

Jean-Michel Chevalier

Géo | ART

Géométrie | Artistique

invité au



Le présent document présente :

1. Le dossier transmis aux organisateurs du forum.
2. Un article technique qui explicite la démarche de transposition utilisée dans Géo|ART.

Géo | ART

Géométrie | Artistique

Description générale du projet

Géo|ART est un atelier qui s'adresse aux collégiens et plus particulièrement aux élèves de sixième. Il s'inscrit dans le cadre de l'accompagnement éducatif au collège. Le nom attribué au projet est une contraction de « géométrie artistique ». Il s'agit de faire pratiquer le dessin géométrique aussi bien avec les instruments usuels (crayon, règle et compas) qu'avec des outils informatiques (logiciels de construction géométrique et de dessin matriciel ou *bitmap*) afin d'obtenir un rendu de haute qualité digne d'une production d'adulte.

Les réalisations des élèves ainsi qu'une synthèse du projet peuvent être consultés sur le site RÉEL : <http://projet-reel.net>.

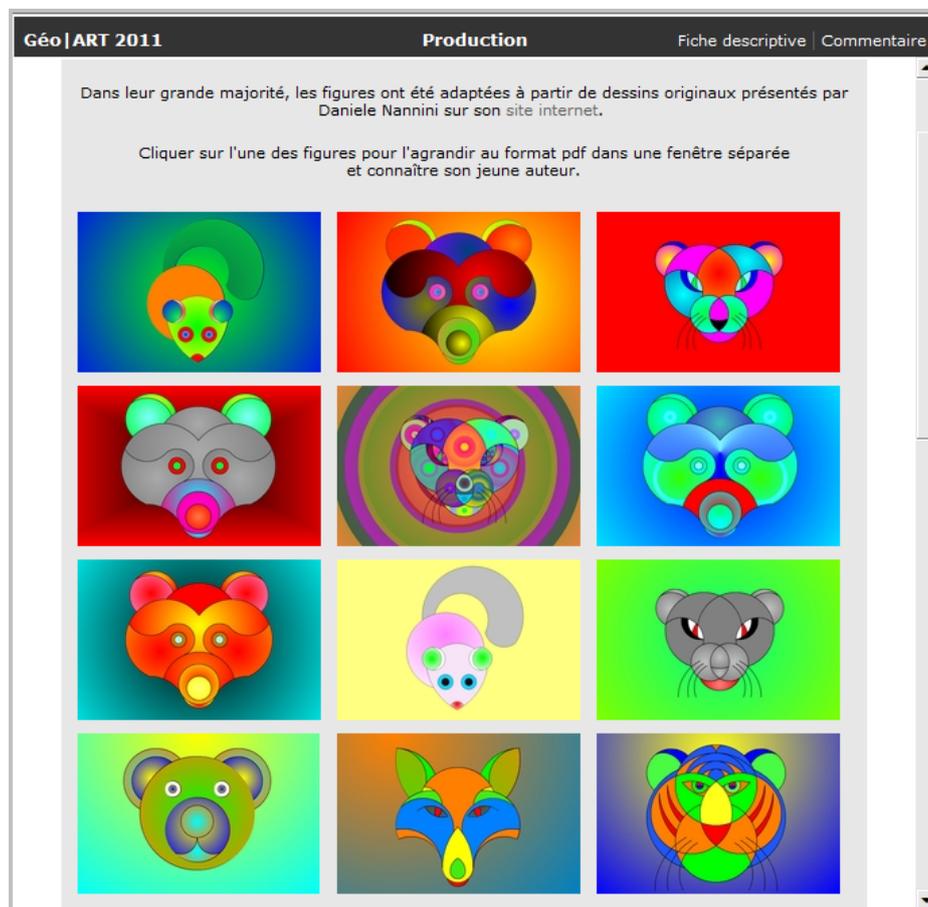


Figure 1. Extrait du site RÉEL montrant quelques réalisations des élèves

Objectifs de l'action

Objectifs pour l'élève

A l'aide de programmes de construction illustrés par un modèle à réaliser, l'élève doit être à même de réaliser le dessin qu'il a choisi, à coup sûr et en autonomie. La tâche n'est pas simple mais doit rester accessible. Elle requiert des capacités d'analyse et un minimum de dextérité pour le tracé sur papier ainsi qu'attention et persévérance pour la réalisation informatique.

Objectifs pour l'enseignant

Les objectifs pour l'enseignant sont donc induits par les précédents. Ils sont de nature didactique tant pour les activités mathématiques que pour celles relevant de la pratique de l'informatique. Il s'agit pour l'enseignant d'un exercice de transposition didactique: A partir du résultat attendu, il doit concevoir les différentes étapes qui guideront l'élève et qui lui permettront d'atteindre, en autonomie, et à coup sûr, l'objectif prévu : la réalisation de la figure choisie.

Historique

Professeur de mathématiques, cela fait quelques années que je m'intéresse à l'aspect esthétique des créations géométriques. Je me souviens avoir acquis à la fin des années 80 un ouvrage¹ qui traitait de la question et que j'ai utilisé, de temps à autre, pour agrémenter quelques séances de construction avec les élèves.

L'élément déclencheur du projet actuel Géo|Art est la découverte d'une figure de géométrie dans une revue², mise à disposition lors d'un stage inter-cycles « mathématiques-arts plastiques (ou visuels) », organisé conjointement par le chef d'établissement et l'IEN de circonscription, sans que les enseignants en aient été particulièrement demandeurs ! La figure représentait une tête de panthère réalisée par le graphiste italien Daniele Dannini, coloriée avec un aérographe. Un programme de construction accompagnait cette figure mais il m'apparaissait, du fait de son exhaustivité, très rébarbatif. En l'état, ce n'était pas une activité que je pensais pouvoir mener avec des élèves. Je gardais l'idée et réservais son adaptation pour un avenir plus ou moins proche. Et cela, d'autant plus que j'étais alors impliqué dans d'autres actions particulièrement « chronophages » tels les projets RÉEL³ et BIEN⁴.

