Les fortifications militaires

par Valentin Bernard, Benjamin Dovetta, François Hugeux et Bastien Letowski,
élèves de première S au Lycée d'Altitude de Briançon.

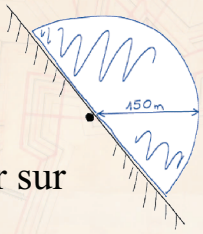
Présentation de leur recherche sur grand écran à la MJC

Quelle forme et quelles dimensions donner à une fortification pour la rendre imprenable ?

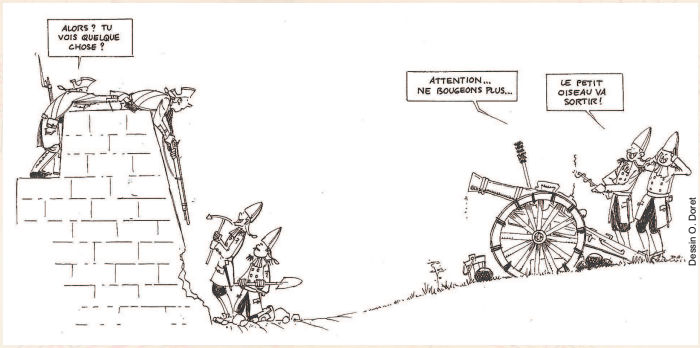
Première modélisation

Musée des plans-reliefs -Plan de 1691

Nous appelons ***fortification*** un ensemble fermé de murs (sans épaisseur).
Être ***imprenable*** signifie que la défense de la fortification doit se faire avec un minimum de soldats (un soldat est assimilé à un point) et que toutes les parties de la forteresse sont défendables par un soldat au moins.
Nous rappelons que nous nous plaçons sur terrain plat et que nous n'avons pas étudié la hauteur des fortifications.

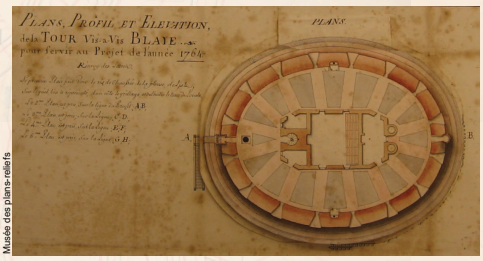


- poster le minimum de soldats sur les remparts.
- une portée des mousquets de 150 m.
- un soldat ne peut pas défendre le mur sur lequel il est posté.
- l'ensemble des murs de la forteresse doivent être couverts par au moins un soldat.



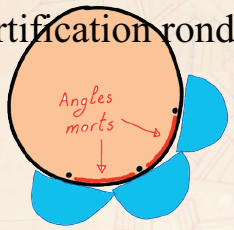
Dessin O. Doret

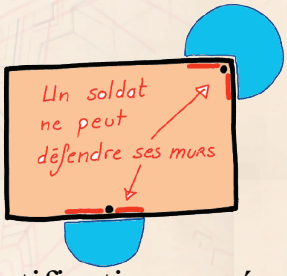
Les essais



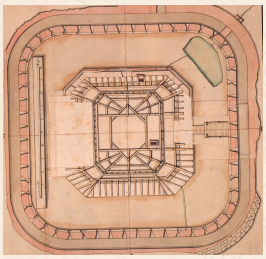
Musée des plans-reliefs

Fortification ronde





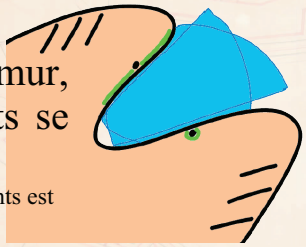
Fortification carrée



Redoute du fort des Salettes -Plan de 1700
Musée des plans-reliefs

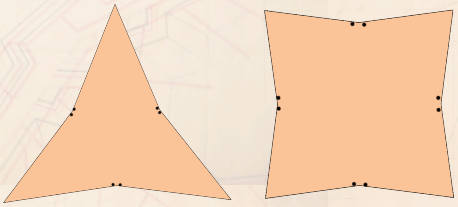
Pour avoir une fortification qui nous permet de « surveiller » une partie de mur, il faut envisager des formes non convexes de manière à ce que les soldats se trouvent face à face.

