

JACQUES PITRAT

L'homme qui savait recoudre un bouton





L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

POURQUOI

Une partie d'échec commencée au début de l'humanité entre deux ordinateurs qui seraient dix fois plus puissants que le plus puissant qui existe aujourd'hui et développeraient l'arborescence complète des coups possibles en serait aujourd'hui au 2^o coup seulement.

LIMITE

Si je dis à un ordinateur « je prends l'avion demain », jamais il ne me répondra « alors, sors la machine à coudre ». Mais un humain peut le faire : voilà plusieurs jours qu'un bouton de mon manteau est défait et si je pars en voyage je ne peux plus attendre pour le recoudre.

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS VI)

pour l'obtention du

DOCTORAT TROISIEME CYCLE

Spécialité: MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Mention: INFORMATIQUE

par M. Michel BLIQUOT

Sujet de la thèse: Un programme qui résoud formellement les problèmes de constructions géométriques.

Soutenue le 13 JUIN 1975 devant la Commission

composée de: Président M. J.C. SIMON

Examinateurs: MM. M. CHEID
J. PIÉRAT

Invités: J. ONIMUS

DOCTORAT TROISIEME CYCLE

Spécialité : MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Mention : INFORMATIQUE

par **M.** Michel BUTHION

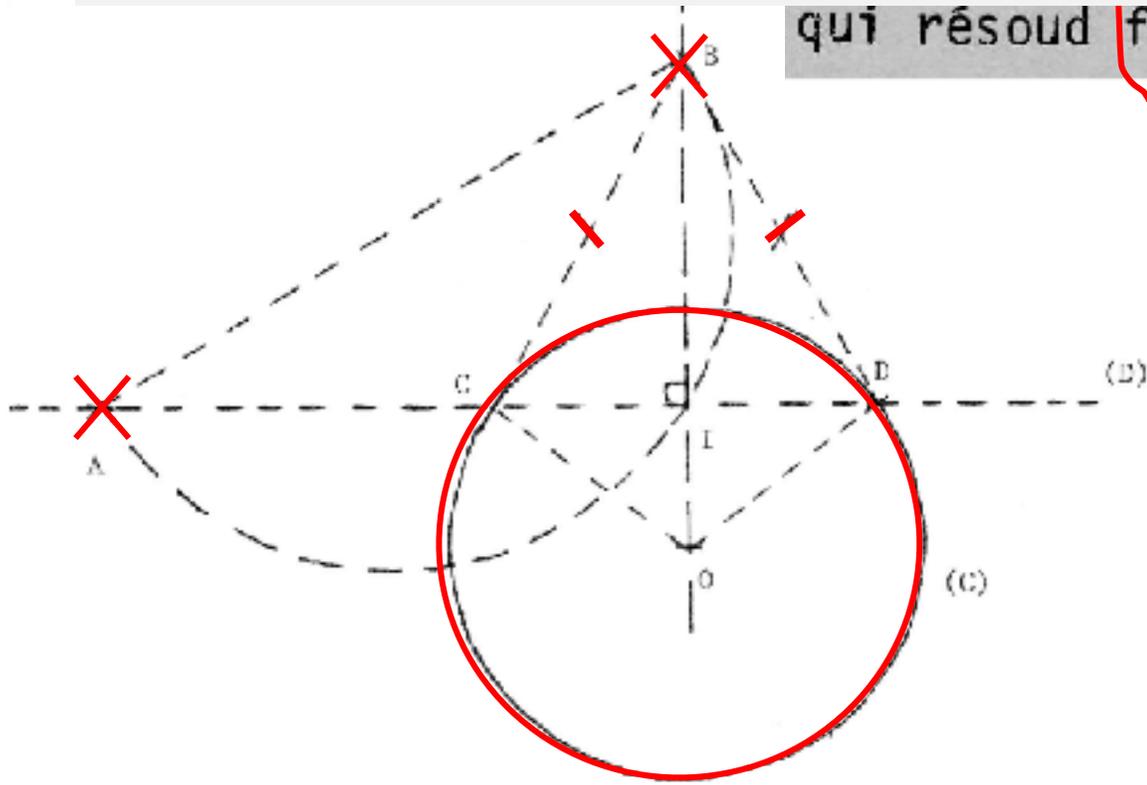
Sujet de la thèse : Un programme qui résoud formellement des problèmes de constructions géométriques.

Sujet de la thèse : Un programme qui résoud^t formellement des problèmes de constructions géométriques.