¹ D. J. Alonsius, Créer avec un compas, Dessain et Tolra, Paris, 1986.

² Cahier spécial « Fête des maths et des jeux » extrait de la revue Tangente n° 119 de novembre-décembre 2007.

³ cf. http://www.cafepedagogique.net/lemensuel/laclasse/Pages/2008/98_Reel.aspx

Et puis, à la fin de l'année 2009, les deux projets précités ne m'accaparant plus autant, je me suis lancé dans une recherche exploratoire sur le thème des figures « compassées » dont l'article précédemment évoqué présentait un exemplaire prototypique. À partir des dessins figuratifs du graphiste D. Nannini, j'ai élaboré une démarche pédagogique qui a pris le nom ensuite de Géo|ART. Je ne suis pas le premier à avoir exploité l'intérêt pédagogique de ces figures⁵ mais j'ai souhaité que les élèves puissent aboutir à un résultat le plus proche possible de celui auquel est parvenu D. Nannini. Les activités proposées par mes collègues, du moins celles qui ont été publiées, n'intégraient pas cette dimension et se limitaient à la construction géométrique avec les instruments usuels. Pour le résultat auquel j'aspirais, le passage par l'infographie, pratiquée par les élèves et pas uniquement par l'enseignant, était incontournable.

Cet atelier a été proposé aux élèves à partir de janvier 2010 et se poursuit depuis, pour la troisième année, dans le cadre de l'accompagnement éducatif.

Le tracé au compas de nouvelles figures représentant des symboles celtiques avec entrelacements⁶ est actuellement expérimenté en classe, hors accompagnement éducatif. Les activités complètes (dessin au compas et dessin informatique) seront proposées aux élèves prochainement.

Descriptif des étapes

Les étapes pour l'enseignant

Il s'agit d'analyser une figure donnée afin de la reproduire en utilisant un logiciel de dessin géométrique. Le choix s'est porté sur « Géoplan-Géospace ». Ce logiciel s'est révélé pour l'usage prévu plus avantageux que d'autres⁷ car il associe à la figure une liste d'instructions très proche de son programme de construction. Ce programme est ensuite décliné suivant deux versions : l'une, simplifiée, destinée à la construction au compas et l'autre, adaptée, pour la construction informatique⁸.

⁴ Cf. http://www.cafepedagogique.net/lemensuel/lenseignant/sciences/maths/Pages/81_08_BIEN.aspx

⁵ Je citerai en particulier : Fabrice Eudes, Christophe Poulain et Stéphane Robert qui ont publié plusieurs documents sur ce thème.

⁶ Figures inspirées par : Le Gallo Michel, Motifs bretons et celtiques. Méthode de construction, Coop Breizh, Spézet, 2009.

⁷ Atelier de Géométrie, Geogebra

⁸ L'article en annexe détaille ces adaptations.

Des notices techniques qui précisent les usages des logiciels utilisés⁹ sont élaborées afin de favoriser l'autonomie des élèves.

Les étapes pour l'élève

Deux niveaux d'activités sont proposés aux élèves :

Niveau 1 : Six figures sont proposées aux élèves avec un niveau de complexité croissant.

Pour chaque figure, les élèves disposent :

– du programme de construction au compas et d'une feuille quadrillée où sont prédéfinis les centres des cercles et arcs de cercle utilisés dans la construction,



Figure 2. Réalisation de la panthère au compas

– du programme de construction informatique (imprimé) et d'un fichier informatique qui contient l'ensemble des points nécessaires à la réalisation.

⁹ Géoplan-Géospace est utilisé pour la construction de figure au trait et Paint Shop Pro (version 4.14 gratuite) pour la mise en couleur.



Figure 3. Réalisation du raton-laveur avec le logiciel de géométrie

Niveau 2 : Les élèves ayant réalisé deux ou trois figures au niveau 1 sont incités à en réaliser une autre plus simple du point de vue de la construction au compas mais dont ils auront à définir eux-mêmes le programme de construction informatique. Cette dernière tâche requiert des compétences mathématiques particulières.

Une fois les dessins réalisés, les élèves sont conviés à les colorier avec le logiciel de dessin matriciel.



Figure 4. Mise en couleur de la panthère avec le logiciel de dessin matriciel

Soutien et support(s)

L'action se déroule dans le cadre de l'accompagnement éducatif et a recueilli l'assentiment du chef d'établissement et de son adjoint. Deux séances hebdomadaires sont programmées de novembre à avril ou mai depuis l'année scolaire précédente.

Obstacles rencontrés et moyens pour les surmonter

Les difficultés sont d'ordre didactique et organisationnel.

Difficultés d'ordre didactique

Comment faire pour qu'un jeune de 10 ou 11 ans, fasse preuve de suffisamment de persévérance et mobilise toutes ses capacités, afin de réussir dans l'entreprise qu'il s'est fixé ? C'est à coup sûr un aspect passionnant du métier d'enseignant. Dans le cadre de ce projet, il s'agit de définir l'ensemble des tâches que l'élève doit accomplir, en autonomie, pour arriver au résultat attendu. Ainsi, pour chaque dessin à reproduire, elles sont de 3 ordres.

1. Reproduire le dessin sur papier avec les instruments traditionnels, essentiellement le compas.
2. Reproduire le dessin sur écran informatique avec un logiciel de dessin géométrique.
3. Mettre en couleur ce dernier dessin avec un logiciel de dessin matriciel.

Les deux premières phases nécessitent en moyenne quinze à vingt heures de recherches et de travail pour établir les programmes de construction et les documents afférents à partir du dessin que l'on souhaite faire reproduire.

