




# RESSOURCES

## FRITTAGE

- ↳ DR1 : exemples de matériaux frittables
- ↳ DR2 : processus de frittage
- ↳ DR3 : données générales sur le frittage 
- ↳ DR4 : exemple de pièces frittées

## INJECTION

- ↳ DR1 : matériaux plastiques 
- ↳ DR2 : Simulations d'injection
- ↳ DT5 : Plan de l'ensemble moto-réducteur de lève vitre
- ↳ DT10 : nomenclature
- ↳ Vidéos 
  - ↳ 1-présentation
  - ↳ 2 - matière
  - ↳ 3 - groupe injecteur
  - ↳ 4 - moule
  - ↳ 6 - remplissage empreinte
  - ↳ 7 - alimentation

## DECOUPAGE ET EMBOUTISSAGE

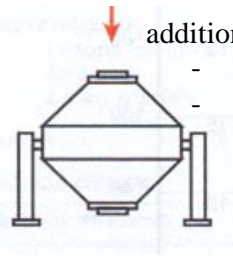
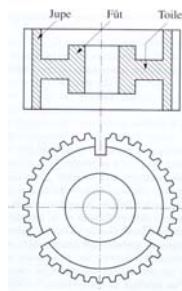
- ↳ DR1 : principes d'outils de découpe
- ↳ DR2 : principe de l'emboutissage
- ↳ DR3 : exemples d'outils de découpe
- ↳ DR4 : outil à suivre
- ↳ DR5 : matériaux déformables à froid

## Exemples de matériaux frittibles DR 1

Famille de matériaux	Exemple	Procédé de mise en forme	Procédé de frittage	Applications
Alliages ferreux	Fe-Cu-C	Compression uniaxiale, moulage par injection	Frittage avec phase liquide transitoire à 1 120 °C	Pièces de structure (automobile), aimants doux
Métaux réfractaires	W, Mo, Ta	Compression uniaxiale	Frittage par résistance à 2 000-3 000 °C	Filaments, éléments chauffants
Bronzes poreux	Cu <sub>90</sub> Sn <sub>10</sub>	Compression uniaxiale ou isostatique	Frittage avec phase liquide transitoire vers 800 °C	Filtres, paliers autolubrifiés
Aimants de terre rare	Sm-Co, Nd-Fe-B	Compression uniaxiale ou isostatique sous champ magnétique	Frittage avec phase liquide vers 1 000-1 200 °C	Aimants permanents (moteurs)
Céramiques traditionnelles	Faïences et porcelaines (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> )	Coulage en barbotine, extrusion	Frittage réactif avec phase liquide ou vitreuse	Vaisselle, matériaux de construction
Alumine	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Coulage en barbotine, extrusion, compression uniaxiale, moulage par injection	Frittage en phase solide vers 1 600 °C	Réfractaires, isolants électriques ou thermiques, outils de coupe ou d'abrasion
Perovskites diélectriques	BaTiO <sub>3</sub>	Coulage en barbotine	Frittage en phase solide ou avec phase liquide, vers 1 300 °C	Condensateurs, piezoélectriques
Ferrites et grenats	MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , Y <sub>3</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	Filtre-pressage (sous champ magnétique), extrusion	Frittage en phase solide	Aimants doux (support d'enregistrement) et aimants durs
Carbures cémentés	WC-Co	Compression uniaxiale, moulage par injection	Frittage avec phase liquide vers 1 400 °C	Outils de coupe ou d'abrasion

# Processus de frittage DR 2

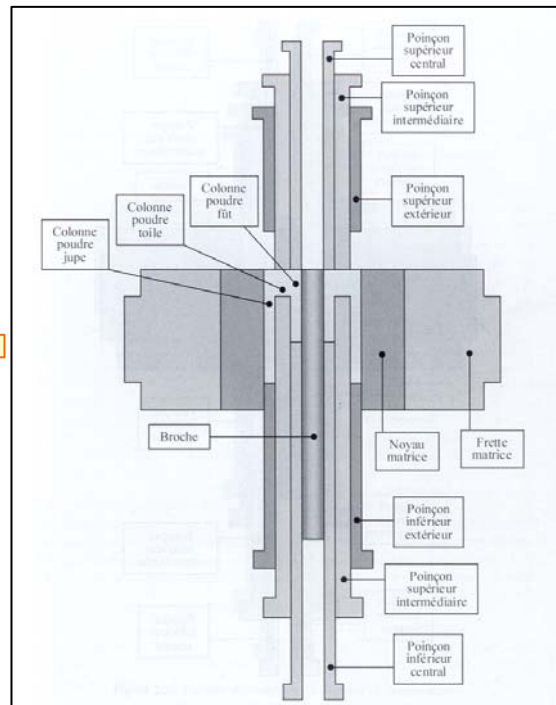
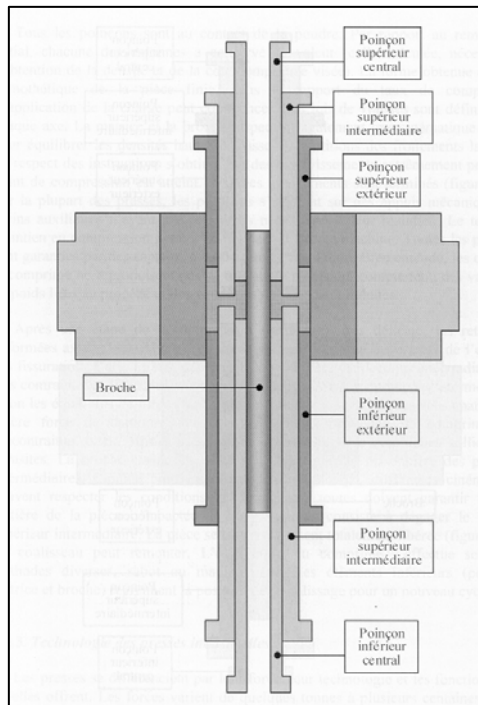
Pièce à fabriquer