**Peut
mieux
faire!**

SITUATIONS L'OBJET DU PROGRAMME SUR UNE EXEMPLE CONCRET

qui résoud formellement des



```

27 DIRECT 2 DIR 26
28 DROITE 1 DRD 5 1
29 DIRECT 2 DIR 28
30 DROITE 1 DRD 6 1
31 ANGLE 2 ANG 20 T
31 ANGLE 2 ANG 7 2h
==LES ELEMENTS 31 ET 31 SONT REGROUPES SOUS LE NOM 31
32 DIRECT 2 DIR 32
32 DROITE 1 DRD 1 20
11 PASS # 31 34
12 PASS PER 7 32
34 ANGLE 2 ANG 26 28
35 ANGLE 2 ANG 24
13 PASS # 30 30
==LES ELEMENTS 35 ET 30 SONT REGROUPES SOUS LE NOM 30
36 ANGLE 2 ANG 30
14 PASS # 34 35
==LES ELEMENTS 36 ET 36 SONT REGROUPES SOUS LE NOM 36
==DESCENDANCE DE LA PROPRIETE PASSIVE NO 7
==DESCENDANCE DE LA PROPRIETE PASSIVE NO 8
37 LONGUE 2 DIS 4 21
38 LONGUE 2 SEN 40 4
15 PASS # 34 37
==LES ELEMENTS 38 ET 37 SONT REGROUPES SOUS LE NOM 37
39 LONGUE 2 DIS 3 7
40 LONGUE 2 SEN 20 3
16 PASS # 40 39
==LES ELEMENTS 40 ET 39 SONT REGROUPES SOUS LE NOM 39
41 CERCLE 0 DEC 4 3
17 PASS REC 4 3 20
3 ACTI APP 20 41
==DESCENDANCE DE LA PROPRIETE PASSIVE NO 9
==CETTE SENS-ARRORES-DESCENDE EST SATURÉE A 1
==DESCENDANCE DE LA PROPRIETE PASSIVE NO 10
==CETTE SENS-ARRORES-DESCENDE EST SATURÉE A 1
==DESCENDANCE DE LA PROPRIETE PASSIVE NO 11
==DESCENDANCE DE LA PROPRIETE PASSIVE NO 12
42 LONGUE 2 DIS 4 32
18 PASS # 37 42
==LES ELEMENTS 42 ET 37 SONT REGROUPES SOUS LE NOM 37
43 LONGUE 2 DIS 1 7
44 LONGUE 2 SEN 20 1
19 PASS # 44 43
20 PASS REC 4 1 20
==LES ELEMENTS 44 ET 43 SONT REGROUPES SOUS LE NOM 43
45 CERCLE 0 DEC 4 1
4 ACTI APP 20 45
==INDUS POURVOIR CONSTITUIRE SUCCESSIVEMENT-
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45

```

On donne un cercle (C) et deux points A et B hors du cercle. Construire avec la règle et le compas une droite (D) passant par A et dont les intersections C et D avec (C) soient équidistantes du point B.

Succès en 2,620 s

SUCCESS
UNITE PRECEDENTE 2620

L'ALGORITHME GEOM puis GEOM2

**GEO
M**



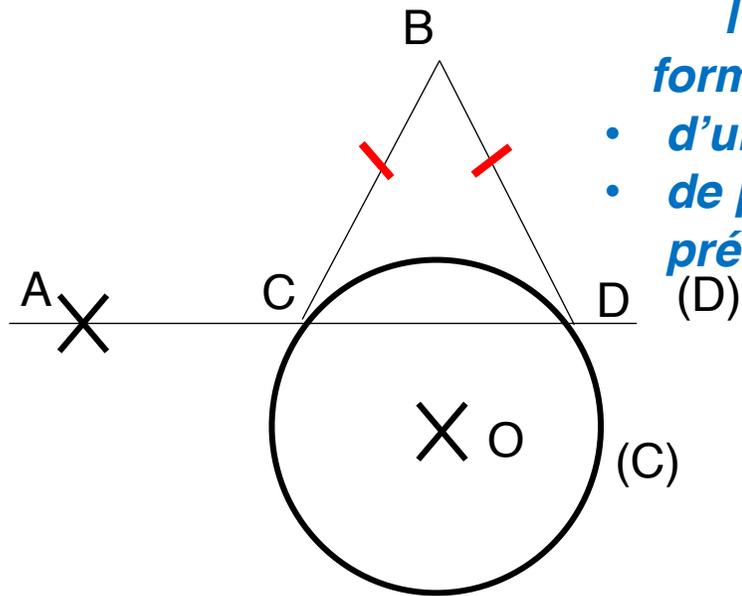
L'ALGORITHME GEOM3 → NOUVEAUX CONCEPTS

Je décide donc de réécrire complètement GEOM :

- en le dotant d'une figure, formelle bien entendu,
- en apprenant à l'algorithme d'unification l'usage de cette figure
- en ajoutant des modules spécifiques dédiés aux droites, aux égalités et aux degrés de liberté...