La troisième phase est commune à tous les dessins. Il « suffit » de réaliser une fiche technique qui précise les procédures à utiliser avec le logiciel de dessin pour obtenir le résultat attendu.

Établir ces documents pédagogiques interroge sur la quantité d'informations que l'on doit donner à l'élève. Si elles sont trop nombreuses, il rechignera devant la tâche et abandonnera rapidement. Si elles sont insuffisantes, il sera sans cesse en train de questionner l'enseignant qui ne pourra répondre à l'ensemble des sollicitations. Il s'agit donc de trouver un équilibre subtil qui s'affinera au fur et à mesure de la mise en place du projet.

Difficultés d'ordre organisationnel

Cet atelier a été testé ponctuellement en classe complète dans le cadre de l'emploi du temps mais il a surtout été expérimenté hors emploi du temps. L'atelier est ouvert à tous les élèves avec une priorité pour ceux de sixième. Ceux qui y participent, ne sont pas sélectionnés pour leurs compétences particulières. Ils s'inscrivent volontairement ou sont inscrits par leurs parents dans le cadre institutionnel de l'accompagnement éducatif destiné aux « orphelins de 16h ». De ce fait, les séances se déroulent entre 16 H et 18 H après une longue journée de travail, ce qui ne facilite pas leurs capacités de concentration. Mais les résultats sont là : ils font face et réussissent.

Bilan de l'action : pour vous, pour les élèves, coût

Le projet est reconduit pour la troisième année et, en fonction des moyens humains engagés, a atteint sa vitesse de croisière.

Les élèves qui y participent avec suffisamment d'assiduité y réussissent et c'est avec une fierté non dissimulée qu'ils repartent avec leurs « chefs d'œuvre ».

Le coût du projet est lié exclusivement au financement de l'accompagnement éducatif car nous disposons de salles informatiques dites « classes pupitre » dans l'académie de Lille.

Personnes pouvant témoigner (à quel titre)

Les témoins de cette action sont avant tout les élèves qui y ont participé et bien entendu les décideurs qui ont permis sa réalisation, en l'occurrence le principal du collège, Christophe Février, et son adjoint Alain Chanu qui a pris en charge l'organisation de l'accompagnement éducatif dans l'établissement.

Contact : ce.0622791x@ac-lille.fr

Particulièrement collectivités, associations et mouvements impliqués dans le projet

Le projet ayant été réalisé dans un cadre institutionnel, l'accompagnement éducatif, il n'a pas été nécessaire de faire appel à des partenaires extérieurs à l'établissement. A noter cependant le soutien amical de l'APMEP (Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public) à travers son blog régional : <http://blog.apmep5962.fr/2011/01/geoart-au-college-victor-hugo-de-harnes.html>

Transposition du projet

Ce projet s'est inspiré d'autres (cf. infra : Historique). Il pourra donc être décliné ou adapté sous d'autres formes d'autant plus que la démarche de transposition est explicitée dans un article technique joint en annexe : *Géo|ART. Atelier de géométrie artistique. La transposition didactique en pratique*. Cet article décrit la démarche de transposition utilisée dans Géo|ART, en 2 phases et 7 étapes, à partir d'un exemple : l'ours.

Motivations pour participer à ce concours

Depuis de nombreuses années, la volonté de partager accompagne mes pratiques d'enseignement. Elle se traduit par des actions organisées conjointement avec d'autres collègues, par des publications dans des revues, par des communications lors de colloques ainsi que par des participations à des concours ou à des manifestations visant à mettre en exergue l'innovation éducative. Ma candidature au 5^e forum des enseignants innovants et de l'innovation éducative s'inscrit dans cette démarche. C'est à dessein que je n'ai pas utilisé le terme concours dans la phrase précédente car ce n'est pas la mise au premier plan qui est recherchée à travers cette candidature mais une possibilité, parmi d'autres, de pouvoir présenter à d'autres enseignants une pratique et une réflexion pédagogiques. Cela sans esprit de compétition.

L'un des objectifs de l'organisation de ce forum, outre son caractère événementiel, est de promouvoir l'innovation éducative. Pour cela, il m'apparaît essentiel que ceux qui n'y participent pas, aient connaissance des projets présentés à travers ce que l'on pourrait nommer les « actes » du forum. Dans plusieurs manifestations de même nature auxquelles j'ai participé, j'ai regretté que cette possibilité n'ait pas été suffisamment prise en compte. Tel n'est pas le cas des forums depuis 2009 : les résumés des projets retenus en 2009 ainsi que les dossiers présentés depuis 2010 sont accessibles sur le site du café pédagogique. Il faut savoir que ces documents existent mais, en cherchant un peu, on les trouve !

Une autre raison de candidater au forum, indépendante de la volonté de partager, est de proposer des activités centrées sur la pratique des mathématiques et de l'informatique. Je parle bien de pratique et non pas d'outil de gestion ou de communication autour de ces pratiques. Il ne me semble pas qu'elles aient été très nombreuses dans les précédentes éditions, en particulier dans la dernière de 2011. Bien sûr Logo, et son chantre Seymour Papert, ont quelques rides mais leur esprit demeure ! Actuellement, la pratique des réseaux sociaux ou des environnements numériques de travail est mise en exergue. Leur expérimentation dans un contexte éducatif mérite l'intérêt mais on peut regretter, effet de mode oblige, qu'elle phagocyte un peu, beaucoup, d'autres démarches plus axées sur les apprentissages disciplinaires.

Géo|ART. Atelier de géométrie artistique. La transposition didactique en pratique

Jean-Michel Chevalier

Cet article décrit la démarche de transposition utilisée dans Géo|ART, déclinée en 2 phases et 7 étapes, à partir d'un exemple : l'ours.

Phase 1

Analyse de la figure, adaptation et reconstruction avec un logiciel de géométrie (étapes 1 à 3).