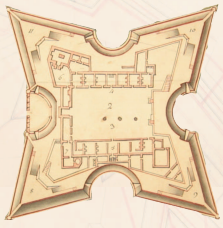
(Convexe : un ensemble est dit convexe si, en prenant deux points quelconques de cet ensemble, le segment reliant ces deux points est entièrement compris à l'intérieur de cet ensemble)



Solutions

On arrive à une **fortification en forme d'étoile**.



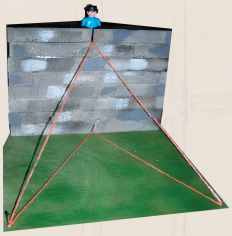


Musée des plans-reliefs
Fort de la Pée -Plan de 1768

Il s'agit de polygones réguliers. Leurs côtés sont brisés et rentrés légèrement vers l'intérieur. Les soldats sont placés très près de la pointe intérieure afin que chaque côté du polygone ait une taille optimale.

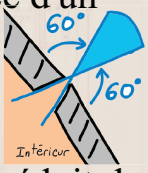
Photo de fond. Musée des plans-reliefs

Deuxième modélisation



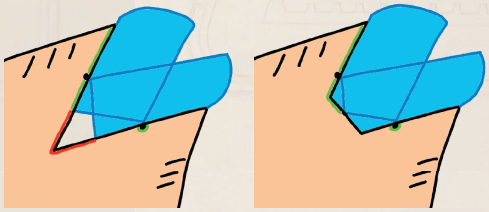
Maquette réalisée par les élèves pour la présentation à l'Université de Luminy.

Nous avons supprimé la contrainte « poster le minimum de soldats sur les remparts », au profit d'une nouvelle contrainte : « confier la surveillance d'un même mur à plusieurs soldats ».

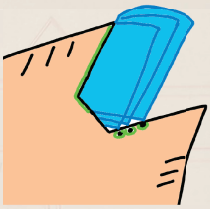


Nous avons ajouté la contrainte des meurtrières, à savoir :
« l'angle de tir – initialement de 180° – est réduit de 60° de chaque côté ».

Cette dernière contrainte invalide les formes précédentes dans la mesure où elle crée des angles morts.



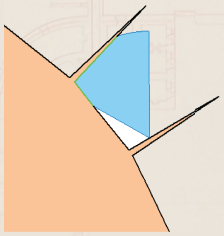
Une manière de faire disparaître ces zones non couvertes par les tirs des soldats est de supprimer les pointes.

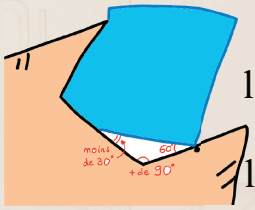


Cette dernière forme permet par ailleurs de respecter la contrainte : « confier la surveillance d'un même mur à plusieurs soldats ».

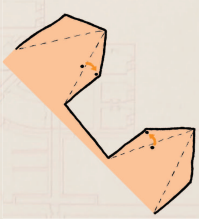
Naissance des bastions

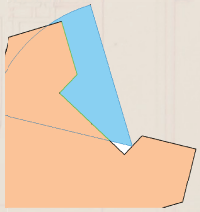
Jusqu'à présent nous avons travaillé sur des schémas réalisés à main levée. Quand nous avons reproduit proprement sur ordinateur les mêmes dessins nous nous sommes rendu compte d'un problème.





Pour corriger ce gros problème, il suffit de briser les flancs des bastions. Ainsi nous avons un angle de 90° entre la courtine et le bastion et nous avons le même principe de surveillance que précédemment.

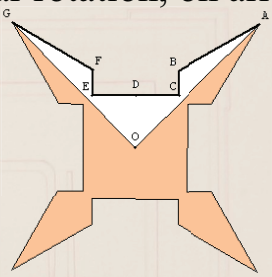


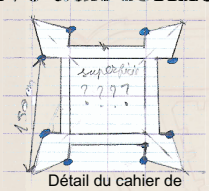


L'angle de tir (de la meurtrière) est de 60°, l'angle entre la courtine et le bastion doit largement dépasser 90° pour que le bastion ne soit pas réduit à un trait. Il nous reste (bien) moins de 30° d'angle au milieu de la courtine.