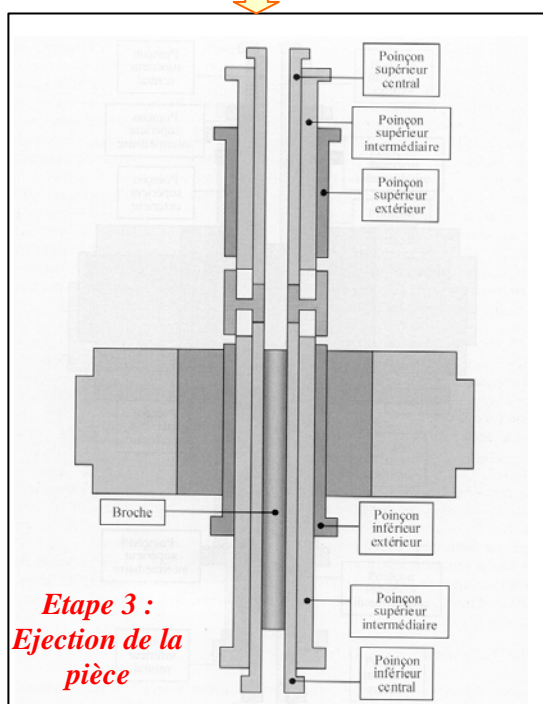
addition éventuelle de :

- lubrifiant pour la compression
- autres poudres

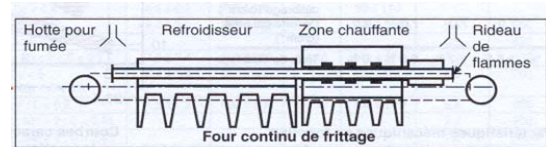
**Etape 1 - Melange**



**Etape 2 - Compression**

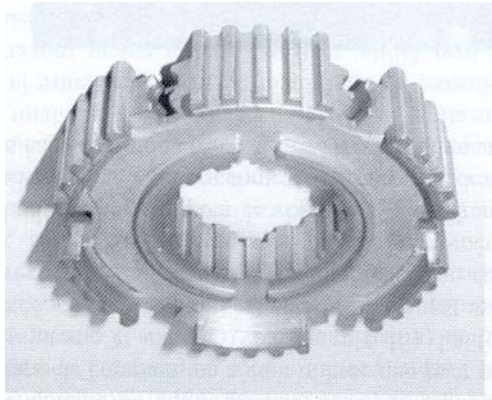


**Etape 3 :  
Ejection de la  
pièce**

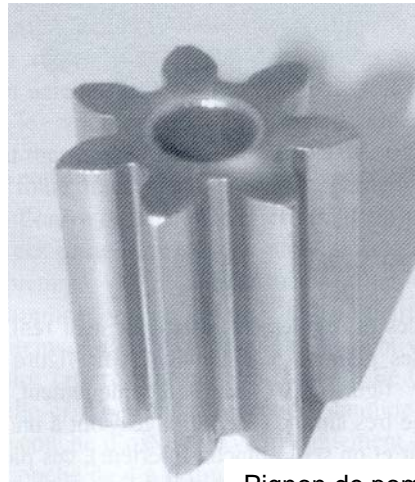


**Etape 4 - Frittage**

**Etape 5 - Calibrage  
nouvelle compression de  
la pièce**



Moyeu de synchroniseur



Pignon de pompe à huile à engrenage



Pignons de pompe à huile



Poulies de distribution



Pignons

Les quatre simulations de la roue ont les caractéristiques suivantes en commun.



### Caractéristiques de la pièce "roue" étudié

Pièce	
Surface	14630.5 mm <sup>2</sup>
Volume	17554.3 mm <sup>3</sup>
Masse	22.8 g

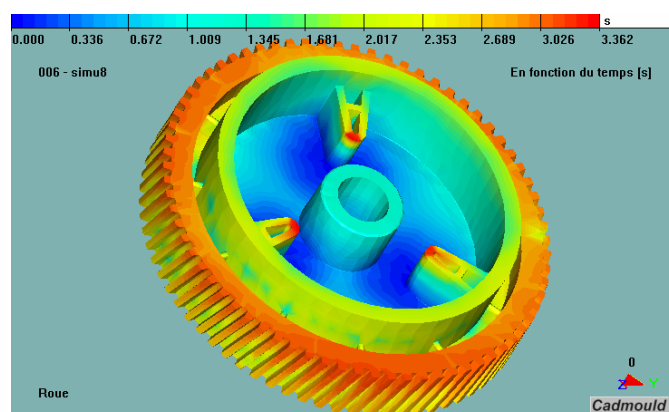
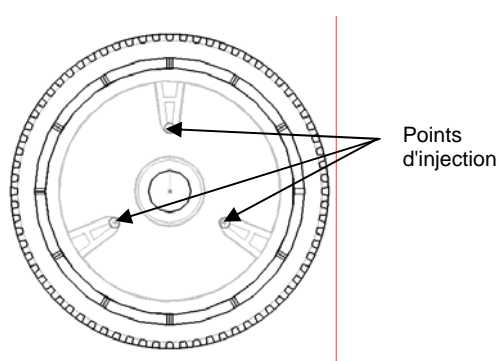
### Matériaux de la pièce