Phase 2

A partir du programme informatique de construction de la figure, réalisation des documents pédagogiques à destination des élèves (étapes 4 à 7).

La phase finale de mise en couleur ne fait pas l'objet d'une description dans cet article.

Étape 1 : Reconstruire la figure et définir ses caractéristiques géométriques

Il s'agit de définir le centre et le rayon de chacun des cercles et arc de cercles nécessaires à la réalisation du dessin.

La technique utilisée pour déterminer le centre des cercles est connu du plus grand nombre car elle est enseignée en France aux élèves de collège. Pour cela, il suffit de tracer deux cordes du cercle et leur médiatrice. Le centre du cercle est à l'intersection des deux médiatrices.

La copie d'écran qui suit (figure 1), montre comment cette étape est réalisée avec un logiciel de géométrie dynamique, en l'occurrence *Atelier de Géométrie*¹.

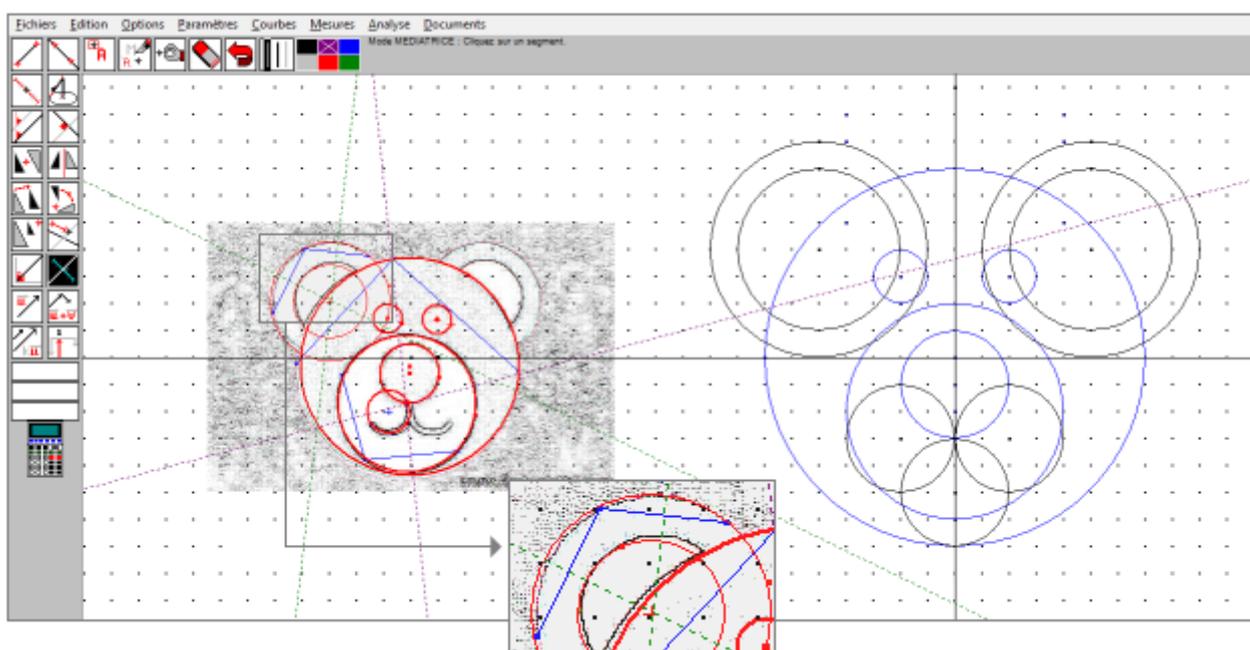


Figure 1 : Étude de l'ours avec le logiciel Atelier de Géométrie

Description de la figure

A gauche

Le dessin original est inséré dans la page de dessin à l'aide de la commande « Fichier/Charger une image de fond ». Les tracés réalisés avec le logiciel *Atelier de Géométrie* se superposent au dessin. Un agrandissement de cette partie montre les médiatrices, dessinées en pointillés, de deux cordes du cercle qui représente le contour d'une oreille.

¹ La copie d'écran est réalisée avec la version 1.1 du logiciel *Atelier de Géométrie*. La version 2 est disponible sur le site de l'auteur du logiciel, Jean Lépine, à l'adresse : <http://atelier.chronosite.org>.

A droite

Une première esquisse est dessinée en adaptant la position des centres et la valeur des rayons de manière à ce qu'elles soient définies par des nombres entiers ou demi-entiers. L'objectif est que la figure puisse être reproduite au compas sur une simple feuille quadrillée avec des lignes espacées de 5 millimètres (quadrillage 5×5) sans que l'usage d'une règle graduée ne soit rendu nécessaire.

Étape 2 : Construire la figure complète avec Géoplan-Géospace et définir le programme de construction informatique

Le logiciel *Atelier de géométrie* permet de construire une figure de géométrie sur un fond bitmap précédemment enregistré ainsi que de dessiner des éléments simples (droite, segment, cercle, médiatrice, etc.) comme on le ferait avec des instruments traditionnels. Par contre, il ne permet pas de dessiner des arcs de cercle avec toute la précision nécessaire. Il les définit en fonction d'une valeur en degré entier.

Le logiciel *Géoplan-Géospace*² permet de construire des arcs de cercle de plusieurs manières dont une qui nous intéresse par sa précision : un arc de cercle peut être défini par son centre et ses deux extrémités.

Un autre intérêt didactique de *Géoplan-Géospace* est qu'il donne accès au programme de construction informatique de la figure. C'est ce programme, adapté, qui servira de base aux constructions des élèves, aussi bien avec le compas que sous forme informatique. C'est essentiellement pour ces deux raisons que la figure complète sera réalisée avec ce logiciel.

