte $x + y + z \leq 1000$.

Ce tétraèdre est défini par ses sommets qui sont les points de coordonnées $(0,0,0)$, $(1000,0,0)$, $(0,1000,0)$, $(0,0,1000)$.

À partir de ce tétraèdre, le polyèdre des contraintes s'obtient progressivement en ajoutant successivement chaque contrainte suivant les trois premières par intersection du polyèdre précédent avec le demi-espace défini par cette contrainte, ce qui a évité à l'auteur d'en calculer lui-même les sommets.

La variation du plan mobile est commandée par les flèches du clavier pilotant la variable a .

Modifications possibles

On peut tenter de modifier les trois dernières contraintes et/ou d'en ajouter.

Sur un ordinateur lent, pour pouvoir faire confortablement tourner la maquette virtuelle, on peut supprimer les hachures ou hachurer le plan variable et non le polyèdre.

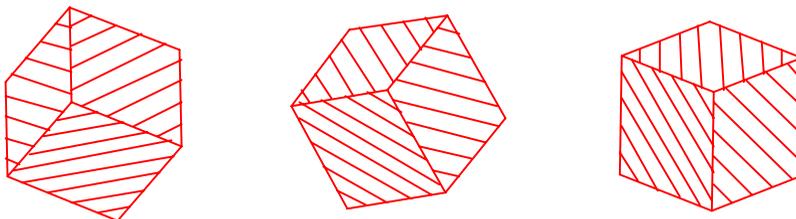
Enfin, pour créer ce genre de figure, on peut parfois se servir utilement de l'article *Intersection polyèdre/demi-espace* (menu *Créer*, sous-menu *Solide* puis *Polyèdre convexe*).

Rotijk

Cette figure a été construite pour aider à comprendre le système de représentation de GeospacW.

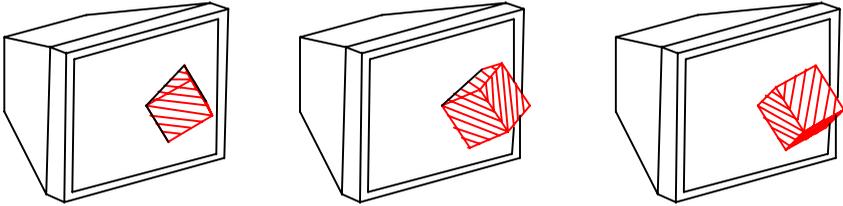
Situation

Un cube peut tourner sur commande (touches X, Y ou Z) autour d'axes qui semblent liés à l'écran.



Une commande (barre d'espace) semble rendre l'écran opaque ; le cube passe en partie ou totalement à travers en tournant. En changeant le cadrage (répéter la

pression sur la touche ) et en faisant tourner la maquette virtuelle (souris bouton droit enfoncé ou MAJ-Flèches du clavier) on finit par voir apparaître un dessin représentant le moniteur de l'ordinateur.



La raison de ce scénario est de tenter de montrer comment la maquette virtuelle d'une figure tourne par rapport aux axes fixes liés à l'écran. Les commandes de rotation MAJ-Flèches du clavier sont ici simulées par les touches X, Y et Z.

Ainsi, le repère absolu lié à l'écran réel est-il représenté par le repère R_{xyz} lié à l'écran dessiné. Les rotations absolues, qui dans GeospacW ne font évidemment pas tourner l'écran, sont donc simulées par des rotations autour des axes ox , oy ou oz .

Commentaire sur la réalisation

Le point intéressant est la réalisation des rotations commandées par les touches X, Y et Z. L'idée en est la suivante :

soit A un point libre et R une rotation de 10° autour d'un axe ; soit A' l'image de A par R. L'affectation de la position de A' à la variable A fait donc tourner la position de A de 10° . Comme alors celle de A' a fait de même, la répétition de cette affectation donne un mouvement de rotation pour A et ceci sans calcul.

La figure utilise ce procédé pour faire tourner trois points libres A, B et C. Si au départ on a choisi les positions de A, B et C pour qu'elles soient celles de trois sommets d'un cube dont on en est un autre et qu'on a effectivement construit le cube, alors on verra tourner le cube.

L'axe de rotation est la droite oU où U est un point libre. En affectant U aux points I, J ou K des axes, les rotations se feront autour de ox , oy ou oz .

Modification possible

La figure est trop spécialisée pour être modifiée de manière intéressante. Les idées de réalisation (rotations par affectations en particulier) peuvent néanmoins être réutilisées dans d'autres figures.

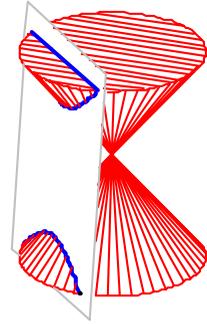
SecCone

Sections planes du cône de révolution

Situation

Figure destinée à visualiser les différents cas de sections planes d'un cône de révolution.

Un plan, matérialisé par un parallélogramme, tourne autour d'une de ses droites et coupe un cône. La section du cône est dessinée.



Commentaire sur la réalisation

Il s'agit en fait d'un morceau de cône (au sens mathématique) réalisé en opposant par le sommet deux cônes (au sens GeospacW). Pour des raisons visuelles, la courbe de section doit être limitée au solide. Ceci se fait en utilisant la fonction μ dans le paramétrage de la courbe.

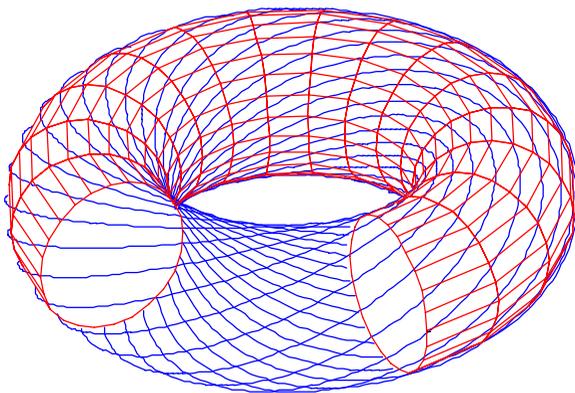
Villarc

Famille de cercles permettant d'engendrer un tore.

Situation

La figure représente une partie d'un tore et un cercle, dit "cercle de Villarceau" dont la rotation autour de l'axe du tore permet d'engendrer celui-ci.

Antoine Yvon Villarceau (1813-1883), astronome et mathématicien français, a fait connaître en 1848 les cercles portant son nom (ceux-ci figurent dans une sculpture bien antérieure du musée de l'Œuvre Notre-Dame à Strasbourg).



Commentaire sur la réalisation

La section du tore est obtenue à l'aide d'un polygone régulier, dont le nombre de côtés est variable (touche C pour piloter au clavier le nombre de côtés).

Par rotation d'angle variable (touche T), on obtient une 2^{ème} section puis un polyèdre défini comme enveloppe convexe de ces 2 sections. Les autres polyèdres sont les images du premier par la même rotation.

Le cercle de Villarceau, dessiné en bleu est tracé sur le tore et sa rotation autour de l'axe du tore engendre le tore (touche V pour piloter au clavier la rotation de ce cercle).

La touche I permet de lancer le dessin des traces de ce cercle engendrant le tore (dessin ci-dessus).

Les touches 1, 2, 3 permettent de dessiner ou non le tore (en 3 parties) si on veut accélérer les rotations de l'ensemble de la figure.

Modifications possibles

On peut modifier le rayon de la section en pilotant le point B au clavier (touche B pour le sélectionner) ou à la souris.

Viviani

Outre des solides usuels et une courbe paramétrée, ce fichier utilise des commandes de dessin en bloc permettant de faire apparaître les uns après les autres les éléments significatifs de la figure.

Situation

Il s'agit d'une visualisation de la fenêtre de Viviani, courbe de l'espace qui est à l'intersection d'une sphère, d'un cylindre et d'un cône (situation illustrée dans l'introduction).

Réalisation

La courbe a été définie comme courbe paramétrée.

Trois commandes de dessin en bloc permettent de faire apparaître les éléments de la figure : touche 1 pour la sphère, touche 2 pour le cylindre, touche 3 pour le cône, touche 4 pour la courbe.

Utilisation

Il est conseillé d'effectuer de nombreux changements de vue pour bien appréhender cette courbe.

Prolongements possibles

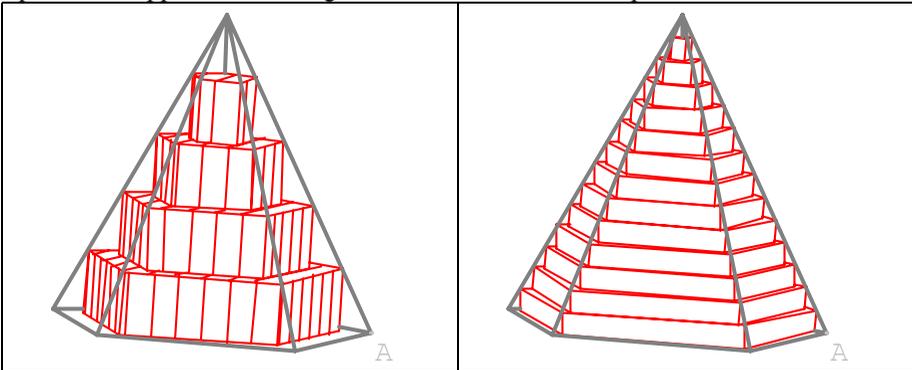
On peut s'intéresser aux courbes planes projetées de la fenêtre de Viviani sur les plans de coordonnées.

VoluPyr1 et VoluPyr2

Illustration du calcul du volume d'une pyramide régulière à l'aide de prismes inscrits dans la pyramide. On trouvera aussi dans ce fichier un exemple de commande de sélection pour pilotage au clavier. Les prismes de la figure VoluPyr2 sont créés à l'aide d'une commande de création itérative.

Situation

Une pyramide régulière est définie par un point A libre et par le nombre de côtés de sa base (N_{cot}). On inscrit dans la pyramide n prismes de même hauteur. La somme des volumes des prismes est une valeur approchée du volume de la pyramide, la qualité de l'approximation augmentant avec le nombre de prismes.



Utilisation

- Cette figure permet bien sûr d'illustrer la formule $V = \int_a^b S(z) dz$ pour calculer un volume : en agissant (au clavier) sur le nombre n de prismes, on peut voir comment se modifie la valeur de V , somme des volumes des prismes, et aussi la valeur E_{rel} , erreur relative faite en prenant V comme valeur approchée de V_{pyr} , volume de la pyramide. Les informations utiles au calcul de V en fonction de n puis de la limite de V quand n tend vers l'infini (il faut aussi connaître $\sum_{k=1}^n k^2$) sont les suivantes : au chargement de la figure, la pyramide a une base carrée inscrite dans un cercle de rayon 2 et sa hauteur est égale à 4.

- De plus, on peut faire varier le nombre de côtés de la base de la pyramide (en appuyant sur la touche C, on fait afficher la valeur de N_{cot} et N_{cot} devient la variable pilotable au clavier). On peut observer que, lorsque N_{cot} varie, le volume de la pyramide varie de même que le volume V mais que l'erreur relative reste constante. De même lorsque l'on change les dimensions de la pyramide. Ce résultat peut bien sûr être justifié par le calcul.

Commentaire sur la réalisation

Les différents prismes de VoluPyr1 ont été créés à l'aide de la fonction μ et en utilisant les possibilités d'édition dans l'éditeur du texte de la figure.

Dans **VoluPyr2**, la situation est la même, mais au départ la figure ne contient qu'un seul des prismes que l'on peut voir dans VoluPyr1. Les autres peuvent être créés à l'aide d'une commande de création itérative. Une fois qu'ils sont créés, l'utilisation est la même. On pourra remarquer la façon dont les prismes sont définis sans l'aide de la fonction μ en utilisant des points repérés sur une demi droite.