Donnée matière	
Nom	ULTRAMID A 3 X2 G5
Type	PA-66
Fabriquant	BASF
Données thermiques	
Conductivité thermique	0.125 W/m/K
Diffusivité thermique	0.03794 mm <sup>2</sup> /s
Température de non écoulement	250 °C

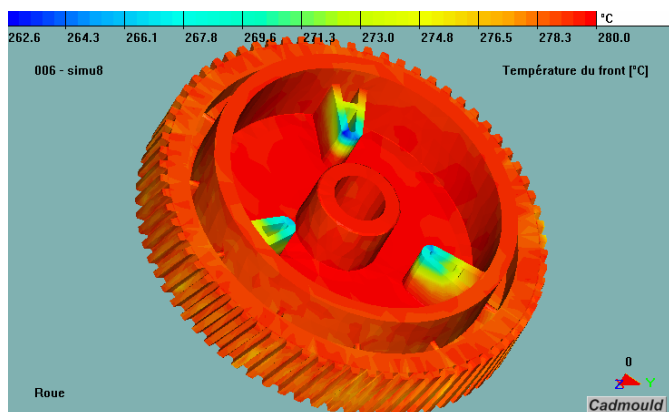


## Simulation 1

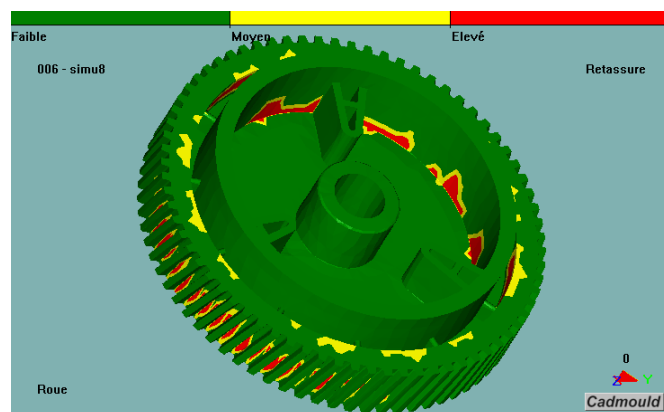
Conditions d'injection	
Temps de Remplissage	3 s
Température matière	280 °C
Température de Paroi	80 °C
Température d'éjection	100 °C



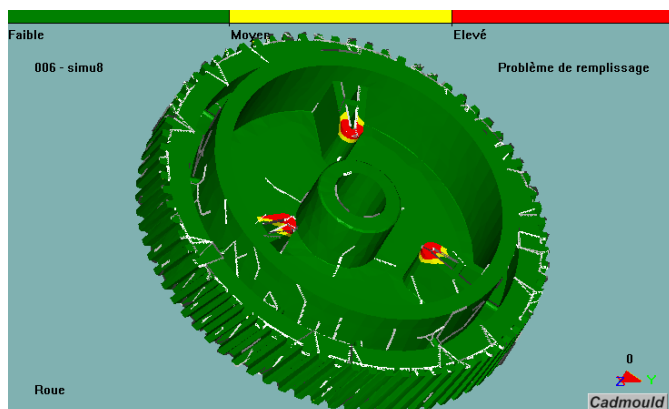
Simulation du front de matière en fonction du temps



simulation du front de matière en fonction de la température



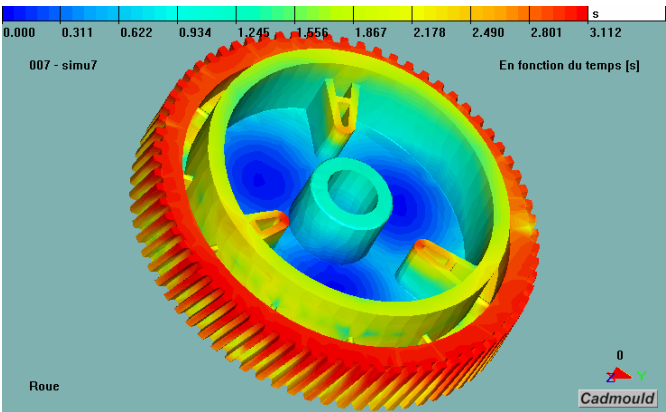
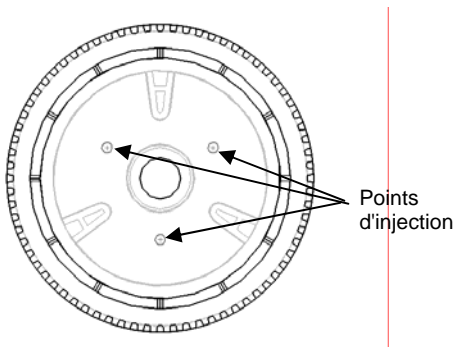
retassures