La copie d'écran suivante montre le dessin complet de l'ours, réalisé avec *Géoplan-Géospace*, avant suppression des traits inutiles

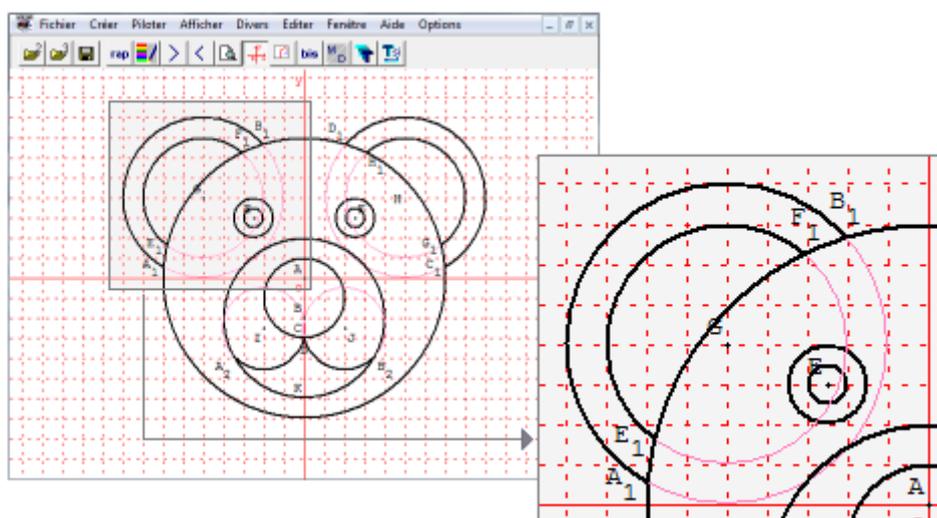


Figure 2 : Étude de l'ours avec le logiciel Géoplan-Géospace

² Le logiciel *Géoplan-Géospace* créé et diffusé par le CREEM, Centre de Recherche et d'Expérimentation pour l'Enseignement des Mathématiques, est disponible à l'adresse suivante : <http://www.aid-creem.org/telechargement.html>

Pour tracer les deux arcs de cercle représentant l'oreille, il est nécessaire de définir successivement :

- les deux cercles (de centre G) qui les contiennent,
- les points d'intersection de ces deux cercles avec le cercle représentant le contour de la tête : B1, F1, E1 et A1,
- les deux arcs de cercle en question : l'un de centre G et d'extrémités B1 et A1, l'autre, à nouveau de centre G, mais d'extrémités F1 et E1.

Tous les arcs de cercle sont définis de manière analogue. Pour le dessin de l'ours, six arcs de cercle sont ainsi définis : quatre pour les deux oreilles et deux pour le museau.

Sur la figure 2, les parties de cercle qui seront ultérieurement effacées, apparaissent sous forme de traits fins de couleur rose.

Le programme de construction complet contient, dans l'ordre :

- la définition des axes utilisés pour le repérage des points fixes,
- le quadrillage,
- la position des points fixes, centre des cercles et des arcs de cercle,
- chaque partie de la tête, composée des cercles (définis par leur centre et leur rayon) et des arcs de cercles (définis par leur centre et leurs extrémités).

L'essentiel du programme édité par *Géoplan-Géospace* apparaît dans l'encadré suivant :

Position de Roxy: Xmin: -11.46009158901, Xmax: 11.46009158901, Ymax: 11.46009158901	Axes
Objet dessinable Roxy, particularités: rouge, avec quadrillage, dessiné	Quadrillage
A point de coordonnées (0,0) dans le repère Roxy Objet dessinable A, particularités: marque épaisse	Points fixes
B point de coordonnées (0,-1) dans le repère Roxy	
C point de coordonnées (0,-2) dans le repère Roxy Objet dessinable C, particularités: marque épaisse	
D point de coordonnées (0,-3) dans le repère Roxy Objet dessinable D, particularités: nom au-dessous	
E point de coordonnées (-2.5,3) dans le repère Roxy Objet dessinable E, particularités: marque épaisse	
F point de coordonnées (2.5,3) dans le repère Roxy Objet dessinable F, particularités: marque épaisse	
G point de coordonnées (-5,4) dans le repère Roxy Objet dessinable G, particularités: marque épaisse	
H point de coordonnées (5,4) dans le repère Roxy Objet dessinable H, particularités: nom à gauche	
I point de coordonnées (-2,-2.5) dans le repère Roxy Objet dessinable I, particularités: marque épaisse	
J point de coordonnées (2,-2.5) dans le repère Roxy Objet dessinable J, particularités: marque épaisse	
K point de coordonnées (0,-5) dans le repère Roxy	