Table des fichiers des répertoires Exemple1 et Exemple2

Cones _____	48	Bipat _____	65
Courbe1 _____	49	Coplan _____	65
Couronne _____	50	CubEau1 et CubEau2 _____	67
CylCone1 et Cylcone 2 _____	50	Devcone _____	68
Deuxtet _____	52	Devcyl _____	69
EnsCerc _____	52	Devtronc _____	69
ImagPoly _____	53	Endroit _____	70
Milieux _____	54	Ensinus _____	70
ParaLieu _____	55	Geodesi1 _____	71
Parasol _____	56	Geodesi2 _____	72
Polyèdre _____	57	Latitude _____	72
Polygone _____	58	Moebius1 _____	73
Revol _____	59	Moebius2 _____	74
Section _____	60	PatCub1... PatCub11 _____	74
Sphere _____	61	Pilocub1 et Pilocub2 _____	75
Thales _____	62	Planete1 _____	77
ToitTheo _____	63	Planete2 _____	78
TriCub1 et TriCub2 _____	63	Proglin _____	79
Voltron _____	64	Rotijk _____	80
		SecCone _____	82
		Villarc _____	82
		Viviani _____	83
		VoluPyr1 et VoluPyr2 _____	84

Classification des exemples selon les fonctionnalités qu'ils illustrent

Affichage : CubEau1, CylCone, Geodesi2, ImagPoly, ProgLin, TriCub2.

Animation par variable de temps : Planete1.

Calcul géométrique : CubEau, CylCone, DeuxTet, TriCub1.

Commande :

d'affectation calculée : Endroit, Ensinus, Planete2, Rotijk.

d'affectation aléatoire : Couronne, Milieux, ParaLieu.

de changement de vue

par choix d'un plan de face : Geodesi1, ParaLieu, Section.

par mémorisation : Section.

de création itérative : Moebius2, Volupyr2.

de dessin en bloc : Couronne, DeuxTet, Devcyl, Ensinus, ImagPoly, Thales, Viviani.

de dessin par étapes : Cones.

de répétition de commandes : Couronne, Milieux, Paralieu.

de sélection pour pilotage au clavier : Revol.

de sortie de trace : Revol.

de trace de courbe : Couronne, Villarc.

de droite : Milieux.

de points : Couronne, CubEau2, Milieux, ParaLieu.

de polygone : Revol.

de projection oblique paramétrée : Sphère.

Commandes groupées : VoluPyr1.

Courbe paramétrée : Courbe1, Moebius1 et Moebius2, SecCone, Viviani.

Courbe définie comme lieu de points : Parasol, Planete2.

Fonction μ : Coplan, CubEau2, Pilocub1, Pilocub2, SecCone.

Import-Export : CubEau1 et CubEau2, Cylcone1 et Cylcone2, Pilocub1 et Pilocub2, Tricub1 et Tricub2.

Lieu de points : Milieux, ParaLieu, Planete1.

Limiter les dessins à un convexe : Pilocub2.

Patrons d'un polyèdre : Bipat.

Pilotage d'un point libre au clavier : Polyedre, Polygone.

Pilotage d'une variable au clavier : Courbe1, Proglin.

Pilotage en boucle : Courbe1, Villarc.

Piloter un point sur une ligne : Couronne, CubEau, SecCone, Section.

Plan de face maintenu de face : CylCone2, TriCub2.

Point libre dans polygone : TriCub1, Thales.

Point libre sur sphère : Geodesi2.

Polyèdre convexe

défini par ses sommets : Polyedre.

intersection polyèdre/demi-espace : Proglin.

image de polyèdre : ImagPoly.

enveloppe convexe : Polyedre.

Polygone convexe

défini par ses sommets : Polygone.

section d'un polyèdre par un plan : Section.

enveloppe convexe : Polygone.

Repère : Planete1, Planete2, Endroit.

Classification des exemples selon le niveau auquel ils s'adressent

La classification ci-dessous n'est qu'une indication ; pour chaque exemple, il reste à construire l'activité dans laquelle il pourrait s'insérer.

Il faut aussi remarquer que la difficulté de réalisation technique de la figure GeospacW n'est pas significative du niveau auquel elle peut être utilisée. Ainsi certaines figures destinées au collège ont demandé des connaissances et des calculs hors de la compétence des élèves de ce niveau.

Collège

Bipat, Cones, CubEau1 et CubEau2, DevCone, DevCyl, DevTronc, DeuxTet, Endroit, Latitude, PatCub1 à PatCub11, Pilocub1 et Pilocub2, Revol, Tricub1 et TriCub2, VolTron.

Lycée

Bipat, Coplan, Courbel, Couronne, CubEau1 et CubEau2, CylCone1 et CyCone2, DevCone, DevCyl, DevTronc, Endroit, EnsCerc, Ensinus, Geodesie1, Geodesie2, ImagPoly, Milieux, ParaLieu, Parasol, Pilocub1 et Pilocub2, ProgLin, SecCone, Section, Thales, ToiTheo, TriCub1 et TriCub2, Viviani, VolTron, VoluPyr1.

Enseignement supérieur

Courbe1, Endroit, Ensinus, ParaLieu, Parasol, ProgLin, SecCone, Thales, Villarc, Viviani, VoluPyr1.

Ne s'adressant pas à un niveau spécifique

Moebius1, Moebius2, Planete1, Planete2, Rotijk, Sphere, Villarc.

Description des menus

On appelle **article** (de menu) tout item terminal d'un menu. On trouvera ci-dessous l'ensemble des articles (écrits en rouge) classés par menus et sous-menus (l'organisation générale des menus est donnée en annexe page 120).

Seuls les articles qui ne se comprennent pas d'eux-mêmes sont expliqués ci-après. Pour tous, il est recommandé de consulter l'aide en ligne dans le logiciel qui donne le plus souvent des indications complémentaires.

Presque tous les articles de menu peuvent être supprimés, certains par l'article *Modifier les menus* du menu *Divers*, ce qui affecte uniquement les menus de la figure active, les autres par l'article *Préférences* du menu *Fichier* qui permet de créer un fichier de configuration.

Généralités sur les créations

Le menu *Créer* est évidemment le menu essentiel de GeospacW. Pour éviter des redites inutiles, certaines informations concernant les modalités de création sont regroupées ici.

Créer, nommer

Pour créer un objet, il est indispensable d'avoir créé au préalable les objets nécessaires à sa définition sauf si ces objets nécessaires sont des plans définis par trois points, des droites définies par deux points, des demi-droites ou des segments.

Certaines créations peuvent être provisoirement invalides. Par exemple l'intersection de deux droites qui ne sont pas sécantes au moment de la création. Une confirmation de la création est alors demandée sauf si le fichier de configuration utilisé n'autorise pas la création d'objets invalides. Si la réponse est positive, l'objet est créé, mais il est non valide et ne peut apparaître à l'écran.

Les noms des objets créés sont soumis à un certain nombre de conditions qui sont détaillées dans l'aide de GeospacW. En cas de nom proposé incorrect, un message d'erreur détaillera la nature de la condition non respectée.

Expressions algébriques

Partout où une valeur numérique est attendue (l'abscisse d'un point, le rayon d'une sphère, etc.), il est possible de proposer une expression algébrique dont on pourra contrôler visuellement l'écriture (cf. l'aide).

Celle-ci peut utiliser toutes les opérations et fonctions usuelles (voir liste ci-après) et tous les objets déjà créés, pourvu qu'ils soient compatibles avec les opérations ou fonctions considérées.

Si on utilise une opération ou une fonction nécessitant une unité de longueur (distance, norme, produit scalaire, carré scalaire, produit vectoriel) et que plusieurs unités de longueur sont disponibles, le choix de l'unité est proposé.

Si une expression comporte trop de caractères, il faut créer des variables ou des fonctions intermédiaires.

Liste des fonctions et opérations présentes dans GeospacW

Les symboles qui sont rappelés ou les exemples d'écritures utilisées sont en gras dans le texte. Minuscules ou majuscules peuvent être utilisées indifféremment dans les noms des fonctions ci-dessous. Les arguments d'une fonction doivent être mis entre parenthèses : par exemple, on écrit **sin(a)** ou **Min(x,z)**.

- Opérations sur les nombres : addition, soustraction, opposé, multiplication *, division /, puissance ^, factorielle !.

- Opérations sur les vecteurs : addition, soustraction, opposé, multiplication par un nombre : **k*vec(i)**, division par un nombre : **vec(i)/k**, produit scalaire : **vec(i)&vec(j)**, carré scalaire : **vec(i)^2**, norme : **norm(vec(i))**, produit vectoriel **vec(i)§vec(j)**.

- Opérations sur les points :

distance : **dist(A,B)** ou **AB** vecteur défini par deux points : **vec(A,B)**.

- Fonctions numériques d'une variable :

logarithme : **ln** exponentielle : **exp** valeur absolue : **abs**

partie entière : **int** racine carrée : **rac** ou **sqrt**

sinus : **sin** cosinus : **cos** tangente : **tan**

arcCosinus : **arccos** arcSinus : **arcsin** arcTangente : **arctan**

- Fonctions numériques à deux variables :

minimum : **min** maximum : **max**

arrangements : **Anp** combinaisons : **Cnp**

- Opérations dont le résultat est une valeur logique (avec la fonction μ) :

égalité de nombres ou de vecteurs : =

non égalité de nombres et de vecteurs : <>

inférieur : < supérieur : >

inférieur ou égal : <= supérieur ou égal : >=

- Opérations sur les valeurs logiques : **et**, **ou**, **non**.
- La fonction μ dont l'argument est une valeur logique et le résultat un nombre.
Exemple : $\mu(x < 3 \text{ ou } x \geq 5)$ vaut **0** si x appartient à $[3 ; 5[$ et **1** sinon.
- Les fonctions et les suites créées par l'utilisateur.

Expressions vectorielles

Partout où un vecteur est attendu (vecteur de base d'un repère, vecteur d'une translation, etc.), il est possible de proposer une expression vectorielle.

Segments et demi-droites

Partout où est attendu un segment ou une demi-droite (milieu, médiatrice, point libre sur une demi-droite, etc.), on doit entrer deux noms de points existants (exemple A'B'). Si par ailleurs un segment (ou une demi-droite) défini par ces deux mêmes points a été créé, les deux créations ne seront pas liées pour autant : on peut supprimer un segment [AB] sans provoquer la suppression du milieu du segment [AB].

Droites

Partout où est attendue une droite (intersection, point libre sur une droite, etc.), on a le choix entre :

- entrer deux noms de points déjà créés,
- entrer le nom d'une droite déjà créée,
- entrer ox , oy ou oz qui sont les noms des axes du repère prédéfini R_{xyz} .

Si on entre deux noms de points et si par ailleurs une droite définie par ces deux mêmes points a été créée, les deux créations ne seront pas liées pour autant : on peut, par exemple, supprimer une droite (AB) sans provoquer la suppression du point d'intersection des droites (AB) et (CD).

Plans

Partout où est attendu un plan (intersection de deux plans, section plane d'un polyèdre par un plan, etc.), on a le choix entre :

- entrer trois noms de points déjà créés,
- entrer le nom d'un plan déjà créé,
- entrer oxy , oyz ou ozx qui sont les noms des plans de coordonnées du repère prédéfini R_{xyz} .

Comme pour les droites, si on entre trois noms de points et si par ailleurs un plan défini par ces trois mêmes points a été créé, les deux créations ne seront pas liées pour autant.

Repères, unités de mesure d'angles et de longueur

Il existe un repère prédéfini R_{xyz} et une unité de longueur prédéfinie U_{xyz} utilisés par défaut. On peut en créer d'autres (voir les articles correspondants du menu *Créer*). Dès que plusieurs repères ou unités de longueur sont disponibles, un choix est proposé pour toutes les créations qui l'exigent.

Le choix de l'unité de mesure d'angle (degré ou radian) est proposé également.

Lors de créations successives, le choix par défaut est toujours le dernier utilisé.

Entrée des listes

Dans certaines créations, on peut avoir à entrer des listes de noms (par exemple, création d'une commande, création de plusieurs segments, etc.).

Dans une liste de noms, séparer les noms par des espaces. Cette séparation n'est pas nécessaire s'il s'agit d'une liste de points (création de segments par exemple).

Menu FICHIER

Tous les articles de ce menu sont indépendants des figures. A part *Quitter GeospacW*, ils peuvent tous être supprimés en utilisant un fichier de configuration (voir l'article *Préférences*).