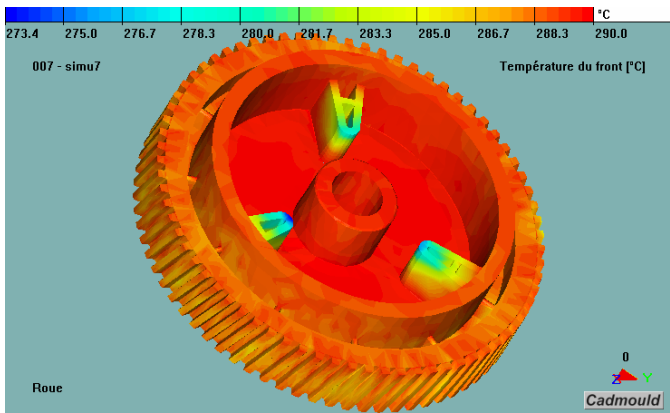
Problème de remplissage avec ligne de soudure

Simulation 2

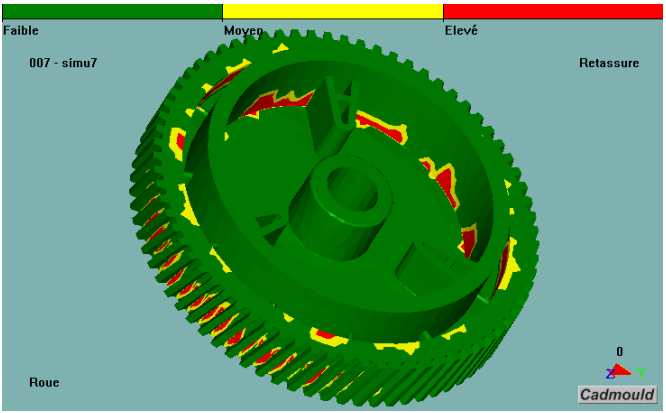
Conditions d'injection	
Temps de Remplissage	3 s
Température matière	290 °C
Température de paroi	80 °C
Température d'éjection	100 °C



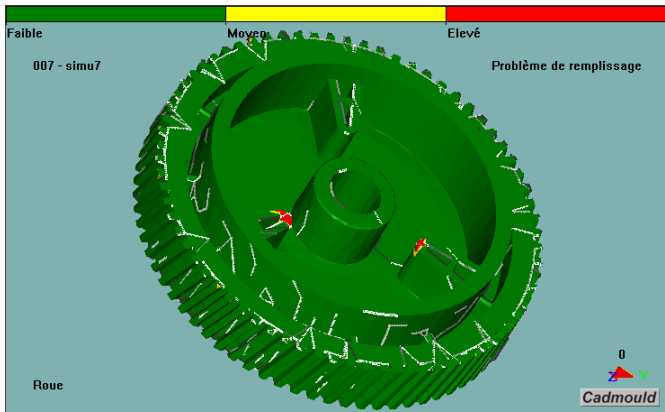
Simulation du front de matière en fonction du temps



simulation du front de matière en fonction de la température



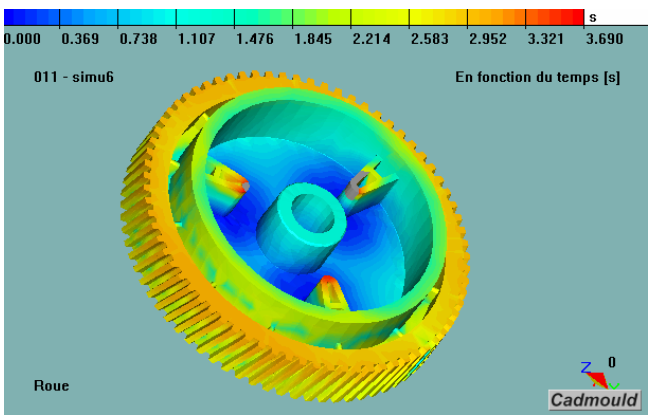
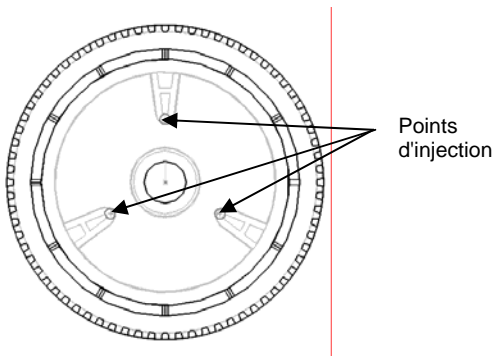
retassures



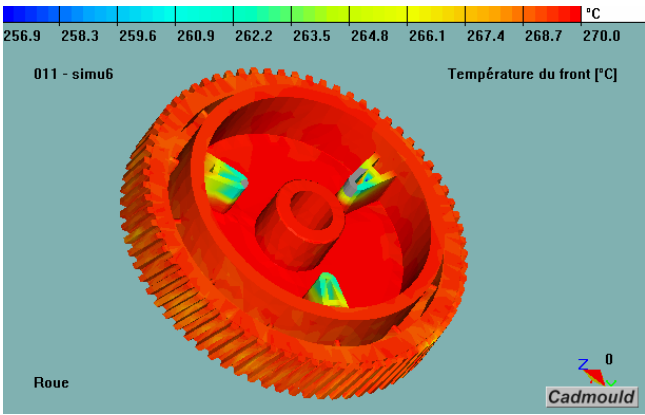
Problème de remplissage avec ligne de soudure