c01 cercle de centre A et de rayon 7 (unité Uoxy) Objet dessinable c01, particularités: trait épais	Contour de la tête
c10 cercle de centre E et de rayon 1 (unité Uoxy) Objet dessinable c10, particularités: trait épais	Dessin des yeux
c11 cercle de centre F et de rayon 1 (unité Uoxy) Objet dessinable c11, particularités: trait épais	
c12 cercle de centre E et de rayon 0.5 (unité Uoxy) Objet dessinable c12, particularités: trait épais	
c13 cercle de centre F et de rayon 0.5 (unité Uoxy) Objet dessinable c13, particularités: trait épais	
c20 cercle de centre G et de rayon 4 (unité Uoxy) Objet dessinable c20, particularités: couleur RVB(255,128,192)	Dessin des oreilles : cercles contenant les arcs de cercle
c21 cercle de centre H et de rayon 4 (unité Uoxy) Objet dessinable c21, particularités: couleur RVB(255,128,192)	RVB(255,128,192) : rose
c22 cercle de centre G et de rayon 3 (unité Uoxy) Objet dessinable c22, particularités: couleur RVB(255,128,192)	
c23 cercle de centre H et de rayon 3 (unité Uoxy) Objet dessinable c23, particularités: couleur RVB(255,128,192)	
A1 point d'intersection 1 des cercles c01 et c20 Objet dessinable A1, particularités: nom à gauche	Dessin des oreilles : définition des extrémi- tés des arcs de cercle
B1 point d'intersection 1 des cercles c20 et c01 Objet dessinable B1, particularités: nom au-dessus	
C1 point d'intersection 1 des cercles c21 et c01 Objet dessinable C1, particularités: nom à gauche	
D1 point d'intersection 1 des cercles c01 et c21 Objet dessinable D1, particularités: nom au-dessus, nom à gauche	
E1 point d'intersection 1 des cercles c01 et c22 Objet dessinable E1, particularités: nom à gauche	
F1 point d'intersection 1 des cercles c22 et c01 Objet dessinable F1, particularités: nom au-dessus, marque épaisse	
G1 point d'intersection 1 des cercles c23 et c01 Objet dessinable G1, particularités: nom à gauche	
H1 point d'intersection 1 des cercles c01 et c23 Objet dessinable H1, particularités: nom au- dessous, nom à droite	
a20 arc d'origine B1 et d'extrémité A1 sur un cercle de centre G Objet dessinable a20, particularités: trait épais	Dessin des oreilles : arcs de cercle
a21 arc d'origine C1 et d'extrémité D1 sur un cercle de centre H Objet dessinable a21, particularités: trait épais	
a22 arc d'origine F1 et d'extrémité E1 sur un cercle de centre G Objet dessinable a22, particularités: trait épais	
a23 arc d'origine G1 et d'extrémité H1 sur un cercle de centre H	
(...)	(suite du programme)

À partir de ce programme de construction, cinq versions sont déclinées :

- une première où la figure apparaît « en trait », sans quadrillage, ni cercle inutile,
- une deuxième, qui est utilisée comme programme de construction au compas,
- une troisième, avec les seuls points fixes appelés aussi points initiaux, centres des cercles et des arcs de cercle, et le quadrillage, qui sert comme support pour la construction au compas,
- une quatrième qui constitue le document informatique initial à partir duquel la figure est reconstituée,
- une cinquième qui définit le programme de construction informatique.

Étape 3 : Construire la figure « en ligne » avec Géoplan-Géospace

La figure « en ligne » est le modèle présenté aux élèves pour la construction au compas. C'est aussi le résultat qui doit être obtenu sous forme informatique avant la mise en couleur. C'est la figure complète, débarrassée des noms de points et de tout trait de construction comme le montre la copie d'écran suivante :

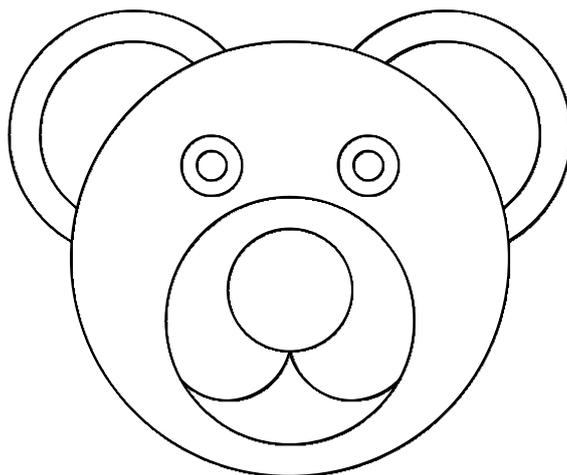


Figure 3 : Le dessin de l'ours « en ligne »

L'extrait suivant du programme de construction montre quelques changements significatifs par rapport au programme complet :

Position de Roxy: Xmin: -11.46009158901, Xmax: 11.46009158901, Ymax: 11.46009158901 Objet dessinable Roxy, particularités: rouge, avec quadrillage, non dessiné	Axe et quadrillage invi- sibles (non dessinés)
A point de coordonnées (0,0) dans le repère Roxy Objet dessinable A, particularités: non dessiné B point de coordonnées (0,-1) dans le repère Roxy Objet dessinable B, particularités: non dessiné (...)	Points invisibles (non dessinés)
c01 cercle de centre A et de rayon 7 (unité Uoxy) Objet dessinable c01, particularités: trait épais c10 cercle de centre E et de rayon 1 (unité Uoxy)	Cercles dessinés

Objet dessinable c10, particularités: trait épais (...)	
c20 cercle de centre G et de rayon 4 (unité Uoxy) Objet dessinable c20, particularités: couleur RVB(255,128,192), non dessiné	Cercles (anciennement roses) invisibles (non dessinés)
c21 cercle de centre H et de rayon 4 (unité Uoxy) Objet dessinable c21, particularités: couleur RVB(255,128,192), non dessiné	
(...)	(suite du programme)

Étape 4 : Les points fixes de la figure pour la construction au compas

Seule la partie du programme contenant la définition du repère, du quadrillage et des points fixes (centres des cercles et des arcs de cercle) est gardée comme le montre l'extrait de programme :

Position de Roxy: Xmin: -11.46009158901, Xmax: 11.46009158901, Ymax: 11.46009158901	Axes
Objet dessinable Roxy, particularités: rouge, avec quadrillage, dessiné	Quadrillage
A point de coordonnées (0,0) dans le repère Roxy Objet dessinable A, particularités: marque épaisse	Points fixes
B point de coordonnées (0,-1) dans le repère Roxy (...)	
K point de coordonnées (0,-5) dans le repère Roxy	

La figure contenant le quadrillage et les points fixes est utilisée comme document de base pour la réalisation de la figure au compas :