Nouvelle figure

Dans la configuration par défaut du logiciel, cet article ouvre une nouvelle figure dans sa fenêtre avec les menus complets et les treize objets prédéfinis que l'on peut afficher avec l'article *Rappels* du menu *Afficher*.

Un fichier de configuration peut modifier le fonctionnement de cet article (voir l'article *Préférences*).

Charger une figure

Permet de charger une figure qui a été sauvegardée sur disque.

Fermer la figure

Permet de fermer la fenêtre de la figure active sans quitter GeospacW. Utiliser l'article *Fermer tout* du menu *Fenêtres* pour fermer toutes les fenêtres.

Enregistrer la figure

Enregistrer la figure sous

Imprimer

La partie de la figure active contenue dans le double cadre ou dans la fenêtre est imprimée avec sa fenêtre matérialisée sur le papier par un rectangle. On choisit la taille qu'aura la fenêtre sur le papier en fixant soit la taille de l'unité de longueur du repère prédéfini soit la taille de la largeur de la fenêtre. Dans le premier cas, on privilégie la taille des objets (segments, cercles...) et, dans le second cas, on privilégie l'encombrement global de la figure.

Configurer l'imprimante

Préférences

Permet de créer un fichier de configuration pour GeospacW afin d'en adapter les fonctionnalités, par exemple aux élèves. Se reporter au chapitre "GeospacW : fichier de configuration du logiciel" pour l'utilisation de ces fichiers.

Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre à l'activation de cet article, il est possible de :

- supprimer certains articles des menus *Fichier*, *Fenêtre*, *Aide*.
- choisir des options de fonctionnement du logiciel. Par exemple, si on choisit l'option Mono-fenêtre, GeospacW ne permettra pas de travailler sur plusieurs figures à la fois, si l'on décoche l'option Créer les objets non valides, GeospacW refusera de créer les objets non valides au moment où l'on demande leur création.
- sauvegarder la figure actuelle dans un fichier de configuration grâce à l'option "nouvelle figure = figure actuelle". Cette option permet de modifier le fonctionnement ultérieur de l'article *Nouvelle figure*. Si GeospacW est lancé avec un fichier de configuration dans lequel on a sauvegardé une figure, la figure qui s'ouvrira au démarrage et à l'appel de toute nouvelle figure sera celle mémorisée dans le fichier de configuration. Cette option est particulièrement utile pour **modifier les menus des figures GeospacW** : lancer GeospacW sans fichier de configuration, modifier les menus de la figure (menu *Divers*, article *Modifier les menus*), utiliser l'article *Préférences* en cochant "nouvelle figure = figure actuelle", enregistrer le fichier de configuration à l'aide du bouton présent dans la fenêtre de préférences, quitter le logiciel puis le relancer avec comme paramètre le fichier de configuration créé.

Quitter GeospacW

Menu CRÉER

Tous les articles de ce menu sont attachés à la figure et sauvegardés avec elle. Ils peuvent être supprimés par l'article *Modifier les menus*.

Ce menu permet de définir (ou de modifier) une figure en créant de nouveaux objets (ou en redéfinissant des objets déjà construits), de définir des cadres, de définir des affichages, de définir des commandes.

Point sous-menu

Point Libre sous-menu

Création d'un point dont la position initiale est choisie aléatoirement dans un certain domaine et qui est pilotable dans ce domaine à la souris ou avec les flèches du clavier. On peut utiliser le mode Trace pour mieux comprendre les règles qui régissent le déplacement d'un point libre lorsqu'il est piloté au clavier. Lors d'un déplacement, tous les objets créés avec ce point et qui en dépendent sont modifiés en conséquence.

dans l'espace

Point pouvant être placé n'importe où dans l'espace.

dans un plan

Point pouvant être placé n'importe où dans le plan donné.

sur une droite sur une demi-droite sur un segment sur un cercle sur un arc

Point contraint à rester sur la ligne donnée.

à coordonnées entières

Point dont les coordonnées relativement au repère de l'espace choisi restent entières.

à abscisse entière

Point sur une droite munie d'un repère et dont l'abscisse reste entière. La droite peut avoir été créée en tant que "droite munie d'un repère" ou être simplement donnée par deux points qui constituent dès lors le repère (AB dans cet ordre définissent le repère (A, \overline{AB}) ou encore par la donnée de ox , oy ou oz qui sont les noms des axes du repère prédéfini R_{xyz} .

dans un polygone

Point contraint à rester à l'intérieur d'un polygone.

sur une sphère

Point contraint à rester sur une sphère.

Point Repéré sous-menu

Création d'un point défini par ses coordonnées relativement à un repère de l'espace, d'un plan ou d'une ligne donnée.

dans l'espace

Le point est défini par ses coordonnées dans un repère de l'espace.

dans un plan

Le point est défini par ses coordonnées dans un repère du plan donné. Le plan peut avoir été créé en tant que "plan muni d'un repère" ou être simplement donné par trois points qui constituent dès lors le repère (ABC dans cet ordre définissent le repère $(A, \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC})$) ou encore par la donnée de oxy, oyz ou ozx qui sont les noms des plans de coordonnées du repère prédéfini R_{xyz} .

sur une droite

La donnée de la droite se fait comme pour un point libre à abscisse entière, le point est alors défini par son abscisse.

sur une demi-droite

Le point est défini par sa distance à l'origine de la demi-droite (créée ou non) relativement à une unité de longueur.

Intersection de deux droites

Intersection d'une droite et d'un plan

Intersection d'une droite et d'un cercle sous-menu

2 points

Création d'un ou des points d'intersection d'une droite et d'un cercle qui ne sont pas nécessairement coplanaires. L'attribution du ou des noms choisis pour les points d'intersection est faite par le logiciel suivant une procédure expliquée dans l'aide.

deuxième point

Un des points d'intersection étant déjà connu, le logiciel crée le deuxième.

Intersection de deux cercles sous-menu

2 points

Création d'un ou des points d'intersection des deux cercles qui ne sont pas nécessairement coplanaires. L'attribution du ou des noms choisis pour les points d'intersection est faite par le logiciel suivant une procédure expliquée dans l'aide.

deuxième point

Un des points d'intersection étant déjà connu, le logiciel crée le deuxième.

Intersection d'une droite et d'une sphère sous-menu

2 points

Création des points d'intersection d'une droite et d'une sphère. L'attribution du ou des noms choisis pour les points d'intersection est faite par le logiciel suivant une procédure expliquée dans l'aide.

deuxième point

Un des points d'intersection étant déjà connu, le logiciel crée le deuxième.

Milieu

Centre (divers) sous-menu

Création de points remarquables d'un triangle défini par ses sommets ou du centre d'un cercle.

Centre de gravité

Cercle inscrit

Cercle circonscrit

Orthocentre

Cercle prédéfini.

Barycentre

Création du barycentre d'un système de points pondérés, le nombre de points étant quelconque.

Point image sous-menu

Création de l'image d'un ou de plusieurs points par une application de l'espace.

transformation déjà créée

symétrie axiale

Il s'agit d'une symétrie orthogonale par rapport à une droite.

symétrie centrale

symétrie par rapport à un plan

translation (vecteur)

translation (point-image)

La translation est définie par la donnée de deux points : un point et son image.

rotation (axe-angle)

homothétie(centre-rapport)

homothétie (centre-point-image)

L'homothétie est définie par la donnée de son centre et d'un point et son image.

projection orthogonale sur une droite

projection orthogonale sur un plan

projection sur un plan parallèlement à une droite

Ligne sous-menu

Droite(s) sous-menu

définies par 2 points

On peut créer simultanément plusieurs droites : on donne la liste des paires de points définissant chaque droite, séparées ou non par un espace.

Parallèle

Création de la parallèle à une autre droite passant par un point.

Perpendiculaire à une droite

Création de la droite perpendiculaire et sécante à une autre droite et passant par un point.

Perpendiculaire à un plan

Création de la droite perpendiculaire à un plan et passant par un point.

Intersection de deux plans

Bissectrice

Création de la droite bissectrice d'un angle de demi-droites de même origine.

Exemple : si les trois points définissant l'angle sont A, B, C dans cet ordre, il s'agit de la bissectrice de l'angle \widehat{ABC} du triangle ABC.

Image d'une droite

Création de l'image d'une droite par une transformation : il est nécessaire d'avoir créé préalablement la transformation par le sous-menu *Transformation* du menu *Créer*.

point et vecteur directeur

Création d'une droite dont on donne un point et un vecteur directeur.

munie d'un repère

Création d'une droite dont on donne un repère défini par un point et un vecteur.

Il faut aussi donner le pas de graduation, nécessaire lorsqu'on choisit de graduer la droite ainsi que les bornes correspondant à la partie dessinée de la droite.

nommée définie par deux points

On utilise cet article lorsqu'on désire donner un nom à une droite définie par deux points.

Demi-droites

On peut créer simultanément plusieurs demi-droites, on donne la liste des couples de points (l'origine et un autre point dans cet ordre) séparés ou non par un espace.

Segments

On peut créer simultanément plusieurs segments, on donne la liste des paires de points (les extrémités), séparées ou non par un espace.

Polygone convexe sous-menu

Polygone convexe défini par ses sommets

Il existe au plus un polygone convexe de sommets un certain nombre de points coplanaires.

Section plane d'un polyèdre

Création du polygone convexe intersection d'un polyèdre convexe et d'un plan.

Image d'un polygone

Création du polygone image d'un polygone par une transformation préalablement créée.

Polygone régulier

Création d'un polygone régulier convexe défini par le nombre de ses côtés, un de ses sommets et son axe.

Polygone défini comme enveloppe convexe

On peut ainsi créer le polygone enveloppe convexe d'une famille de points et polygones coplanaires. Il s'agit du plus petit polygone convexe contenant tous les éléments de la famille.

Cercle sous-menu

Défini par plan, centre et rayon

Défini par plan, centre et un point

Défini par axe et point

Création du cercle situé dans le plan perpendiculaire à l'axe passant par le point, ayant pour centre le point d'intersection de l'axe et du plan, et passant par le point.

Circonscrit

Inscrit

Section d'une sphère par un plan

Création du cercle intersection d'un plan et d'une sphère.

Intersection de deux sphères

Création du cercle intersection de deux sphères.

Arc de cercle

Création d'un arc de cercle d'axe, de point origine et de point extrémité donnés (ces deux points étant nécessairement équidistants de l'axe). L'orientation du plan contenant l'arc de cercle est faite par le logiciel suivant une procédure expliquée dans l'aide. L'arc est alors tracé, dans le sens direct du plan, de l'origine vers l'extrémité.

Courbe sous-menu

Dans les différents articles de ce sous menu, le découpage est un nombre entier compris entre 20 et 1000 pouvant être une variable. Plus ce nombre est grand, mieux la courbe est redessinée, mais plus lent est son tracé.

Lieu d'un point

Permet de créer et tracer la courbe décrite par un point dépendant d'un objet libre (point ou variable numérique) lorsque cet objet décrit son ensemble de référence.

L'objet libre appelé "pilote" doit être soit un point libre sur un segment ou un cercle ou un arc de cercle, soit une variable numérique libre dans un intervalle borné.

Courbe paramétrée

Permet de créer et de tracer dans un repère une courbe définie paramétriquement, le paramètre décrivant un certain intervalle.

L'abscisse X, l'ordonnée Y et la cote Z du point courant sont des expressions.

Le logiciel propose t comme nom du paramètre mais il peut être changé.

Graphe d'une fonction

Permet de créer et de tracer, sur un certain intervalle, la courbe représentative, dans un plan muni d'un repère, d'une fonction numérique définie par une expression, la variable étant X (en majuscule) obligatoirement.

Plan sous-menu

défini par un point et une droite

Création du plan défini par un point donné et une droite donnée.

défini par deux droites

Création du plan défini par deux droites données.

parallèle à un plan

Création du plan passant par un point donné et parallèle à un plan donné .

parallèle à deux droites

Création du plan passant par un point donné et parallèle à deux droites données.

perpendiculaire à une droite

Création du plan passant par un point donné et perpendiculaire à une droite donnée .

médiateur

Création du plan médiateur d'un segment donné.

défini par une équation

Création d'un plan défini par une équation relativement à un repère. X , Y et Z (en majuscule obligatoirement) représentent les coordonnées d'un point quelconque de l'espace, relativement au repère choisi.