Simulation 3

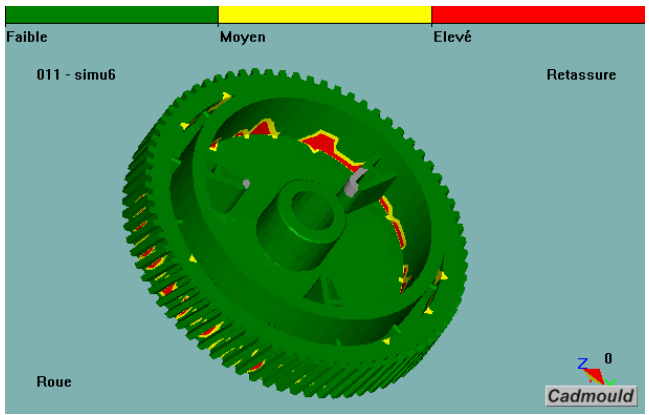
Conditions d'injection	
Temps de Remplissage	3 s
Température matière	270 °C
Température de Paroi	70 °C
Température d'éjection	100 °C



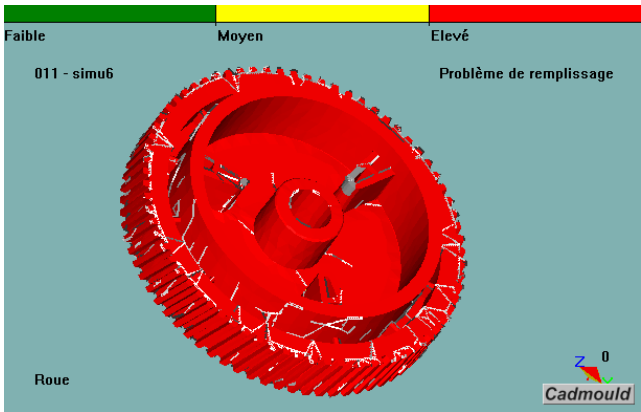
Simulation du front de matière en fonction du temps



simulation du front de matière en fonction de la température



retassures

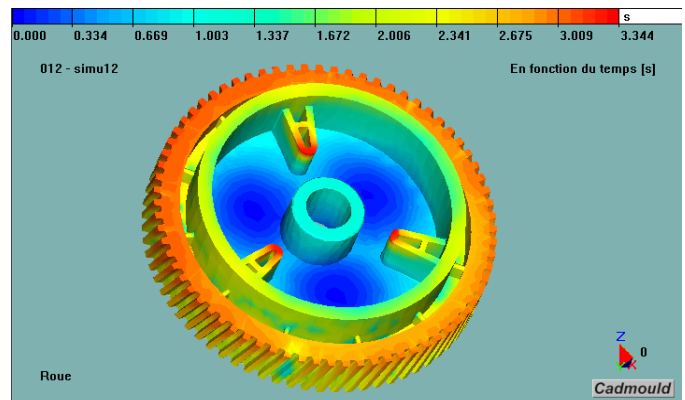
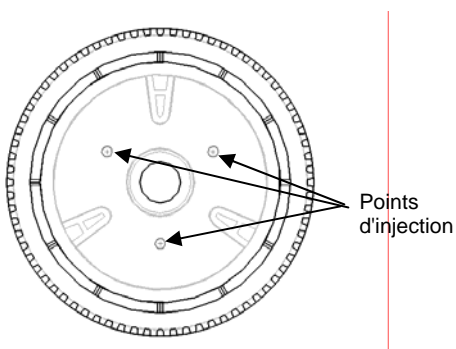