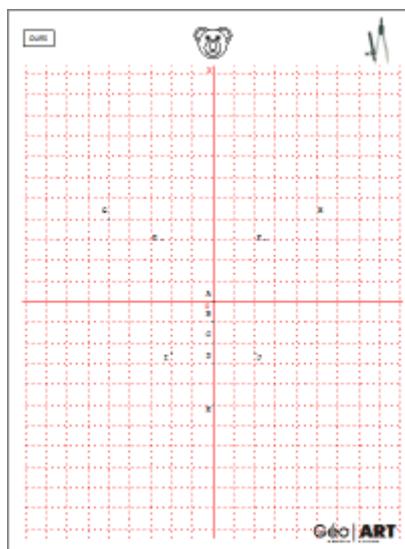


Figure 4 : La feuille quadrillée pour le dessin au compas

Étape 5 : Établir le programme de construction au compas (document imprimé)

Le programme informatique de la figure « en ligne » est adapté pour établir le programme de construction :

Extrait du programme informatique	Extrait du programme de construction au compas correspondant
c01 cercle de centre A et de rayon 7 (unité Uoxy) Objet dessinable c01, particularités: trait épais	=== tête cercle de centre A et de rayon 7
c10 cercle de centre E et de rayon 1 (unité Uoxy) Objet dessinable c10, particularités: trait épais c11 cercle de centre F et de rayon 1 (unité Uoxy) Objet dessinable c11, particularités: trait épais (...)	=== yeux cercle de centre E et de rayon 1 cercle de centre F et de rayon 1 (...)
a22 arc d'origine F1 et d'extrémité E1 sur un cercle de centre G Objet dessinable a22, particularités: trait épais a23 arc d'origine G1 et d'extrémité H1 sur un cercle de centre H Objet dessinable a23, particularités: trait épais (...)	=== oreilles arc de cercle de centre G et de rayon 4 arc de cercle de centre H et de rayon 4 (...)

Le programme au compas nécessite une analyse visuelle du modèle pour pouvoir construire les arcs de cercle car les extrémités de ces derniers ne sont pas précisées.

Le programme de construction au compas et le modèle à représenter sont assemblés et présentés aux élèves dans un document unique :

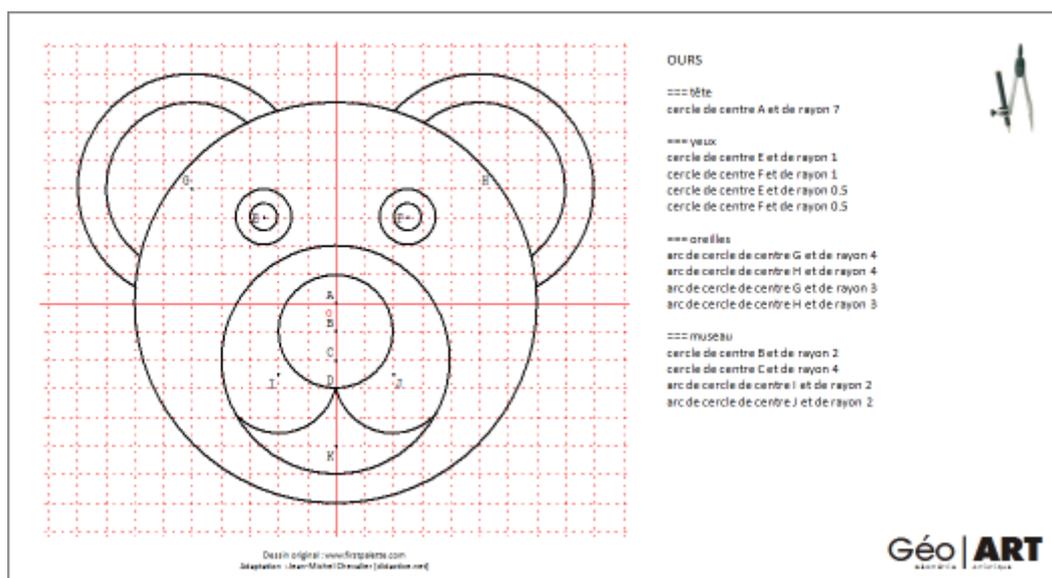


Figure 5 : Le modèle sur fond quadrillé et le programme de construction

Étape 6 : Établir le programme de construction informatique initial (fichier informatique)

Les élèves construisent la figure à partir du programme informatique initial. C'est l'équivalent informatique de la feuille quadrillée utilisée pour la construction au compas (cf. étape 4).

Ce programme informatique initial contient :

- de manière **visible** : le repère, les points fixes, centre des cercles et des arcs de cercle et les points calculés, extrémités des arcs de cercle ;
- de manière **invisible** (ou non dessiné) : les cercles qui servent à déterminer les positions des extrémités des arcs de cercle. Deux cas se présentent alors. Il peut s'agir :
 - ou bien des cercles qui apparaissent de couleur rose dans le programme de la figure complète (cf. étape 2) et qui sont invisibles dans celui de la figure « en ligne »,
 - ou bien de ceux qui apparaissent dessinés, à la fois dans le dessin de la figure complète ou dans celui de la figure « en ligne », mais qui contiennent une voire deux extrémités d'un arc de cercle. Dans ce dernier cas, ces cercles sont renommés dans le programme car ils seront redessinés par les élèves.

Dans les deux cas, Il est nécessaire que le programme de construction initiale conserve ces cercles car ils sont indispensables à la définition des positions des extrémités des arcs de cercle par le logiciel *Géoplan-Géospace*.

Il est à noter que les cercles de la figure qui ne contiennent aucune extrémité d'arc de cercle sont supprimés du programme complet.

Ainsi, de manière analogue à la construction au compas, les élèves n'ont à définir que les cercles et les arcs de cercle de la figure « en ligne ». Tous les autres cercles, bien qu'appartenant au programme de construction, n'apparaissent pas.