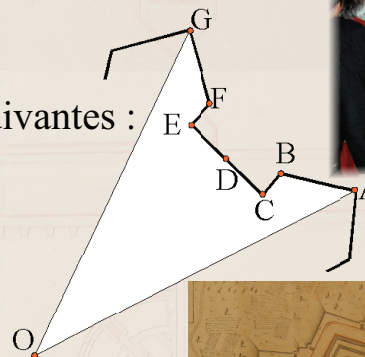
La forme

Nous obtenons la forme ci-contre :
Par rotation, on arrive aux formes suivantes :



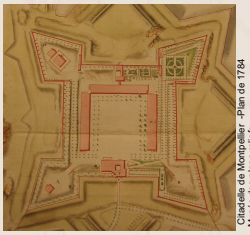


Détail du cahier de recherche des élèves.

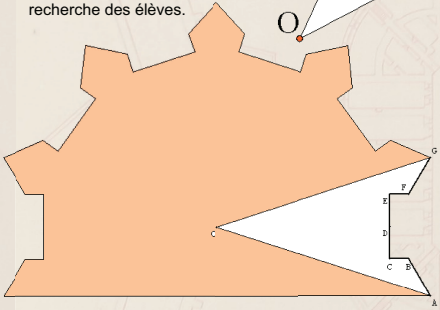


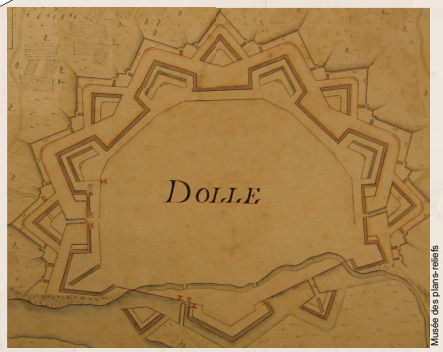
Animation sur stand à l'Université de Cergy-Pontoise.

Charlecoy -Plan de 1706 Musée des plans-reliefs



Citadelle de Montpellier -Plan de 1784 Musée des plans-reliefs





Musée des plans-reliefs

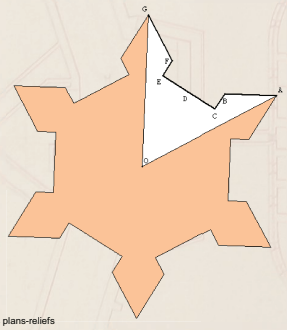
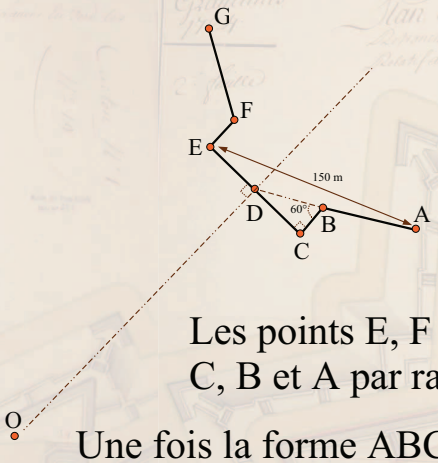
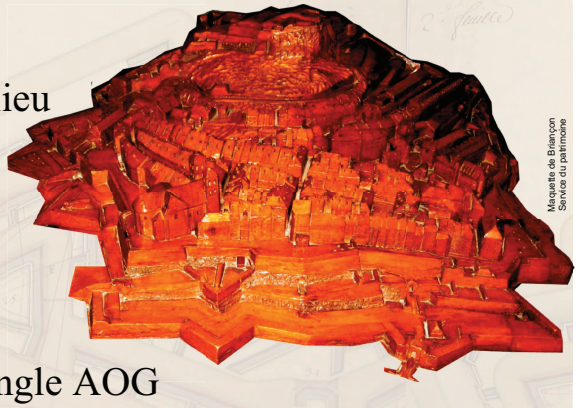


Photo de fond. Musée des plans-reliefs



Construction

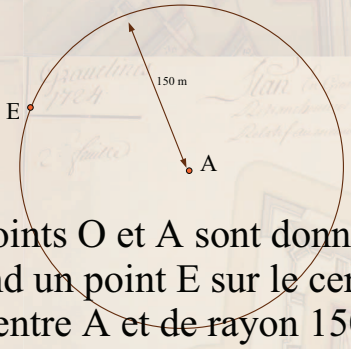
A et G sont les sommets de deux bastions consécutifs. D est le milieu de la courtine [EC].
O est le centre de la forteresse.