Problème de remplissage avec ligne de soudure

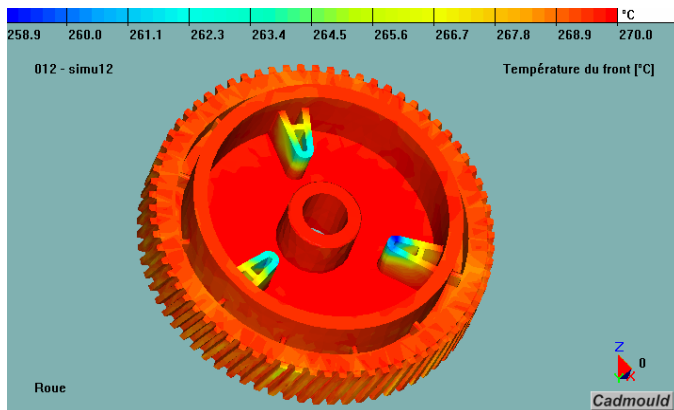


## Simulation 4

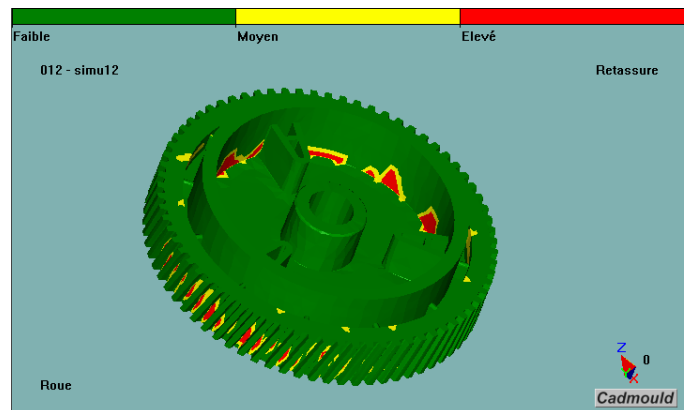
Conditions d'injection	
Temps de Remplissage	3 s
Température matière	270 °C
Température de Paroi	70 °C
Température d'éjection	100 °C