Exemples : $X = 3$, $Z = -1$, $2X - 3Y + Z = 0$, $mX + 4Y + Z = 2X - Y + 1$

Pour éviter les ambiguïtés, il ne faut pas utiliser de variable nommée X, Y ou Z dans les coefficients (les renommer si nécessaire).

muni d'un repère

Création d'un plan dont on donne un repère défini par un point et deux vecteurs.

nommé défini par trois points

Nomme un plan défini par trois points donnés.

Transformation sous-menu

Les articles de ce sous-menu permettent de définir certaines transformations géométriques. Ces transformations peuvent ensuite être utilisées pour créer des images de points, de droites, de polyèdres et de cercles.

Symétrie par rapport à un plan

Création d'une symétrie orthogonale définie par son plan.

Symétrie axiale

Création d'une symétrie orthogonale définie par son axe.

Symétrie centrale

Création d'une symétrie centrale définie par son centre.

Translation (vecteur)

Création d'une translation définie par un vecteur.

Translation (point-image)

Création d'une translation définie par deux points : un point et son image.

Rotation (axe-angle)

Création d'une rotation définie par son axe et son angle donné par une mesure exprimée dans l'unité choisie.

Rotation (axe et 2 points)

Création d'une rotation définie par son axe et dont l'angle est défini par un dièdre déterminé par la donnée d'un point dans chacun des deux demi-plans qui le déterminent.

Homothétie (centre-rapport)

Création d'une homothétie définie par son centre et son rapport.

Homothétie (centre-point-image)

Création d'une homothétie définie à l'aide de 3 points : son centre, un point et son image.

Composée de 2 transformations

Numérique sous-menu

Les articles de ce sous-menu permettent la création de variables numériques libres ou liées (résultats de calculs géométriques ou de calculs algébriques), de fonctions numériques, de suites non récurrentes, de suites récurrentes d'ordre 1, de suites récurrentes d'ordre 2.

Variable réelle libre dans un intervalle

Variable réelle libre

Variable entière libre dans un intervalle

Variable entière libre

Dans les articles *Variable réelle libre dans un intervalle* et *Variable entière dans un intervalle*, il faut préciser les bornes de l'intervalle dans lequel varie la variable libre, il s'agit d'un intervalle borné. Ces bornes peuvent elles-mêmes être variables.

À la création le logiciel choisit au hasard un nombre (entier ou réel suivant le cas) de l'intervalle comme valeur de la variable.

Dans les articles *Variable réelle libre* et *Variable entière libre*, à la création le logiciel choisit au hasard un nombre (entier ou réel suivant le cas) comme valeur de la variable.

Calcul géométrique sous-menu

Ce sous-menu propose de créer les scalaires (constantes ou variables liées) suivants :

Rayon d'un cercle

Aire d'un triangle

Distance d'un point à une droite
Distance d'un point à un plan
Angle géométrique
Abscisse d'un point sur une droite
Abscisse d'un point dans l'espace
Ordonnée d'un point dans l'espace
Cote d'un point dans l'espace
Périmètre d'un polygone.

Aire d'un convexe
Volume d'un solide
Abscisse d'un vecteur
Ordonnée d'un vecteur
Cote d'un vecteur

Il faut donner un nom aux scalaires créés (dont la valeur ne pourra être visualisée qu'en créant un affichage). Il faut éventuellement choisir l'unité de longueur, l'unité d'angle, le repère.

Pour *Abscisse d'un point sur une droite*, la droite est donnée soit par les noms de deux points qui définiront le repère de la droite, soit par le nom d'une droite définie comme munie d'un repère, soit par ox ou oy ou oz .

Pour *Angle géométrique*, l'angle géométrique est donné par trois points : on tape BAC pour donner l'angle géométrique de sommet A et de cotés [AB] et [AC]. La mesure est un nombre compris entre 0 et 180 si on est en degrés ou 0 et π si on est en radians.

Pour *Périmètre d'un polygone*, on donne le nom du polygone et non la liste de ses sommets.

Calcul algébrique

Cet article permet de définir une variable réelle calculée par une expression.

Exemples : $2x + f(a)$; $\text{norm}(\text{vec}(u)) - 1/g(x)$; $2AM + 3$.

Fonction numérique

Cet article permet de définir une fonction numérique d'une seule variable réelle. On choisit le nom de la variable muette (une seule lettre) qui doit être différent des noms des autres variables qui interviennent dans l'expression. L'ensemble de définition de la fonction est l'ensemble des valeurs de la variable muette pour lesquelles l'expression peut être calculée.

Exemples : $\sqrt{|x|}$ est définie sur \mathbb{R} ; \sqrt{x} est définie sur $[0 ; +\infty[$; $\frac{\sqrt{x}}{\mu(0 < x < 1)}$ est définie sur $]0 ; 1[$.

Suite non récurrente

Le terme général d'indice n de la suite numérique créée est fonction de l'entier n . Exemple : w suite définie à partir de 4 par $w_n = (-2)^n$.

Suite récurrente d'ordre 1

La suite numérique créée est définie par le premier terme et le terme général fonction du terme précédent et éventuellement de n . Exemple : u suite définie par $u_n = 2u_{n-1} + 5n$ et de premier terme $u_1 = 3$.

Suite récurrente d'ordre 2

La suite numérique créée est définie par le premier et le deuxième terme et le terme général fonction des deux termes précédents et éventuellement de n . Exemple : v suite définie par $v_n = v_{n-1} + v_{n-2}$ et les premiers termes $v_0 = 0$ et $v_1 = 1$.

Repère

Permet de créer un autre repère autre que le repère prédéfini R_{xyz} . Un repère est créé en donnant son origine et les trois vecteurs de base. Un repère n'est pas un objet dessinable, pour le voir, il faut créer ses axes en tant que droites graduées ou non.

Unité de longueur

Permet de créer une autre unité de longueur que U_{xyz} qui est l'unité de longueur liée au repère prédéfini R_{xyz} . Une unité de longueur est définie comme norme d'un vecteur.

Vecteur sous-menu

Un vecteur n'est pas un objet dessinable. Il peut être utilisé dans les expressions numériques ou vectorielles dans les créations d'objets géométriques comme les repères, les translations, etc. Il existe trois vecteurs prédéfinis \vec{i} , \vec{j} et \vec{k} qui sont les vecteurs de base du repère R_{xyz} .

expression vectorielle

Création d'un vecteur par une expression vectorielle.

donné par ses coordonnées

Création d'un vecteur en donnant ses coordonnées dans un repère.

Solide sous-menu

A sa création, un solide est en style non opacifiable. Pour le rendre opacifiable, utiliser la boîte de styles.

Polyèdre convexe sous-menu

défini par ses sommets

On donne la liste de ses sommets (de 4 à 40).

Intersection polyèdre/demi-espace

On donne le plan frontière et un point du demi-espace choisi.

Intersection de deux polyèdres

Image d'un polyèdre

Création de l'image par une transformation déjà créée d'un polyèdre déjà créé.

Prisme régulier

Création d'un prisme défini par son axe, sa hauteur, un sommet et le nombre de côtés du polygone régulier qui lui sert de base.

Pyramide régulière

Création d'une pyramide définie par son axe, sa hauteur, un sommet et le nombre de côtés du polygone régulier qui lui sert de base.

Enveloppe convexe

Création du polyèdre enveloppe convexe d'un ensemble de points définis par une liste de points, de polygones ou de polyèdres.

Sphère

Création d'une sphère définie par son centre et son rayon.

Cylindre

Création d'un cylindre défini par deux points limitant son axe et son rayon. Il s'agit en fait d'un tronc de cylindre et il est forcément droit.

Cône

Création d'un cône défini par son sommet et sa base : centre et rayon. Il est forcément droit.

Tronc de cône

Création d'un tronc de cône défini par ses deux bases : centres et rayons. Il est forcément droit.

Patron d'un polyèdre

Création du patron du polyèdre. En prenant pour coefficient d'ouverture une variable réelle comprise entre 0 et 1 et en la pilotant au clavier, on voit le patron s'ouvrir et se fermer autour du polyèdre. La forme du patron et la façon dont il s'ouvre dépendent de l'ordre des sommets donnés à la création du polyèdre.

Affichage sous-menu

Les articles proposés par ce sous-menu sont :

Variable numérique déjà définie

Longueur d'un segment

Coordonnées d'un point

Equation d'un plan (sous la forme $AX + BY + CZ = D$)

On peut donc faire afficher la valeur d'une variable numérique, la longueur d'un segment, les coordonnées d'un point, une équation d'un plan.

L'affichage est actualisé lorsqu'on modifie les variables de la figure.

Si l'on veut afficher les valeurs d'une fonction, d'une expression algébrique, il faut créer un objet numérique en utilisant l'article *Calcul Algébrique* dans le menu *Créer*, sous-menu *Numérique*.

Si l'on veut afficher une aire, une mesure d'un angle, etc., il faut l'avoir créée comme objet numérique en utilisant le sous-menu *Calcul Géométrique* dans le menu *Créer*, sous-menu *Numérique*.

Les affichages apparaissent dans la partie supérieure de la fenêtre de la figure, dans une zone délimitée par une double ligne que l'on peut déplacer à son gré. On peut même masquer les affichages.

Un affichage n'est pas un objet mathématique mais c'est un objet GeospacW : il a un nom, on peut le colorier, le déplacer, le supprimer, le renommer, le protéger...

Commande sous-menu

Une commande est un ordre ou une suite d'ordres qui sera déclenché par l'appui d'une touche du clavier. Très utiles dans la fabrication d'imagiciels, les commandes permettent d'éviter d'avoir recours aux menus à des moments non opportuns pédagogiquement. De plus certaines actions ne sont accessibles que par commande.

Si l'on associe la même touche à plusieurs commandes, à l'appui de cette touche elles sont exécutées successivement dans l'ordre de leur création.

Les commandes sont des objets GeospacW et elles peuvent être renommées, supprimées, protégées. Elles agissent sur des objets interdits de pilotage. Elles agissent aussi sur des objets protégés ou interdits d'accès sauf si la création de la commande est postérieure à la protection ou l'interdiction d'accès.

Les touches de commandes, à définir à la création de la commande, sont les touches du clavier (une lettre, sans distinguer majuscule de minuscule), un chiffre, un signe ou la barre d'espace, ou une **combinaison de touches** (touche CTRL enfoncée et une autre touche par exemple).

Dessin en bloc

Une commande de dessin en bloc permet de faire apparaître (ou disparaître, c'est une bascule) plusieurs éléments de la figure simultanément, par simple appui sur une touche du clavier.

Dessin par étapes

Une commande de dessin par étapes permet de faire apparaître plusieurs éléments de la figure de façon consécutive par appuis successifs sur une touche du clavier. Un dernier appui sur la même touche fait disparaître l'ensemble.

Trace

Trace à la demande

A la création d'une commande de trace, on définit une liste d'objets dont on veut garder la trace. L'exécution de la commande fait entrer en mode trace avec cette liste.

De même qu'après une entrée en mode trace par le menu, on sort ici du mode trace par la touche **ESC**, l'article du menu *Afficher*, le bouton de sortie du mode trace ou une commande de sortie d'un mode trace.

La sélection des objets dont la trace est à garder reste valable tant qu'elle n'a pas été modifiée par l'utilisation de l'article *Sélection trace* ou par l'emploi d'une autre commande de trace ou de trace à la demande.

Une commande de trace n'agit pas si on est déjà en mode trace.

Sortie d'un mode Trace

Cette commande permet d'obtenir, par simple appui sur une touche, la sortie d'un mode Trace ou Trace à la demande.

Cette commande semble faire double emploi avec les autres moyens de sortie d'un mode trace. En fait, elle est surtout utile aux auteurs d'imaginaires ou de didacticiels et dans les groupements de commandes.

Sélection pour pilotage au clavier

Cette commande permet d'obtenir, par simple appui sur une touche, la sélection de l'objet libre de son choix pour le piloter au clavier.