Les points E, F et G sont les symétriques de C, B et A par rapport à (OD).

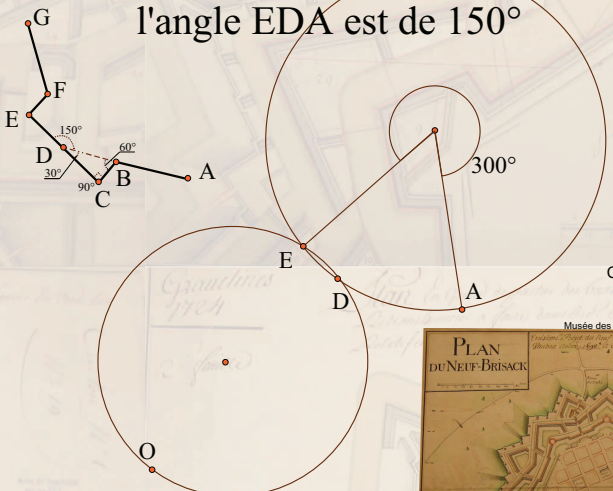
Une fois la forme ABCDEFG construite, par rotation d'angle AOG on obtient toute la fortification.

Système OAE...



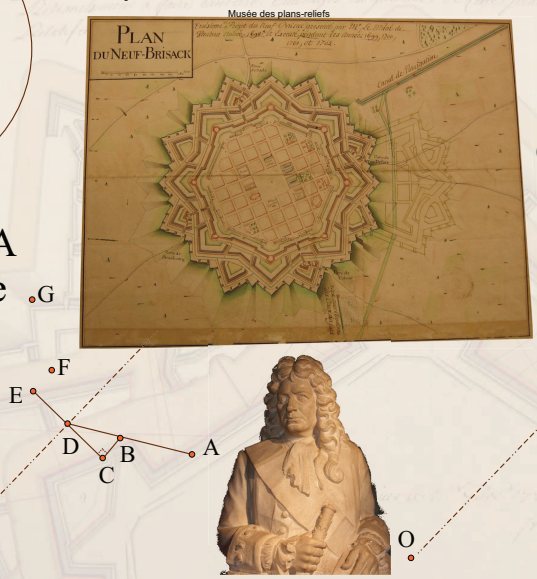
Les points O et A sont donnés, on prend un point E sur le cercle de centre A et de rayon 150 m.

Le point D doit vérifier deux contraintes :
l'angle EDO est de 90°
l'angle EDA est de 150°



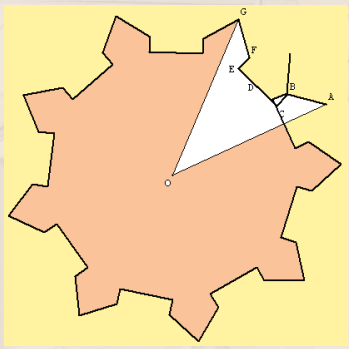
Les points G et C sont les images de A et E par la symétrie d'axe (OD).

Le point B est l'intersection de (DA) avec la perpendiculaire à (EC) passant par C.



La boulette !

Une fois la forme finie, nous l'avons fait tourner.



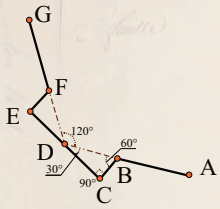
Dans notre construction, l'angle AOG n'est pas forcément un diviseur de 360°.

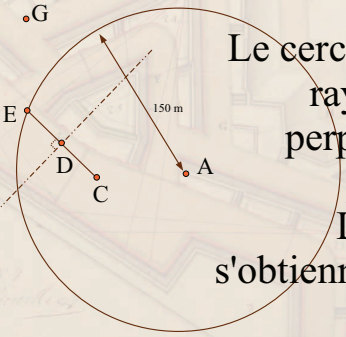
Construction de maquettes par les élèves

Système OAG...

On a toujours O et A de donnés, on prend G pour que l'angle AOG soit un diviseur de 360°.

On place le point D en remarquant que le triangle GDA est isocèle en D avec un angle de 120°.





Le cercle de centre A et de rayon 150 m coupe la perpendiculaire à (OD) passant par D en E.
Les points C, B et F s'obtiennent comme dans le système précédent.

Musée des plans-reliefs

Photo de fond. Musée des plans-reliefs