1-INITIALISATION DE L'EXERCICE

Figure humaine



L'énoncé de l'exercice – et rien que l'énoncé – est traduit dans le formalisme de GEOM3 sous forme:

- *d'une figure*
- *de propriétés (en polonaise préfixée)*

propriétés formelles

Figure formelle

Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	
(C)	Cercle	0	CER 0,R
(D)	Droite	2	
C	Point	2	
D	Point	2	

APD A, (D)

APD C, (D)

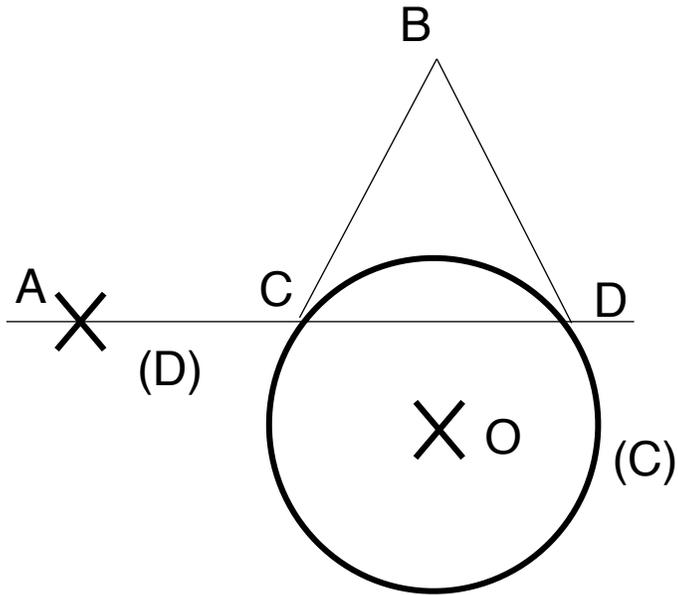
APD D, (D)

APP C, (C)

APP D, (C)

= SEG B,C SEG B,D

2-la méthode



APD A, (D)

APD C, (D)

APD D, (D)

APP C, (C)

APP D, (C)

Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	
(C)	Cercle	0	CER O,R
(D)	Droite	2	
C	Point	2	
D	Point	2	
			= SEG B,C SEG B,D

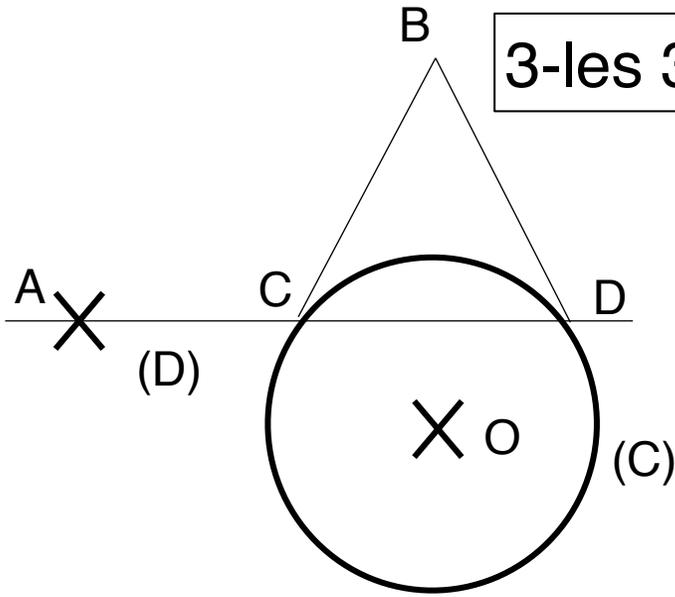
Le programme va maintenant développer son arborescence en couches horizontales successives à partir des propriétés initiales avec, à chaque étape:

Création de nouvelles propriétés par unification avec les théorèmes de la géométrie

Mise à jour de la figure et des degrés de liberté

Traitement spécifique du prédicat =

3-les 3 premières propriétés



APD A, (D)

APD C, (D)

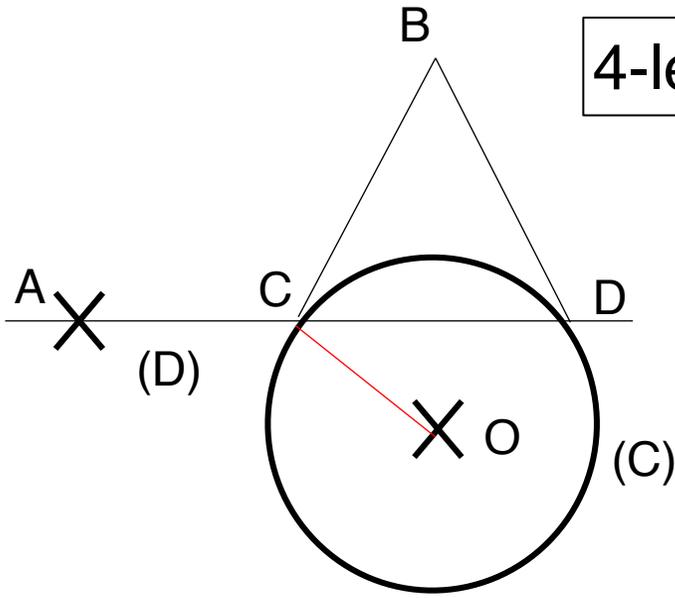
APD D, (D)

Aucune unification ne réussit

- Ajout des points A, C et D sur la droite (D)
- Le degré de liberté de (D) est réduit puisque l'un de ses points, A, est de degré de liberté 0.

Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	
(C)	Cercle	0	CER O,R
(D)	Droite	1	DRO A, C, D
C	Point	2	
D	Point	2	

4-le point C est sur (C)



APP C, (C)

Unification avec le théorème

= SEG 0,C R

- Si un point X appartient au cercle de centre Y et de rayon Z
- Alors, la longueur du segment XY vaut R

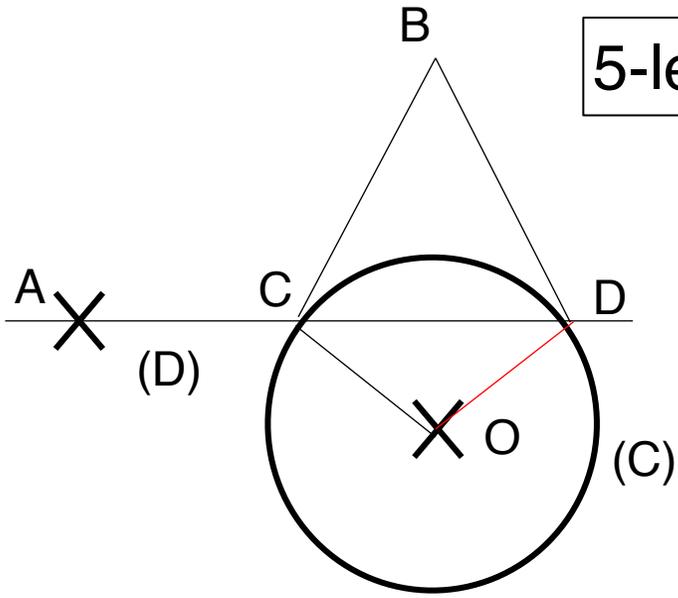
L'algorithme d'unification a trouvé CER 0,R dans les représentants de (C)

Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	SEG 0,C
(C)	Cercle	0	CER 0,R
(D)	Droite	1	DR0 A, C, D
C	Point	1	
D	Point	2	

- R bénéficie d'un nouveau représentant
- C perd un degré de liberté

Le traitement spécifique au prédicat $=$ ne donne rien
la propriété = SEG 0,C R est supprimée de la base.

5-le point D est sur (C)



Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	SEG 0,C / SEG 0,D
(C)	Cercle	0	CER 0,R
(D)	Droite	1	DR0 A, C, D
C	Point	1	
D	Point	1	

APP D, (C)

Unification avec le théorème

- SEG 0,D

- Si un point X appartient au cercle de centre Y et de rayon Z
- Alors, la longueur du segment XY vaut R

L'algorithme d'unification a trouvé CER 0,R dans les représentants de (C)

D perd un degré de liberté et R hérite d'un nouveau représentant

Unification avec le théorème

ISO OCD

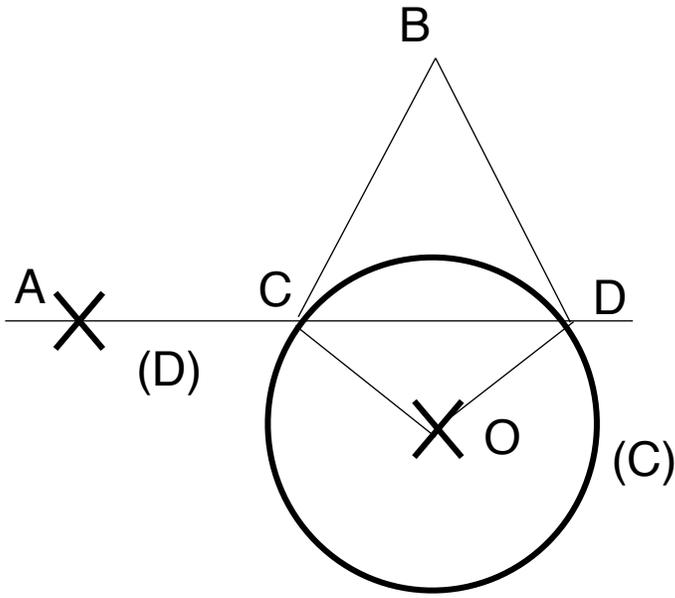
la propriété = SEG 0,D

- Si deux segments XY et XZ sont égaux
- Alors, XYZ est isocèle

L'algorithme d'unification a trouvé SEG 0,C dans les représentants de R

R est supprimée de la base.