Affectations calculées

Une commande d'affectations calculées permet de donner des valeurs à des **variables libres** (points ou nombres) par simple appui sur une touche.

A la création de la commande, il faut donner la liste des noms des objets à affecter et la liste des valeurs d'affectation (dans le même ordre évidemment).

Exemple : première liste : A x y
deuxième liste : B $1+\sqrt{5}$ sin(a)

A l'appui de la touche de commande le point libre A ira sur la position du point B, la variable réelle libre x prendra la valeur $1+\sqrt{5}$ et la variable réelle libre y prendra la même valeur que l'expression sin(a).

L'affectation est provisoire puisque les variables restent libres.

Affectations aléatoires

Une commande d'affectations aléatoires permet de donner une position ou une valeur aléatoirement choisie par le logiciel à **certaines objets libres** :

- points libres dans l'espace (la position choisie est dans la fenêtre), dans un plan, sur une droite, une demi-droite, un segment, sur un cercle, sur un arc,
- variables numériques libres dans un intervalle.

L'affectation est provisoire puisque les variables restent libres.

Affectations mémorisées

Une commande d'affectations mémorisées permet de mémoriser à sa création :

- la position de points libres de la figure,
- la valeur de variables numériques libres,
- la position du repère R_{xyz} ,

et de retrouver ces valeurs, après modification, par simple appui sur une touche. C'est un retour à un état mémorisé pour ces objets.

Changement de vue sous-menu

Une commande de changement de vue permet de sélectionner et de restituer par simple appui sur une touche une vue particulière de la figure.

par mémorisation

mémorise la vue actuelle.

par choix d'un plan de face

met un plan de face en n étapes (n à choisir).

par rotation relative

fait tourner la figure autour d'un axe défini par un vecteur de la figure.

par rotation absolue

fait tourner la figure autour d'un axe défini par un vecteur donné par ses coordonnées par rapport au repère de l'écran.

Créations itératives

Une commande de créations itératives permet d'exécuter des suites de créations basées sur le même algorithme de construction. La confection d'une telle commande est un peu délicate. Pour bien la comprendre, il est conseillé de se reporter à l'exemple donné dans l'aide.

Attention : l'exécution d'une commande de création itérative crée de nouveaux objets et modifie la commande elle-même (penser à regarder les rappels ou le texte de la figure). Il faut sauvegarder la figure **avant** de faire agir la commande. (On peut aussi utiliser l'article *Dupliquer la figure* du menu *Fenêtre*).

La suppression des objets ainsi créés ne peut se faire que par l'article *Supprimer* ou en agissant sur le texte de la figure (ou en rechargeant la figure...).

Cette commande ne peut reproduire ni des objets prédéfinis, ni des commandes, ni des affichages.

Répétition de commandes

Une telle commande permet de répéter un nombre fixé de fois une suite de commandes. On peut choisir un délai minimum (exprimé en millisecondes) entre deux répétitions afin de ralentir l'exécution de la commande si nécessaire.

On peut, pendant l'exécution d'une commande de répétition, travailler sur une autre figure ou même avec un autre logiciel. On peut interrompre l'exécution d'une commande de répétition en appuyant sur la touche de la commande ou en appuyant sur la touche **ESC** (interruption de toutes les exécutions de commande en cours, un deuxième appui faisant sortir du mode Trace s'il y a lieu).

Il faut éviter de faire figurer dans la suite des commandes à répéter une commande agissant en bascule car l'effet risque d'être surprenant.

Projection oblique paramétrée

Cette commande permet d'obtenir une vue en projection oblique du dessin de la figure, la projection voulue étant définie par la donnée de l'abscisse et de l'ordonnée du projeté d'un vecteur unitaire normal à l'écran. En donnant 0 pour l'abscisse et pour l'ordonnée on définit en fait une commande de vue en projection orthogonale.

Menu PILOTER

Tous les articles de ce menu sont attachés à la figure et sauvegardés avec elle. Ils peuvent être supprimés par l'article *Modifier les menus*.

Les points libres sont pilotables à la souris ou au clavier, les variables numériques libres ne sont pilotables qu'au clavier. Lorsqu'on désire piloter un objet libre au clavier, il faut le sélectionner.

Piloter au clavier

Dans la liste des objets libres qui apparaît dans la boîte (c'est à dire les objets libres non interdits de pilotage et d'accès non interdit), on sélectionne, à l'aide de la souris, l'objet que l'on veut piloter au clavier.

Le dernier objet sélectionné reste pilotable au clavier tant qu'il n'est pas remplacé par un autre, soit par cet article, soit par l'utilisation d'une commande de sélection pour pilotage au clavier.

Modifier les paramètres de pilotage au clavier

Lorsqu'un objet est sélectionné pour le pilotage au clavier, on peut modifier les paramètres de pilotage pour définir son déplacement élémentaire. Ces nouveaux paramètres restent attachés à l'objet, et on les retrouve donc chaque fois que l'on sélectionne à nouveau cet objet pour le piloter au clavier.

Boucler le pilotage

Cet article, qui concerne uniquement une *variable numérique libre dans un intervalle*, permet de choisir un mode de pilotage tel que lorsqu'une borne de l'intervalle est atteinte la valeur suivante de la variable est l'autre borne.

Tant qu'on ne l'a pas supprimée par l'article *Déboucler le pilotage*, cette propriété reste attachée à l'objet, et on la retrouve donc chaque fois que l'on sélectionne à nouveau cet objet pour le piloter au clavier.

Remarque : Le pilotage en boucle des variables réelles et entières n'est pas tout à fait le même. Si, par exemple l'intervalle est $[0,10]$, pour une variable réelle les valeurs sont calculées modulo 10 (la longueur de l'intervalle) et pour une variable entière modulo 11 (le nombre d'entiers de l'intervalle), cela afin de permettre à tous les entiers de l'intervalle d'être atteints. Ainsi, lorsque le pas est 1 et qu'on augmente la variable d'un pas, la valeur suivante de 10 sera 1 pour une variable réelle et 0 pour une variable entière.

Déboucler le pilotage

Voir l'article précédent.

Affecter une variable numérique libre

On peut donner momentanément une valeur à une variable numérique libre. Elle reste libre.

Exemple : x et a sont deux variables libres. Lorsqu'on affecte a à x , x prend la valeur actuelle de a . Si ensuite on modifie a , la valeur de x ne changera donc pas. On peut toujours modifier x .

La valeur d'affectation doit être compatible avec la définition de l'objet à affecter. Par exemple, on ne peut donner à une variable entière qu'une valeur entière appartenant à l'intervalle dans lequel elle a été définie.

Placer un point libre sur un point

Un point libre peut être placé momentanément en la position actuelle d'un point déjà créé. Il reste libre.

Exemple : A et B sont deux points libres. On affecte B à A . Lorsqu'on bouge B , A ne bouge pas et lorsqu'on bouge A , B ne bouge pas.

La valeur d'affectation doit être compatible avec la définition de l'objet à affecter. Par exemple, un point libre sur un cercle ne peut être affecté qu'en un point du même cercle.

Placer un point libre par coordonnées

Un point libre peut être placé momentanément en un point de l'espace donné par ses coordonnées relativement au repère choisi. Il reste libre.

Exemple : x , y et z sont trois variables numériques et A un point libre. On affecte à A les coordonnées (x,y,z) . Lorsqu'on modifie x , y ou z , A ne bouge pas.

La valeur d'affectation doit être compatible avec la définition de l'objet à affecter. Par exemple, un point à coordonnées entières ne peut être affecté que par coordonnées entières, un point sur droite ne peut être affecté qu'en un point de la droite etc.

Temps actif (bascule)

Il existe une variable prédéfinie de nom t_{ime} destinée à recevoir l'heure (exprimée en secondes) donnée par l'horloge de l'ordinateur. On utilise cette variable chaque fois qu'on veut faire des actions qui dépendent du temps.

Cet article permet de rendre effective l'actualisation de la valeur t_{ime} par l'horloge de l'ordinateur. Par défaut, t_{ime} est alors actualisée toutes les 100 millisecondes. L'article *Rythme de lecture du temps* permet de modifier ce délai.

Rythme de lecture du temps

Cet article permet de définir le délai, exprimé en millisecondes, entre deux actualisations de la variable t_{ime} par l'horloge de l'ordinateur (cf. l'article ci-dessus).

Importer

Lorsque plusieurs figures GeospacW sont ouvertes, on peut transmettre de l'une à l'autre des valeurs pour certaines variables. La figure active exporte les valeurs de ses variables numériques vers toute figure "importatrice".

Une figure devient "importatrice" lorsqu'on coche l'option *Importer* du menu *Piloter* de cette figure. Dans ce cas, si la figure active contient des variables numériques, a et b par exemple, et que la figure "importatrice" contient des **variables réelles libres** de même nom, a et b, alors les valeurs de ces variables seront celles des variables a et b de la figure active.

Exemple :

Figure 1 : une variable réelle libre dans $[0,10]$ appelée R, la sphère S de centre o et de rayon R. La variable numérique V, volume du solide S.

Figure 2 : deux réels libres R et V et, dans le plan oxy muni du repère standard (o, \vec{i}, \vec{j}) et mis de face, le point M de coordonnées (R, V).

On rend la figure 2 "importatrice". Lorsqu'on pilote le rayon R de la figure 1, le point M de la figure 2 est modifié en conséquence, et en demandant sa trace, on peut voir les variations de V en fonction de R.

Menu AFFICHER

Tous les articles de ce menu sont attachés à la figure et sauvegardés avec elle. Ils peuvent être supprimés par l'article *Modifier les menus*.

Sélection Trace

Cet article permet, dans la liste des objets non interdits d'accès qui s'affiche à l'écran, d'effectuer la sélection des objets qui seront concernés, par la suite, par le **Mode trace** ou le **Mode trace à la demande**.

Mode Trace (bascule)

Il s'agit d'une bascule permettant de se mettre en **Mode trace**, ou de quitter ce mode.

En **Mode trace**, la trace des objets dessinés dont la sélection a été faite (soit par l'article *Sélection trace*, soit par l'utilisation d'une *commande de trace* ou de *trace à la demande*) est laissée à l'écran lorsqu'on modifie un objet libre. Quand on quitte le **mode trace**, les traces sont effacées.

Mode Trace à la demande (bascule)

Cette bascule permet de se mettre en *Mode trace à la demande*, ou de quitter ce mode.

En *Mode trace à la demande*, lorsqu'on pilote un objet libre, les objets sélectionnés et dessinés ne laissent de trace que si on appuie sur la touche *Entrée*. La sélection des objets a été faite soit par l'article *Sélection trace*, soit par l'utilisation d'une *commande de trace* ou *de trace à la demande*. Quand on quitte le *mode trace à la demande*, les traces sont effacées.

Rappels

On obtient par cet article la liste et la définition de tous les objets de la figure GeospacW non interdits d'accès (les objets prédéfinis au début de la liste, puis les objets qui ont été construits puis les affichages et enfin les commandes).

Dans cette liste, toutes les formules mathématiques sont dessinées comme le veut l'usage alors que, dans le texte de la figure que l'on peut consulter par l'article *Editer texte figure* du menu *Editer*, elles sont écrites en ligne.

Commentaire (bascule)

On peut faire apparaître (ou disparaître) un commentaire concernant la figure. Il est nécessaire d'avoir préalablement créé le texte du commentaire en passant par l'article *Editer commentaire* du menu *Editer*.

Noms des points affichés (bascule)

Cette bascule permet de faire apparaître ou disparaître sur l'écran tous les noms des points de la figure si leur style le permet.

Séparer les noms des points

On peut ainsi espérer obtenir un dessin plus net en séparant les noms des points quand ils sont trop proches. Il est réalisé à partir des positions en cours des points de la figure. On peut donc être amené à recommencer lorsque les positions des points ont changé.

Repère Rxyz affiché (bascule)

On fait apparaître ou disparaître le repère prédéfini R_{xyz} sauf s'il est protégé.

Traits épais (bascule)

Cette bascule permet d'obtenir des gros caractères et des gros traits ou de revenir à des traits fins.