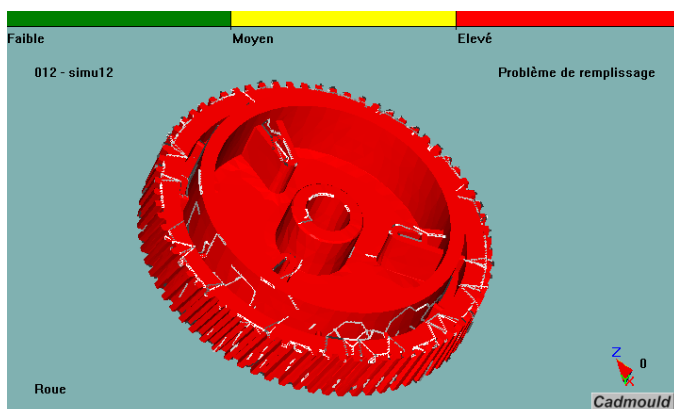
Simulation du front de matière en fonction du temps



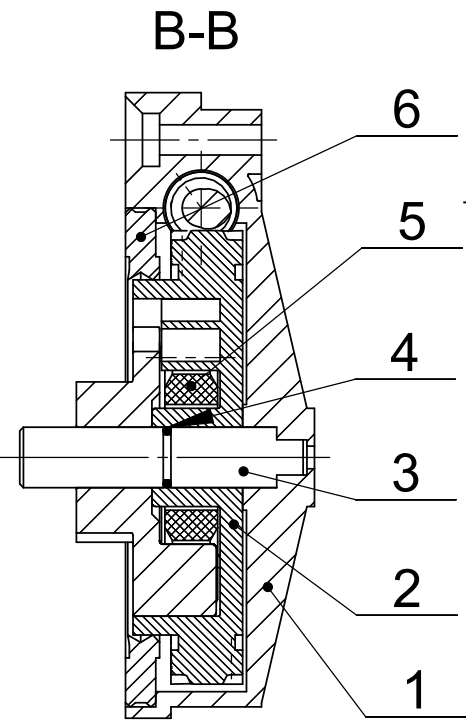
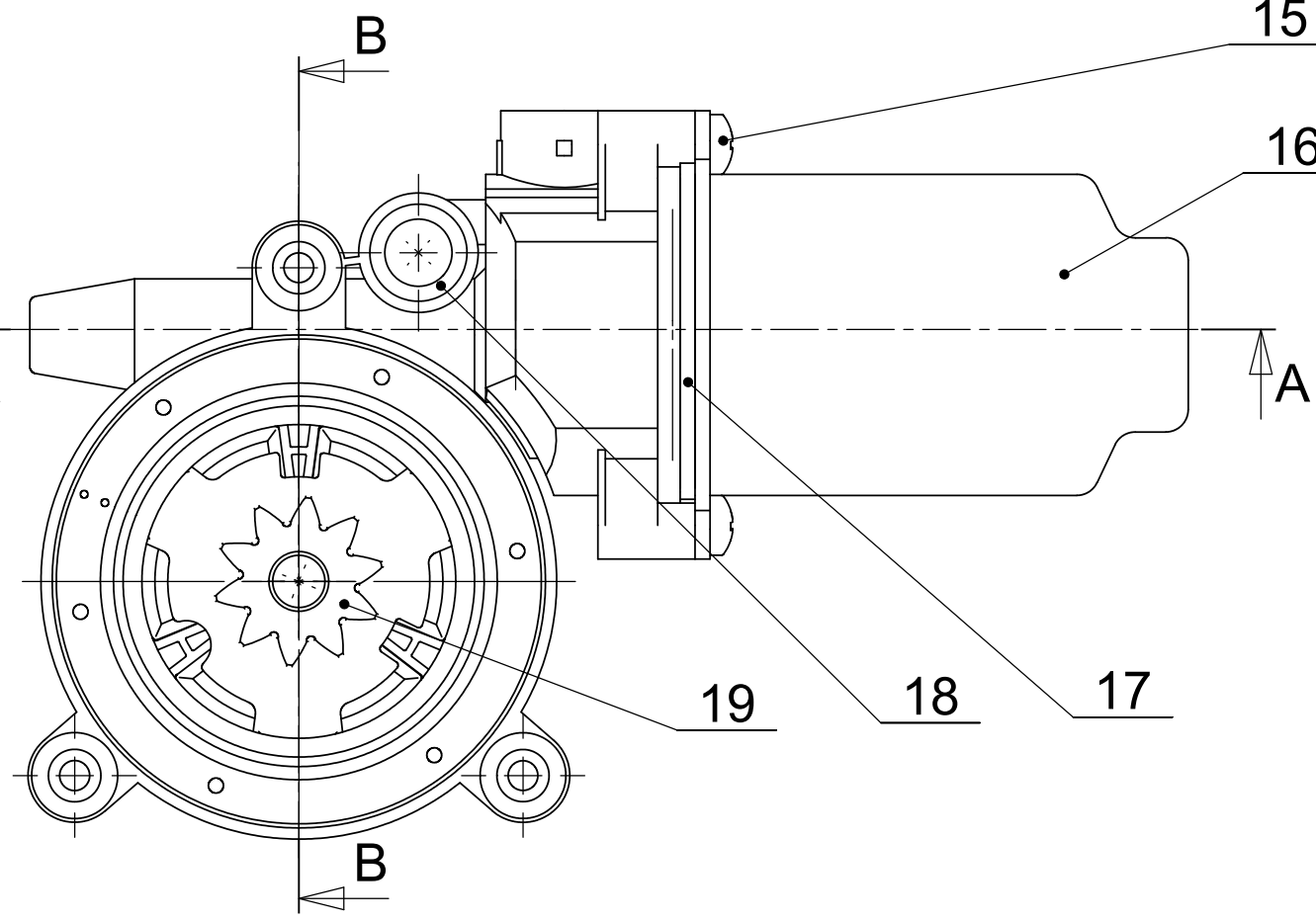
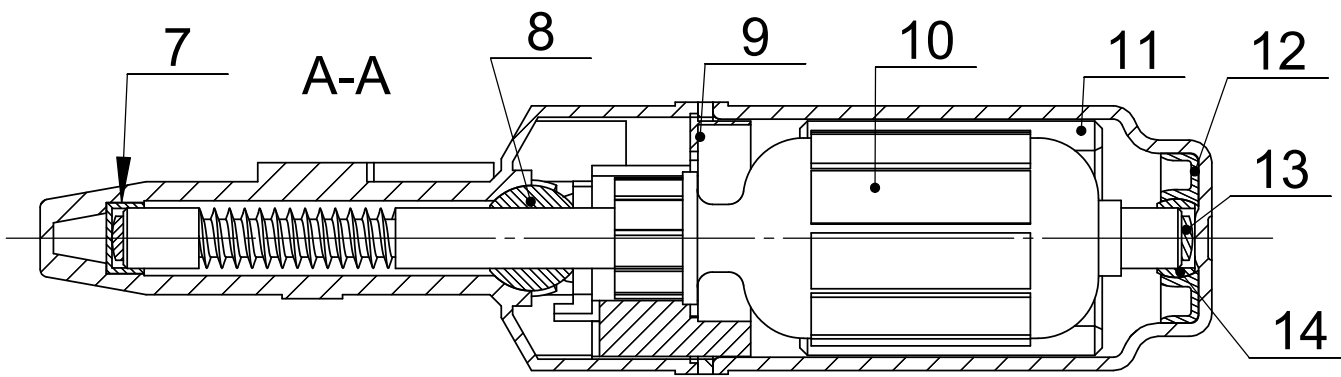
simulation du front de matière en fonction de la température