6-BC et BD sont égaux



= SEG B,C SEG B,D

Unification avec le
théorème

ISO BCD

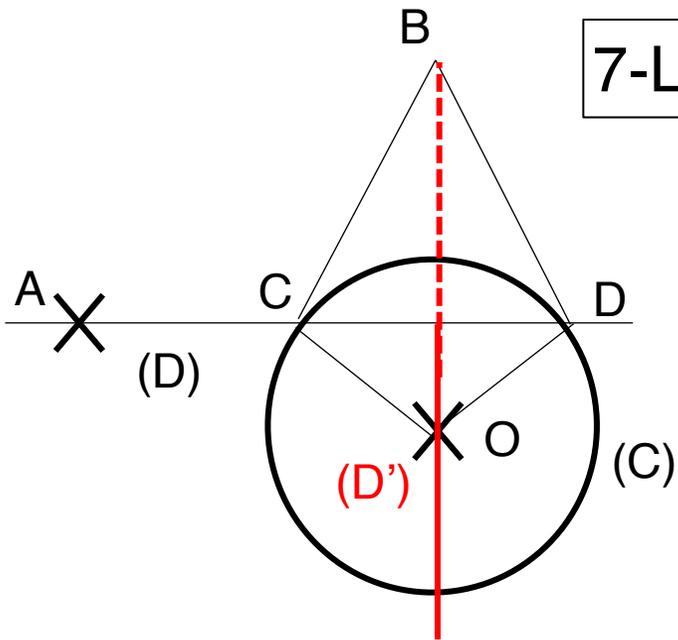
- Si XY et XZ sont égaux
- Alors, le triangle XYZ est isocèle

Création du réel a avec BC et BD pour représentants

la propriété = SEG B,C SEG B,D est supprimée de la base.

Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	SEG 0,C / SEG 0,D
(C)	Cercle	0	CER 0,R
(D)	Droite	1	DR0 A, C, D
C	Point	1	
D	Point	1	
a	longueur	2	SEG B, C / SEG B,D

7-Les triangles isocèles



*On a terminé le développement de la première couche horizontale.
On attaque la seconde.*

Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	SEG 0,C / SEG 0,D
(C)	Cercle	0	CER 0,R
(D)	Droite	1	DR0 A, C, D
C	Point	1	
D	Point	1	
a	Longueur	2	SEG B,C / SEG B,D
(D')	droite	0	MED D,C / DRO 0, B

ISO OCD

Unification avec le théorème

APD O MED C,D

- Si un triangle XYZ est isocèle en X
- Alors, X appartient à la médiatrice de YZ

ISO BCD

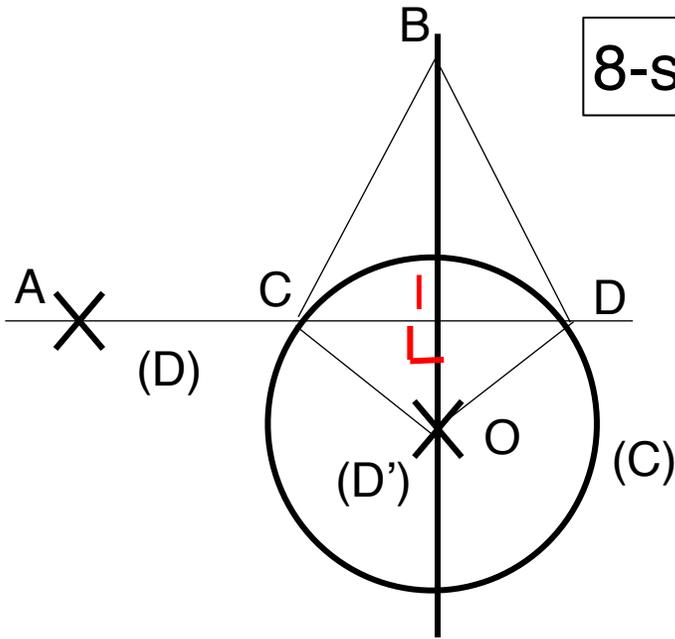
Unification avec le même théorème

APD B MED C,D

La droite (D') est créée
Elle contient le point O de degré 0
Donc elle est de degré 1

La droite (D'') est créée. Elle contient le point B.
Elle partage avec (D') un même représentant, MED C,D
→ Donc (D'') est supprimée et (D') mise à jour
→ (D') contient B de degré nul, donc est de degré nul.