Agrandir

On peut agrandir le dessin par une homothétie centrée au centre de l'écran : le rapport entre la taille du dessin et celle de la fenêtre est multiplié par 1.2. On peut ensuite revenir au cadrage précédent à l'aide de l'article *Réduire*.

Réduire

Il s'agit de réduire le dessin par une homothétie centrée au centre de l'écran : le rapport entre la taille du dessin et celle de la fenêtre est divisé par 1.2. On peut ensuite revenir au cadrage précédent à l'aide de l'article *Agrandir*.

Figure en fil de fer (bascule)

Il existe trois modes d'affichage : le mode "fil de fer", le mode "opaque" (les parties cachées sont non dessinées) et le mode "parties cachées en pointillé".

Si l'article *figure en fil de fer* est coché (le texte de la figure contient la phrase "Figure en fil de fer"), tous les objets de la figure sont transparents, rien n'est caché.

Si l'article *figure en fil de fer* n'est pas coché, le mode dépend de l'article *Parties cachées en pointillé*.

Le passage en mode "fil de fer" peut être obtenu directement à l'aide du bouton



de la barre d'outils. Il se transforme en  sur lequel on peut appuyer pour revenir au mode "fil de fer".

Parties cachées en pointillé (bascule)

Cet article est grisé, et donc non accessible, lorsqu'on est en mode "fil de fer".

Lorsqu'il est coché (le texte de la figure contient la phrase "Parties cachées en pointillé"), les parties cachées par les objets de style opacifiable sont dessinées en pointillé selon les conventions habituelles.

Dans le cas contraire (c'est le cas par défaut et le fait d'être dans ce cas n'est pas mentionné dans le texte de la figure) les parties cachées par les objets de style opacifiable ne sont pas dessinées.

Le bouton 

de la barre d'outils permet d'activer cet article. Il se transforme en



qui permet de le désactiver.

Plan isolé (bascule)

Cet article permet de ne dessiner à l'écran que les objets de la figure qui sont dans un plan. Ce plan peut être mis de face ou non. On revient au dessin complet par le même article ou en utilisant la touche Esc (ou Echap).

Le bouton 

de la barre d'outils permet d'activer cet article. Il se transforme en



qui permet de le désactiver.

Menu DIVERS

Tous les articles de ce menu sont attachés à la figure et sauvegardés avec elle. Ils peuvent être supprimés par l'article *Modifier les menus*.

Style crayon

Accessible également par un bouton de la barre d'outils, cet article permet de modifier les caractéristiques de dessin des objets : les couleurs, l'épaisseur et le type des traits, l'affichage et la position des noms des points, les hachures, la présentation du repère R_{xyz} , etc.

On sélectionne d'abord un style dans la boîte de styles, puis on l'applique aux objets que l'on désigne soit avec la souris sur le dessin, soit dans une liste (bouton R).

Limiter des dessins

Cet article permet de limiter le dessin d'une partie de la figure à l'intérieur d'un convexe (solide, polygone convexe, cercle) déjà créé. C'est une modification de dessin, aucun nouvel objet n'est créé.

Si on limite le dessin d'un convexe de style opaque ou hachuré il perd son pouvoir cachant (mais pas son style). Si on supprime un convexe, on supprime les limitations éventuelles faites avec ce convexe.

Ne pas limiter des dessins

On utilise cet article soit pour supprimer les limitations de dessin à un convexe, soit pour savoir quels sont les objets dont les dessins sont limités.

Modifier/Dupliquer

Permet d'obtenir la boîte de dialogue pré-remplie correspondant à un objet donné, soit pour modifier les caractéristiques de l'objet, soit pour utiliser la boîte pour créer rapidement un objet de même nature et de caractéristiques voisines.

Lorsqu'on l'utilise plusieurs fois, le nom du précédent objet modifié est proposé par défaut.

Répéter

Active le dernier article de menu utilisé.

Supprimer

On sélectionne les objets à supprimer dans une liste. Ceux qui en dépendent seront supprimés en même temps.

En cas d'erreur, utiliser l'article *Annuler* du menu *Editer*.

Renommer

Il est possible de modifier le nom des objets créés, sauf les droites définies par deux points, les segments, et les demi-droites, dont le nom est fabriqué à partir des noms des points. On donne la liste des objets à renommer et la liste des nouveaux noms. Des échanges sont possibles (par exemple A B C à renommer B C D).

Historique

Efface provisoirement le dessin de la figure, puis permet de faire défiler les définitions des objets créés avec leur dessin à la demande, lorsqu'ils sont dessinables. Ce déroulement peut être interrompu avant que tous les objets aient défilé.

Filtrer sous-menu

Interdire piloter

Permet d'interdire le pilotage de certains objets libres (points ou variables numériques) et non protégés. Ils sont alors momentanément "bloqués". On ne peut plus les modifier ni par la souris, ni par le clavier, ni par affectation.

Autoriser piloter

Permet de supprimer une interdiction de pilotage pour un objet non protégé.

Interdire accès

Permet d'interdire l'accès à certains objets. On ne pourra pas les utiliser pour créer d'autres objets. Ils ne figureront plus dans les rappels des objets construits ni dans les rappels utiles, ni dans l'historique. Ils ne pourront plus être redessinés s'ils ont été effacés, affectés s'ils sont variables. On peut ainsi cacher certains objets comme des cibles, des solutions etc.

Autoriser accès

Permet de rétablir l'accès à certains objets dont l'accès a été interdit et qui n'ont pas été protégés.

Protéger

Permet de protéger des éléments de la figure. Ils ne peuvent plus alors être modifiés ni par la boîte de styles ni par l'article *Modifier/Dupliquer*, ni redéfinis, ni supprimés, ni renommés. Les antécédents des éléments protégés ne sont pas automatiquement protégés, mais on ne peut pas les supprimer. On peut ainsi fournir une figure de base que l'on peut enrichir mais dont on ne peut pas détériorer les éléments essentiels.

Déprotéger

Sert à supprimer une protection réalisée avec l'article *Protéger*.

Modifier les menus

Permet de supprimer parmi les menus *Créer*, *Piloter*, *Afficher*, *Divers*, *Vues* et *Editer*, les articles de son choix. La modification des menus n'affecte que la figure active et elle est attachée à cette figure (et sauvegardée avec elle). Un menu ou un sous-menu n'ayant plus d'articles ou de sous-menus est supprimé.

Pour modifier les menus, il suffit de sélectionner ce que l'on veut supprimer dans la liste présentée. L'appui sur le bouton OK effectuera la suppression.

Pour rétablir des articles, on procède de la même façon en sélectionnant les articles précédés d'un NON que l'on veut rétablir.

Remarques : Si on a supprimé l'article *Modifier les menus* on ne peut évidemment plus rétablir les menus. On peut passer par l'édition de la figure en texte, sauf si on a supprimé aussi cet article. Il y a alors quand même une solution : sauver la figure concernée, prendre une nouvelle figure, ouvrir son éditeur de texte, charger depuis l'éditeur la figure initiale, supprimer les options interdites concernées, exécuter. On peut aussi lire le texte de la figure à partir de n'importe quel éditeur de texte.

Si l'on souhaite supprimer des articles des menus *Fichier*, *Fenêtre* et *Aide* ou avoir une nouvelle figure dont les menus sont modifiés, il est nécessaire de lancer GeospacW avec un fichier de configuration créé préalablement à l'aide de l'article *Préférences* du menu *Fichier*.

Menu ÉDITER

Tous les articles de ce menu sont attachés à la figure et sauvegardés avec elle. Ils peuvent être supprimés par l'article *Modifier les menus*.

Copier image (automatique)

Permet de copier la figure active afin de pouvoir coller ensuite cette image dans un autre document. La taille de l'image est calculée par GeospacW et prend en compte la dimension de la fenêtre (si c'est possible, l'image occupera à l'écran dans un autre logiciel la même place que sous GeospacW).

Copier image (ajustée)

Permet de copier la figure active afin de pouvoir coller ensuite cette image dans un autre document en précisant ses dimensions. On choisit la taille de l'image en fixant soit la taille de l'unité de longueur du repère prédéfini soit la taille de la largeur de la fenêtre. Dans le premier cas, on privilégie la taille des objets (segments, cercles...) et dans le second cas on privilégie l'encombrement global de la figure.

Copier rappels sélectionnés

Permet de copier une partie des rappels des objets construits afin de pouvoir les coller ensuite dans un autre document sous le format d'une image dont la taille est déterminée par GeospacW.

Editer texte figure

Les figures GeospacW sont sauvegardées en texte (on peut voir le contenu des fichiers de figure avec un logiciel de traitement de texte –bloc notes de Windows par exemple–).

Cet article permet de travailler directement sur le texte de la figure active puis de le faire exécuter par GeospacW. La fenêtre qui s'ouvre est un "éditeur" qui possède ses propres menus ; elle contient toutes les phrases de la figure y compris les phrases du commentaire. En particulier, pour que les modifications soient prises en compte dans le texte de la figure, il faut utiliser le menu *Exécuter*.

Editer commentaire

Permet d'écrire ou de modifier un texte appelé "Commentaire" destiné comme son nom l'indique à commenter la figure. L'article *Commentaire* du menu *Afficher* permet de voir ce texte dessiné (ce qui transforme en particulier l'écriture des formules mathématiques). La fenêtre qui s'ouvre est un "éditeur" qui possède ses propres menus. En particulier, pour que les modifications soient prises en compte dans le texte de la figure, il faut utiliser le menu *Actualiser*.

Annuler

Permet d'annuler certaines actions venant juste d'être exécutées par menu comme créer, supprimer, modifier, protéger, filtrer, renommer, affecter un objet, modifier le pas de pilotage, modifier les menus. Par contre on ne peut pas annuler un déplacement d'objets, un changement de cadrage ou une action faite par une commande.

Annuler annuler

Cet article permet de revenir à l'état précédant une annulation qui vient d'être effectuée.

Limiter image (bascule)

Permet de faire apparaître (ou disparaître) un double cadre, modifiable à la souris, qui permet de définir la partie de l'écran (l'image) que l'on souhaite copier dans le presse-papiers ou imprimer.

On peut aussi faire apparaître le double cadre en appuyant sur le bouton  de la barre d'outils. Ce bouton se transforme en  qui permet de faire disparaître le cadre.

Menu VUES

Tous les articles de ce menu sont attachés à la figure et sauvegardés avec elle. Ils peuvent être supprimés par l'article *Modifier les menus*.

A chaque instant, ce que l'on voit à l'écran est une représentation d'une figure de l'espace. Appelons ça une "vue". En modifiant les paramètres d'observation⁹ de la figure on peut obtenir différentes "vues" de la figure¹⁰.

Vue initiale (CTRL F1)

C'est celle obtenue lors du chargement de la figure (elle est choisie par l'auteur de cette figure).

Vue standard avec oyz de face (F7)

Le plan oyz défini par le repère R_{xyz} est de face.

Vue standard avec oxy de face (F8)

Le plan oxy défini par le repère R_{xyz} est de face.

Vue standard avec oxz de face (F9)

Le plan oxz défini par le repère R_{xyz} est de face.

Vue avec un autre plan de face

Tout plan déjà créé ou défini par trois points peut être mis de face. Les rotations de la maquette virtuelle ne le maintiendront de face que si l'on coche l'article *Plan de face maintenu de face*.

Plan de face maintenu de face (bascule)

A chaque instant, il y a un plan passant par o qui est de face. Au moment où l'on choisit cet article, c'est ce plan qui sera maintenu de face lors des rotations de la maquette virtuelle. Si l'on déplace la souris en maintenant le bouton droit appuyé, la maquette virtuelle ne pourra tourner qu'autour d'un axe orthogonal à l'écran. Avec les flèches du clavier, seule la rotation autour d'un axe orthogonal à l'écran sera possible.

Le bouton  de la barre d'outils permet d'activer cet article. Il se transforme en  qui permet de le désactiver.

⁹ Les paramètres d'observation sont :

- les trois angles de rotation définissant la position du repère R_{xyz} par rapport au repère absolu,
- les deux paramètres définissant la position de o dans la fenêtre,
- les paramètres définissant la projection oblique si on est en projection oblique.