Ainsi, la figure initiale définie par le programme précédent, n'affiche que les points fixes et les extrémités des arcs de cercle :

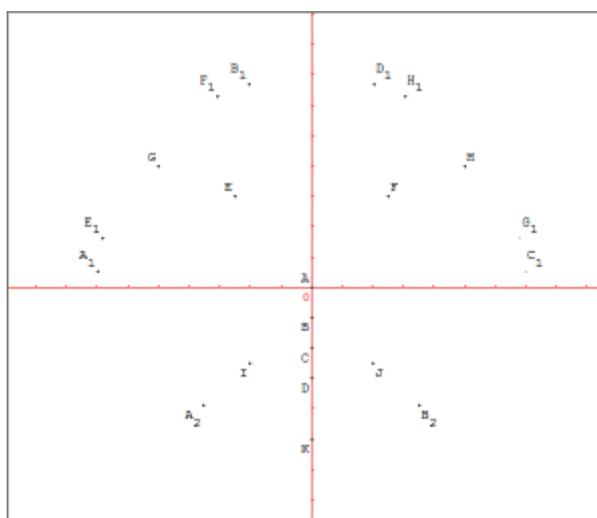


Figure 6 : La figure initiale à compléter

Étape 7 : Établir le programme informatique de construction (document imprimé)

Analogue au programme de construction au compas, le programme de construction informatique permet à l'élève de réaliser la figure pas-à-pas à partir du document informatique présenté dans l'étape précédente.

Il est imprimé sous la forme suivante, associé à la figure « en ligne » à réaliser :

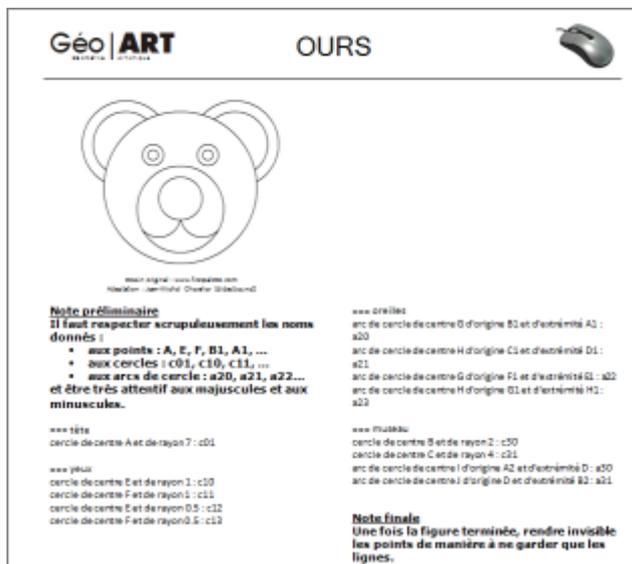


Figure 7 : Le programme informatique de construction

Les instructions de dessin des cercles et des arcs de cercle sont adaptées de manière à faciliter leur saisie par *Géoplan-Géospace*.

Par exemple, l'instruction correspondant au contour de la tête, « c01 cercle de centre A et de rayon 7 (unité Uoxy) », est remplacée par « cercle de centre A et de rayon 7 : c01 »

L'instruction dessinant le contour d'une oreille, « a20 arc d'origine B1 et d'extrémité A1 sur un cercle de centre G », est remplacée par « arc de cercle de centre G d'origine B1 et d'extrémité A1 : a20 ». On y retrouve les mêmes paramètres mais dans un ordre un peu différent.

Une fois la figure réalisée par l'élève, il lui reste à la finaliser en supprimant les éléments inesthétiques : repère, quadrillage et points de construction de manière à obtenir le dessin « en ligne » comme le montre les deux copies d'écran suivantes

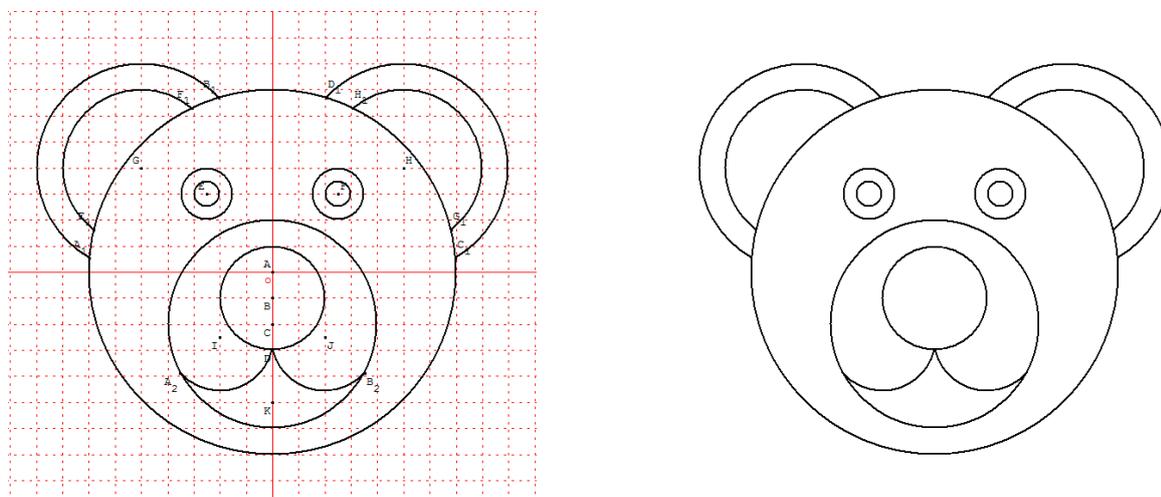


Figure 8 : Le dessin « en ligne » avant et après finalisation

Ce dernier dessin peut ensuite être colorié en utilisant un logiciel de dessin matriciel ou *bitmap*. Actuellement, le logiciel utilisé pour cette usage est *Paint Shop Pro version 4.14* (ancienne version distribuée gratuitement) qui permet de réaliser des dégradés facilement.



Figure 9 : Le dessin mis en couleur