8-sautons quelques étapes



Par souci de clarté, ne sont présentés qu'une partie de la figure et des propriétés

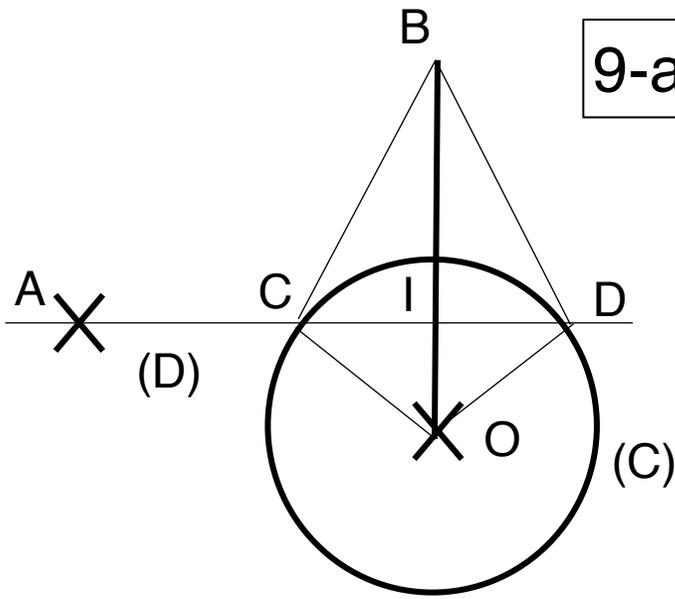
Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	SEG 0,C / SEG 0,D
(C)	Cercle	0	CER 0,R
(D)	Droite	1	DRO A, C, D, I
C	Point	1	
D	Point	1	
a	Longueur	2	SEG B,C / SEG B,D
(D')	Droite	0	MED C,D / DRO 0, B, I
I	Point	1	MIL C,D

En continuant, GEOM3 va

- créer le point I, milieu de CD
- découvrir que ce point est sur les droites (D) et (D')
- En déduire qu'il perd un degré de liberté
- trouver que les droites (D) et (D') sont perpendiculaires.

PER (D), (D')

9-avant-dernière étape



Par souci de clarté, ne sont présentés qu'une partie de la figure et des propriétés

Nom	Nature	Deg Lib	représentants
A	Point	0	
B	Point	0	
O	Point	0	
R	Longueur	0	SEG 0,C SEG 0,D
(C)	Cercle	0	CER 0,R
(D)	Droite	1	DR0 A, C, D, I
C	Point	1	
D	Point	1	
(D')	Droite	1	MED C,D DRO O,I,B
I	Point	1	MIL C,D

PER (D), (D')

Unification avec le théorème

REC I,A,B

Cette propriété n'entraîne aucune mise à jour de la figure

- Si deux droites XY et XZ sont perpendiculaires
- Alors, XYZ est un triangle rectangle

En fait, en allant fouiller dans les représentants de (D) et (D'), l'algorithme d'unification trouve plusieurs triangles rectangles, dont celui-ci qui nous intéresse.

PETITE SYNTHÈSE SUR GEOM3

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

- Une figure formelle qui s'enrichit progressivement «à la demande» des propriétés démontrées
- Un algorithme d'unification capable d'exploiter cette figure
- Quelques traitements spécifiques, notamment pour les droites, les égalités et les degrés de liberté
- Priorité aux théorèmes qui ont des chances de faire diminuer les degrés de liberté

GEOM3 dispose de deux modules complémentaires

- «Somme de segments» qui se déclenche si la fonction + SEG WX SEG YZ apparaît
- «Homothétie» qui se déclenche en cas d'échec.

Ces modules sont très spécifiques et font objectivement penser chacun à un «truc»: c'est bien ce qu'ils sont dans le programme comme dans la tête des matheux.

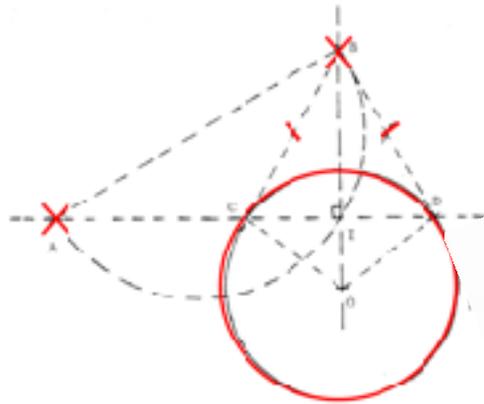
D'autres modules auraient pu être développés avec les transformations géométriques ROTATION et INVERSION.