¹⁰ Voir page 16

Vue précédente (F11) Vue suivante (F12)

Qu'ils soient obtenus par les articles précédents ou en faisant directement "tourner la figure" à l'aide des flèches du clavier, tous les changements de vues sont mémorisés automatiquement (avec un maximum de 1000 vues mémorisées). On peut

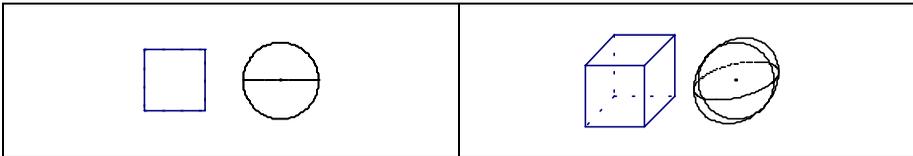
refaire défiler ces vues, dans un sens ou dans un autre. Les boutons   de la barre d'outils ont la même action.

Projection oblique

Dans GeospacW, la représentation des figures de l'espace sur un plan (ici l'écran) utilise une projection qui est, par défaut, la projection orthogonale sur le plan de l'écran¹¹.

On peut aussi utiliser une projection oblique dont la direction est paramétrable (voir article suivant).

Voici un exemple¹² : la figure de l'espace, représentée ici à gauche en projection orthogonale et à droite en projection oblique, est la même. Un cube, une sphère de centre o , et deux cercles intersection de cette sphère par les plans oyz et oxy . Une des faces du cube est "de face".



Paramètres de projection

On définit la projection par les coordonnées dans le repère lié à l'écran¹³ du projeté sur le plan de l'écran du vecteur unitaire orthogonal au plan de l'écran et dirigé vers l'avant.

Par défaut les coordonnées utilisées sont $(-0.3 ; -0.3)$.

Si l'on choisit $(0 ; 0)$ la projection définie est la projection orthogonale sur le plan de l'écran.

¹¹ Voir page 17

¹² Cf. exemple pages 11 et 61

¹³ L'axe des abscisses est horizontal, passe par o et est dirigé vers la droite et l'axe des ordonnées est vertical, passe par o et est dirigé vers le haut.

Menu FENÊTRE

Tous les articles de ce menu sont indépendants des figures. Les trois derniers peuvent être supprimés en utilisant un fichier de configuration. Les quatre premiers sont classiques pour un logiciel "multi-fenêtres" sous Windows et ne figurent plus dans le menu lorsque GeospacW est lancé avec l'option Mono-fenêtre (avec cette option, le menu *Fenêtre* est remplacé par le menu *Aspect*).

Ce menu donne aussi la liste des fenêtres, donc des figures, ouvertes.

Dupliquer la figure

Cet article permet de créer automatiquement une "copie" de la figure active, c'est à dire une nouvelle figure (Sans Nom n°...) dont le texte est exactement le même que celui de la figure active. Toutes les figures ouvertes sont automatiquement mises en mosaïque. Une fois créée, la copie devient une figure indépendante. Cet article peut être utile, par exemple, pour voir simultanément deux vues différentes d'un même objet, ou pour voir en même temps la figure en projection orthogonale et en projection oblique.

Cascade

Si plusieurs figures GeospacW sont ouvertes, chacune dans une fenêtre, cet article positionne les fenêtres en cascade c'est à dire l'une sous l'autre avec un léger décalage pour tous les titres.

Mosaïque

Si plusieurs figures GeospacW sont ouvertes, chacune dans une fenêtre, cet article positionne les fenêtres en mosaïque c'est à dire juxtaposées de façon à occuper tout l'écran.

Arrange icônes

Si des figures ont été mises en icônes, cet article redispense les icônes.

Fermer tout

Ferme toutes les fenêtres, donc toutes les figures. S'il y a lieu et si cette option n'a pas été supprimée par un fichier de configuration, la sauvegarde de chaque figure est proposée avant sa fermeture.

Barre d'outils sous-menu

Quatre articles (**cachée**, **horizontale**, **à gauche**, **à droite**) permettent de modifier la position de la barre d'outils sur l'écran ou même de la faire disparaître.

Plein écran

Permet que le dessin de la figure GeospacW occupe tout l'écran. Il n'y a plus de menu ni de barre d'outils. Un bouton en haut de l'écran permet de les récupérer.

Fond Noir

Bascule qui permet de changer la couleur (blanc ou noir) du fond de toutes les figures ouvertes en cours de travail.

Menu AIDE

Ce menu est indépendant des figures. Il peut être supprimé en utilisant un fichier de configuration

Index

Permet d'accéder à l'aide générale de GeospacW.

A propos de GeospacW

Etat mémoire

Cet article donne le taux d'occupation de la mémoire.

Organisation des menus

Dans ce texte présenté sur deux colonnes, les menus de premier niveau sont écrits en rouge, les sous-menus en gras et les articles n'ont pas d'enjolivement. Chaque menu, sous-menu ou article est précédé du numéro qui le désigne dans le texte de la figure.

Par exemple on peut trouver dans le texte de la figure la phrase :

options interdites : 2-1-1 2-1-11-1.

Cette phrase supprime des menus, le sous-menu *Point libre* et l'article *transformation déjà créée* du sous-menu *Point image par*.

1 FICHIER

- 1-1 Nouvelle figure
- 1-2 Charger une figure
- 1-3 Fermer la figure
- 1-4 Enregistrer la figure
- 1-5 Enregistrer la figure sous
- 1-6 Imprimer
- 1-7 Configurer l'imprimante
- 1-8 Préférences
- 1-9 Quitter GeospacW

2 CRÉER

2-1 Point

2-1-1 Point libre

- 2-1-1-1 dans l'espace
- 2-1-1-2 dans un plan
- 2-1-1-3 sur une droite
- 2-1-1-4 sur une demi-droite
- 2-1-1-5 sur un segment
- 2-1-1-6 sur un cercle
- 2-1-1-7 sur un arc
- 2-1-1-8 à coordonnées entières
- 2-1-1-9 à abscisse entière
- 2-1-1-10 dans un polygone
- 2-1-1-11 sur une sphère

2-1-2 Point repéré

- 2-1-2-1 dans l'espace
- 2-1-2-2 dans un plan
- 2-1-2-3 sur une droite
- 2-1-2-4 sur une demi-droite

2-1-3 Intersection 2 droites

2-1-4 Intersection droite-plan

2-1-5 Intersection droite-cercle

- 2-1-5-1 2 points

- 2-1-5-2 deuxième point

2-1-6 Intersection 2 cercles

- 2-1-6-1 2 points
- 2-1-6-2 deuxième point

2-1-7 Intersection droite-sphère

- 2-1-7-1 2 points
- 2-1-7-2 deuxième point

2-1-8 Milieu

2-1-9 Centre (divers)

- 2-1-9-1 Centre de gravité
- 2-1-9-2 Cercle inscrit
- 2-1-9-3 Cercle circonscrit
- 2-1-9-4 Orthocentre
- 2-1-9-5 Cercle prédéfini

2-1-10 Barycentre

2-1-11 Point image par

- 2-1-11-1 transformation déjà créée
- 2-1-11-2 symétrie axiale
- 2-1-11-3 symétrie centrale
- 2-1-11-4 symétrie par rapport à un plan
- 2-1-11-5 translation (vecteur)
- 2-1-11-6 translation (point-image)
- 2-1-11-7 rotation (axe-angle)
- 2-1-11-8 homothétie (centre-rapport)
- 2-1-11-9 homothétie (centre-point-image)
- 2-1-11-10 projection orthogonale sur une droite
- 2-1-11-11 projection orthogonale sur un plan
- 2-1-11-12 projection sur un plan parallèlement à une droite

2-2 Ligne

2-2-1 Droite(s)

- 2-2-1-1 définies par 2 points
- 2-2-1-2 Parallèle

- 2-2-1-3 Perpendiculaire à une droite
- 2-2-1-4 Perpendiculaire à un plan
- 2-2-1-5 Intersection de deux plans
- 2-2-1-6 Bissectrice
- 2-2-1-7 Image d'une droite
- 2-2-1-8 point et vecteur directeur
- 2-2-1-9 munie d'un repère
- 2-2-1-10 nommée définie par deux points

2-2-2 Demi-droites

2-2-3 Segments

2-2-4 Polygone convexe

- 2-2-4-1 défini par ses sommets
- 2-2-4-2 Section d'un polyèdre par un plan
- 2-2-4-3 Image d'un polygone
- 2-2-4-4 Polygone régulier
- 2-2-4-5 Enveloppe convexe

2-2-5 Cercle

- 2-2-5-1 défini par plan, centre et rayon
- 2-2-5-2 Défini par plan, centre et un point
- 2-2-5-3 Défini par axe et point
- 2-2-5-4 Circonscrit
- 2-2-5-5 Inscrit
- 2-2-5-6 Section d'une sphère par un plan
- 2-2-5-7 Intersection de deux sphères

2-2-6 Arc de cercle

2-2-7 Courbe

- 2-2-7-1 Courbe paramétrée
- 2-2-7-2 Lieu d'un point
- 2-2-7-3 Graphé d'une fonction

2-3 Plan

- 2-3-1 défini par un point et une droite
- 2-3-2 défini par deux droites
- 2-3-3 parallèle à un plan
- 2-3-4 parallèle à deux droites
- 2-3-5 perpendiculaire à une droite
- 2-3-6 médiateur
- 2-3-7 défini par une équation
- 2-3-8 muni d'un repère
- 2-3-9 nommé défini par trois points

2-4 Transformation

- 2-4-1 Symétrie par rapport à un plan
- 2-4-2 Symétrie axiale
- 2-4-3 Symétrie centrale
- 2-4-4 Translation (vecteur)
- 2-4-5 Translation (point-image)
- 2-4-6 Rotation (axe-angle)
- 2-4-7 Rotation (axe et deux points)
- 2-4-8 Homothétie (centre-rapport)
- 2-4-9 Homothétie (centre-point-image)
- 2-4-10 Composée de 2 transformations

2-5 Numérique

- 2-5-1 Variable réelle libre dans un intervalle
- 2-5-2 Variable réelle libre
- 2-5-3 Variable entière libre dans un intervalle
- 2-5-4 Variable entière libre

2-5-5 Calcul géométrique

- 2-5-5-1 Rayon d'un cercle
- 2-5-5-2 Distance d'un point à une droite
- 2-5-5-3 Distance d'un point à un plan
- 2-5-5-4 Aire d'un triangle
- 2-5-5-5 Aire d'un convexe
- 2-5-5-6 Volume d'un solide
- 2-5-5-7 Angle géométrique
- 2-5-5-8 Abscisse d'un point sur une droite
- 2-5-5-9 Abscisse d'un point dans l'espace
- 2-5-5-10 Ordonnée d'un point dans l'espace
- 2-5-5-11 Cote d'un point dans l'espace
- 2-5-5-12 Abscisse d'un vecteur
- 2-5-5-13 Ordonnée d'un vecteur
- 2-5-5-14 Cote d'un vecteur
- 2-5-5-15 Périmètre d'un polygone

2-5-6 Calcul algébrique

2-5-7 Fonction numérique

2-5-8 Suite non récurrente

2-5-9 Suite récurrente d'ordre 1

2-5-10 Suite récurrente d'ordre 2

2-6 Repère

2-7 Unité de longueur

2-8 Vecteur

2-8-1 expression vectorielle

2-8-2 donné par ses coordonnées

2-9 Solide

2-9-1 Polyèdre convexe

- 2-9-1-1 défini par ses sommets
- 2-9-1-2 Intersection polyèdre/demi-espace
- 2-9-1-3 Intersection de deux polyèdres
- 2-9-1-4 Image d'un polyèdre
- 2-9-1-5 Prisme régulier
- 2-9-1-6 Pyramide régulière
- 2-9-1-7 Enveloppe convexe

2-9-2 Sphère

2-9-3 Cylindre

2-9-4 Cône

2-9-5 Tronc de cône

2-9-6 Patron de polyèdre

2-10 Affichage

- 2-10-1 Variable numérique déjà définie
- 2-10-2 Longueur d'un segment
- 2-10-3 Coordonnées d'un point
- 2-10-4 Equation d'un plan