1975



2020



DOSSIER
Intelligence
révolution
Que votre intelligence artificielle s'immiscie 24 heures
à domicile ou bureau ou en finant

ACTUALITÉ
L'intelligence artificielle
Prenez vos photos sur

Quand l'intelligence
dans nos vies
Détail mais que



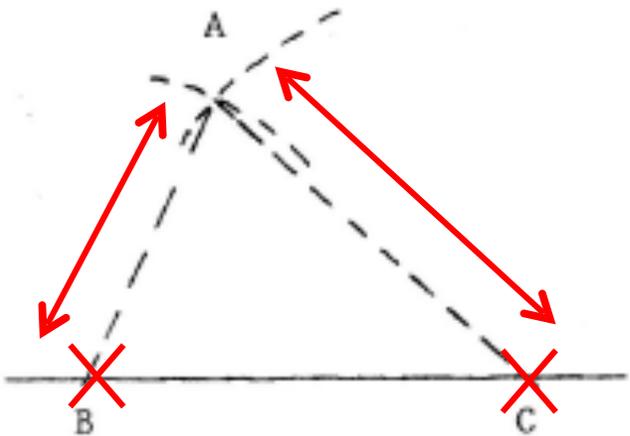
MERCI DE VOTRE ATTENTION



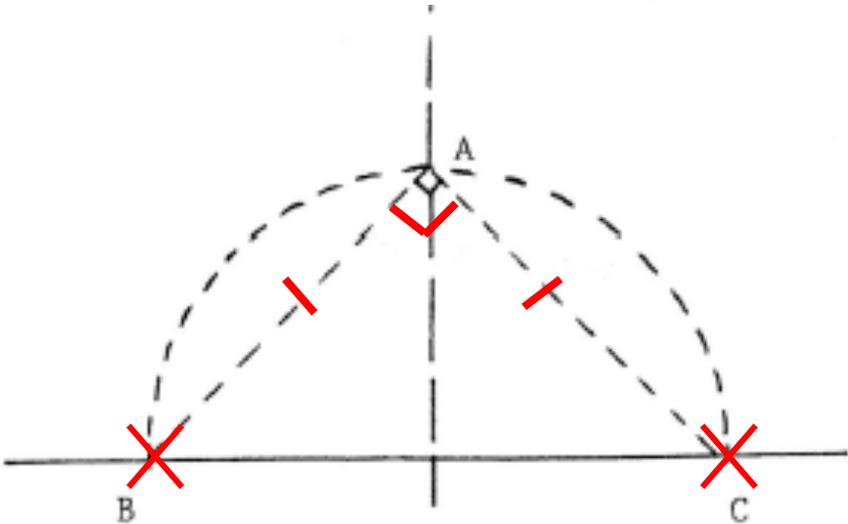
JACQUES PITRAT

Diapos supplémentaires si des questions le nécessitent

DEUX EXEMPLES TRES SIMPLES DE PROBLEMES DE CONSTRUCTION

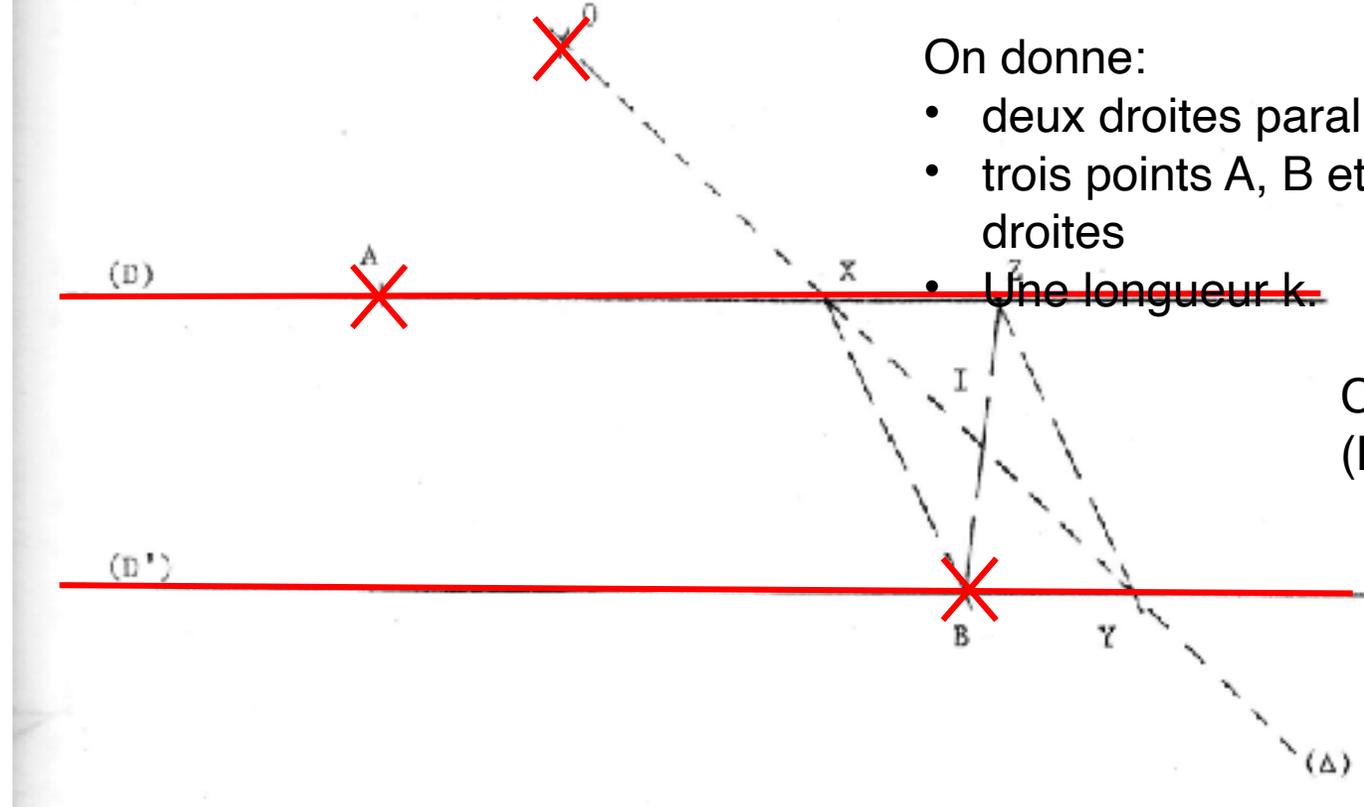


Construire le triangle ABC, connaissant B, C et les longueurs AB et AC



Construire le triangle ABC rectangle et isocèle en A, connaissant B et C

UN EXEMPLE UTILISANT LE MODULE «SOMME DE SEGMENTS»



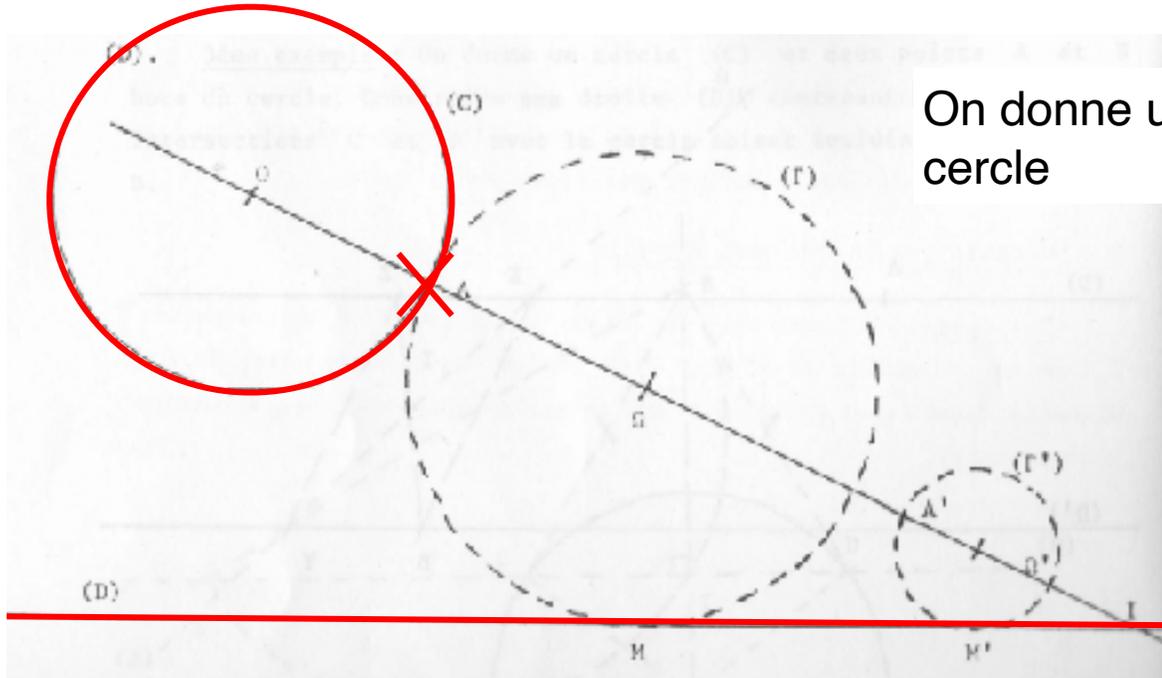
On donne:

- deux droites parallèles, (D) et (D')
- trois points A, B et O, respectivement sur (D), sur (D') et hors des droites
- Une longueur ~~k.~~

Construire une droite passant par O coupant (D) en X et (D') en Y de façon que :

$$AX + BY = k$$

UN EXEMPLE UTILISANT LE MODULE «HOMOTHETIE»



On donne une droite (D), un cercle (C) et un point A sur le cercle

Construire un cercle tangent au cercle (C) en A et tangent à la droite (D).