2-11 Commande

- 2-11-1 Dessin en bloc
- 2-11-2 Dessin par étapes
- 2-11-3 Trace
- 2-11-4 Trace à la demande
- 2-11-5 Sortie d'un mode Trace
- 2-11-6 Sélection pour pilotage au clavier
- 2-11-7 Affectations calculées
- 2-11-8 Affectations aléatoires
- 2-11-9 Affectations mémorisées
- 2-11-10 Changement de vue**
 - 2-11-10-1 par mémorisation
 - 2-11-10-2 par choix d'un plan de face
 - 2-11-10-3 par rotation relative
 - 2-11-10-4 par rotation absolue
- 2-11-11 Création itérative
- 2-11-12 Répétition de commandes
- 2-11-13 Projection oblique paramétrée

3 PILOTER

- 3-1 Piloter au clavier
- 3-2 Modifier paramètres de pilotage au clavier
- 3-3 Boucler le pilotage
- 3-4 Déboucler le pilotage
- 3-5 Affecter une variable numérique libre
- 3-6 Placer un point libre sur un point
- 3-7 Placer un point libre par coordonnées
- 3-8 Temps actif
- 3-9 Rythme de lecture du temps
- 3-10 Importer

4 AFFICHER

- 4-1 Sélection trace
- 4-2 Mode trace (bascule)
- 4-3 Mode trace à la demande (bascule)
- 4-4 Rappels (F2)
- 4-5 Commentaire (F3)
- 4-6 Noms des points affichés (F4)
- 4-7 Séparer les noms des points (F5)
- 4-8 Repère Rxyz affiché (F6)
- 4-9 Traits épais
- 4-10 Agrandir (>)
- 4-11 Réduire (<)
- 4-12 Figure en fil de fer
- 4-13 Parties cachées en pointillé
- 4-14 Plan isolé

5 DIVERS

- 5-1 Style crayon
- 5-2 Limiter des dessins

- 5-3 Ne pas limiter des dessins
- 5-4 Modifier/Dupliquer (Ctrl M)
- 5-5 Répéter (Ctrl B)
- 5-6 Supprimer
- 5-7 Renommer
- 5-8 Historique

5-9 Filtrer

- 5-9-1 Interdire piloter
- 5-9-2 Autoriser piloter
- 5-9-3 Interdire accès
- 5-9-4 Autoriser accès
- 5-10 Protéger
- 5-11 Déprotéger
- 5-12 Modifier les menus

6 ÉDITER

- 6-1 Copier image (automatique)
- 6-2 Copier image (copie ajustée)
- 6-3 Copier rappels sélectionnés
- 6-4 Editer texte figure
- 6-5 Editer commentaire
- 6-6 Annuler
- 6-7 Annuler annuler
- 6-8 Limiter l'image

7 VUES

- 7-1 Vue initiale (CTRL F1)
- 7-2 Vue standard avec oyz de face (F7)
- 7-3 Vue standard avec oxy de face (F8)
- 7-4 Vue standard avec ozx de face (F9)
- 7-5 Vue avec un autre plan de face
- 7-6 Vue précédente (F11)
- 7-7 Vue suivante (F12)
- 7-8 Plan de face maintenu de face
- 7-9 Projection oblique
- 7-10 Paramètres de projection

8 FENÊTRE

- 8-1 Dupliquer la figure
- 8-2 Cascade
- 8-3 Mosaïque
- 8-4 Arrange icônes
- 8-5 Fermer tout
- 8-6 Barre d'outils
- 8-7 Plein écran
- 8-8 Fond Noir

9 AIDE

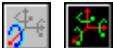
- 9-1 Index
- 9-2 A propos
- 9-3 Etat mémoire

Barre d'outils

Les boutons-icônes de la barre d'outils permettent d'accéder plus rapidement à certains articles de menu. Si l'article de menu a été supprimé du menu ou s'il est grisé, le bouton ne porte plus d'icône, il est blanc et inactif. Pour plus de détails se reporter aux articles de menu. Les couleurs des icônes ci-dessous ne sont pas celles de l'écran.

Certains boutons changent d'aspect lorsqu'on les active (les deux aspects sont présentés sur la même ligne). Il faut bien comprendre que le graphisme présent à l'écran indique l'option qui sera appliquée lorsqu'on clique sur le bouton.

	Pour charger une figure enregistrée préalablement sur un disque.
	Pour afficher les rappels des objets construits.
	Pour ouvrir la boîte de modification du style des objets.
	Pour changer de cadrage (agrandir).
	Pour changer de cadrage (réduire).
	Pour passer des traits épais aux traits fins ou inversement. Le bouton s'actualise alors que l'article du menu correspondant est coché ou non.
	Pour dessiner ou effacer les axes et l'origine du repère prédéfini R_{xyz} lorsqu'ils sont de style "dessiné" (ce qui est le style par défaut). Par défaut, le repère n'est pas dessiné.
	Pour passer en mode "fil de fer" ou revenir au mode "opaque (avec ou sans pointillés)" qui est le mode par défaut.
	Pour passer en mode "opaque avec pointillés" ou revenir au mode "opaque sans pointillés" qui est le mode par défaut. Lorsque la figure est en mode "fil de fer", ce bouton est entièrement blanc et inactif.

	<p>Pour faire afficher la vue précédente de la figure (noter qu'un changement de cadrage ou un changement de mode n'est pas un changement de vue). Ce bouton n'agit que si on a changé de vue en faisant tourner R_{xyz}.</p>
	<p>Pour faire afficher la vue suivante de la figure. Ce bouton n'agit que si on a utilisé le bouton précédent.</p>
	<p>Pour obtenir une représentation en projection oblique sur le plan de l'écran ou revenir à une représentation en projection orthogonale qui est le mode par défaut.</p>
	<p>Pour faire apparaître ou disparaître le double cadre permettant de limiter l'image lors de l'impression ou de la copie ajustée.</p>
	<p>Pour répéter la dernière action effectuée avec certains articles de menu.</p>
	<p>Pour modifier ou dupliquer un objet déjà créé.</p>
	<p>Pour entrer ou sortir du mode "trace". Lors de l'entrée en mode "trace", certains boutons deviennent inactifs ; ils sont alors entièrement blancs.</p>
	<p>Pour entrer ou sortir du mode "trace à la demande". Lors de l'entrée en mode "trace à la demande", certains boutons deviennent inactifs ; ils sont alors entièrement blancs.</p>
	<p>Pour interdire ou rétablir les changements de vue par les rotations dont les axes sont inclus dans le plan de l'écran.</p>
	<p>Pour obtenir à l'écran la représentation des objets contenus dans un plan. Après le choix du plan, le bouton change d'aspect et permet d'obtenir à nouveau une représentation de l'ensemble de la figure.</p>

Raccourcis clavier - curseurs

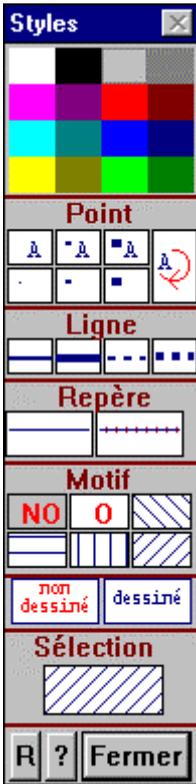
Comme d'habitude, les raccourcis clavier permettent d'accéder plus rapidement à certains articles de menu. Si l'article de menu a été supprimé du menu ou s'il est grisé, le raccourci clavier n'est évidemment plus actif.

F1	Pour obtenir l'aide (standard Windows).
F2	Pour afficher les rappels des objets créés.
F3	Pour afficher le commentaire de la figure.
F4	Pour faire apparaître ou disparaître les noms des points sur l'écran.
F5	Pour améliorer si c'est possible les positions des noms des points.
F6	Pour dessiner ou effacer les axes et l'origine du repère prédéfini R_{xyz} lorsqu'ils sont de style "dessiné".
Ctrl F1	Pour faire afficher la vue initiale.
F7	Pour obtenir la vue standard avec le plan oyz de face.
F8	Pour obtenir la vue standard avec le plan oxy de face.
F9	Pour obtenir la vue standard avec le plan oxz de face.
F10	Pour placer le curseur dans la barre de menu (standard Windows).
F11	Pour obtenir la vue précédente de la figure (s'il en existe une).
F12	Pour obtenir la vue suivante de la figure (s'il en existe une).
>	Pour changer de cadrage (agrandir).
<	Pour changer de cadrage (diminuer).
Ctrl B	Pour répéter la dernière action effectuée avec certains articles de menu.
Ctrl M	Pour modifier ou dupliquer un objet déjà créé.
ESC	Cette touche a une action différente selon l'état de la figure. Son fonctionnement répond au standard habituel : arrêter l'action en cours. Par exemple, elle permet de sortir d'un mode "trace", d'arrêter l'exécution d'une commande de répétition...

Voici la liste des différents curseurs spécifiques à GeospacW.

	Faire glisser la souris en maintenant le bouton droit de la souris et la touche Maj (ou la touche Ctrl) appuyés pour déplacer l'origine du repère R_{xyz} sur l'écran.
	Faire glisser la souris en maintenant le bouton droit de la souris appuyé pour obtenir des changements de vue par rotation dont l'axe est contenu dans le plan de l'écran.
	Après avoir choisi le mode "plan de face maintenu de face", faire glisser la souris en maintenant le bouton droit de la souris appuyé pour obtenir des changements de vue par rotation dont l'axe est perpendiculaire au plan de l'écran.
	Pour déplacer un point libre. Le curseur apparaît lorsque l'on clique sur un point libre.

La boîte de styles



Pour modifier l'aspect de la figure, on utilise la boîte de styles accessible par appui sur le bouton  de la barre d'outils ou par l'article *Style crayon* du menu *Divers*.

Pour utiliser la boîte de styles, on commence par sélectionner un style à l'aide de la souris (cliquer sur le bouton correspondant de la boîte) ou avec le clavier (se déplacer dans la boîte avec les flèches jusqu'au style voulu).

Le style sélectionné est affiché dans la case "Sélection".

Pour appliquer ce style à un objet (s'il est de nature à recevoir ce style et s'il n'est pas protégé), on peut soit cliquer sur cet objet (ou plutôt sa représentation dans l'écran) soit ouvrir les rappels à l'aide du bouton **[R]**, double-cliquer sur le nom de l'objet ou cliquer sur le nom de l'objet puis sur le bouton Ok.

Le bouton **[?]** permet d'obtenir l'aide. On ferme la boîte avec le bouton Fermer ou Alt F4 ou encore la touche ESC.

Remarques :

- Pour modifier le style d'un solide ou d'un affichage, il est préférable d'utiliser le bouton **[R]** plutôt que de cliquer dessus avec la souris.
- Si un objet est de style opacifiable, hachuré ou non, son opacité n'est effective que si la figure est en "mode opaque" et si son dessin n'est pas limité à un autre convexe.
- Les repères de l'espace autres que R_{xyz} ne sont pas dessinables. On peut créer les trois axes du repère en tant que droites munies d'un repère et les graduer.

Réalisation

Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie

CREEM (CNAM) : Centre de Recherche et d'Expérimentation sur
l'Enseignement des Mathématiques au Conservatoire National des Arts et
Métiers

292 rue Saint Martin 75003 Paris

e-mail : creem@cnam.fr

site web : <http://www2.cnam.fr/creem/>

SDTETIC DT B1 : Sous-Direction des Technologies Educatives
et des Technologies de l'Information et de la communication.

Direction de la Technologie.

Bureau des Technologies Nouvelles pour l'Enseignement.

Liste des membres du CREEM participant au projet

A.Authier, G. Grolleau, ML Hocquenghem, S Hocquenghem,

F.Monnet, Y.Paquelier, P.Sérès, AM.Serfati, A.Varoquaux.

Edition et Diffusion

Centre Régional de Documentation Pédagogique de Champagne-Ardenne

47, rue Simon - 51100 REIMS

Site web : <http://crdp.ac-reims.fr>

Directeur de la Publication : J. MARTIN

Dépôt légal : 3ème trimestre 1998

© CRDP de Champagne-Ardenne, 1998