retassures



Problème de remplissage avec ligne de soudure



Echelle : 1:1

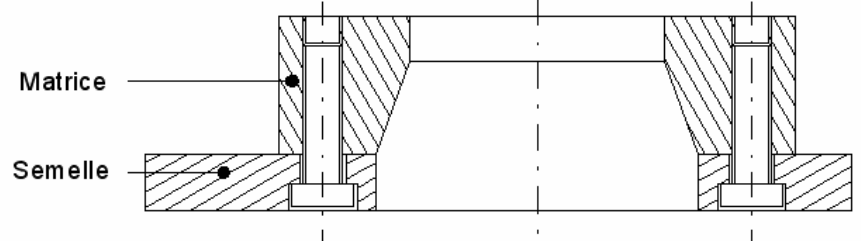
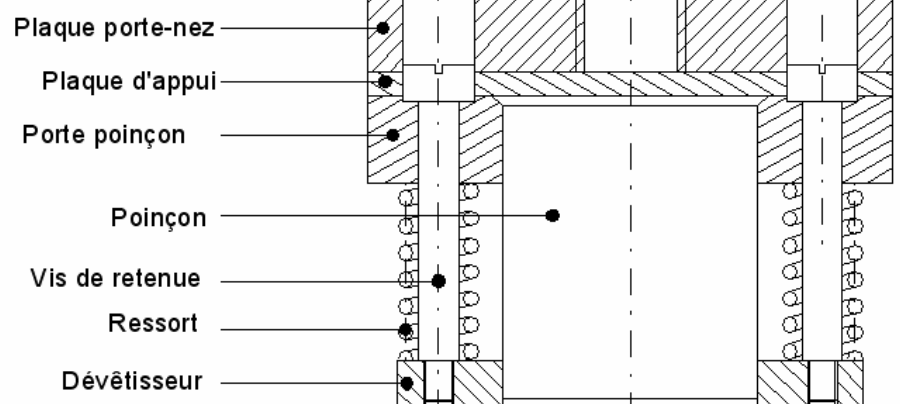
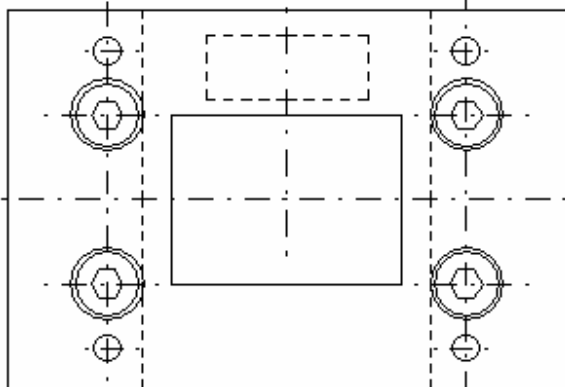
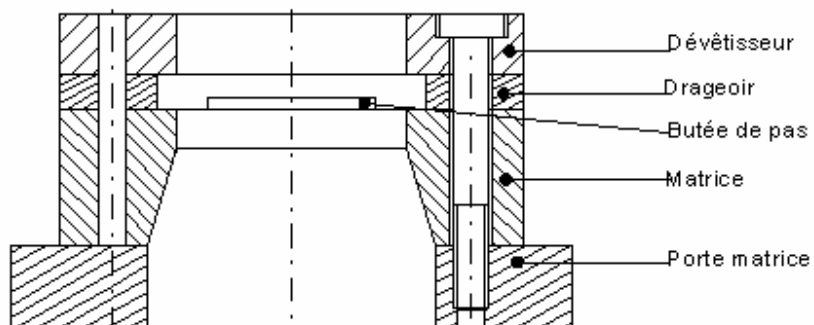
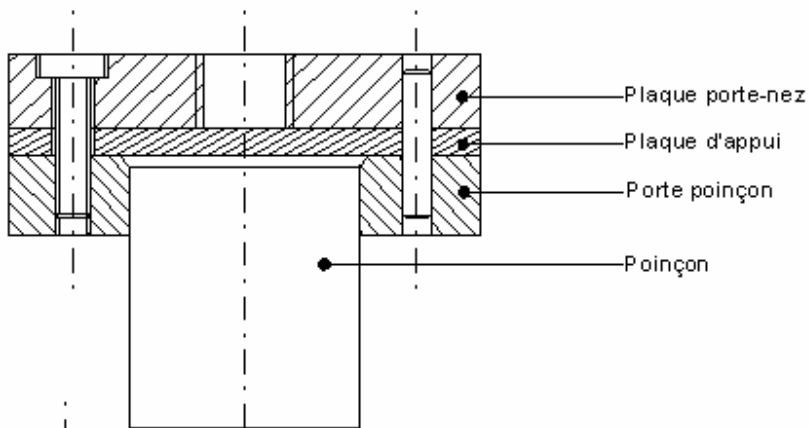
A4 - DT5

# Moto-réducteur de LEVE VITRE

ENSEMBLE coté conducteur

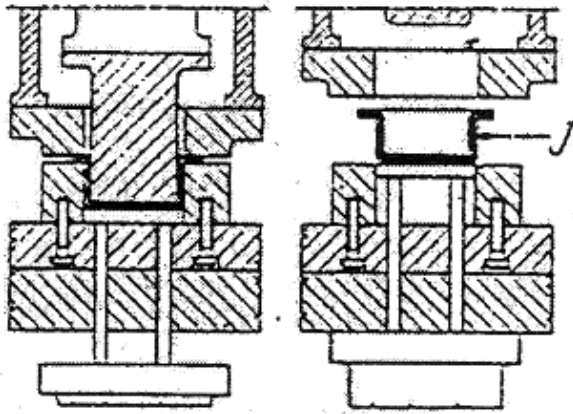
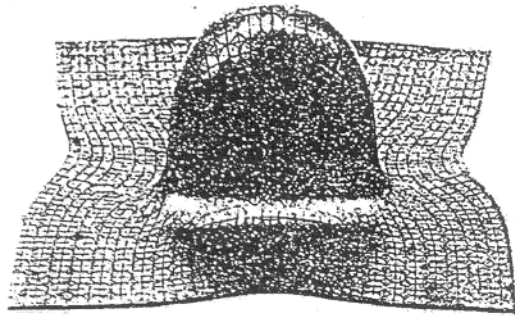
19	1	Pignon d'attaque (Z = 10 ; m = 1,75mm)	FC10-U3-64	Fritté
18	1	Bouchon		Caoutchouc + papier
17	1	Joint moteur		
16	1	Carter moteur	E36	
15	4	Vis de fixation du moteur		
14	1	Coussinet droit sur rotule	P1026	(Afnor FC10-72)
13	2	Butée axiale	PA6.6	
12	1	Porte rotule	PA6.6	
11	2	Stator à aimant permanent		
10	1	Rotor-vis (vis sans fin à 1 filet ; pas = 2 mm)		
9	1	Bloc d'alimentation électrique		
8	1	Coussinet sur rotule	P1026	(Afnor FC10-72)
7	1	Coussinet gauche	P1026	(Afnor FC10-72)
6	1	Joint		
5	1	Disque d'accouplement	Elastomère	
4	1	Joint torique		
3	1	Axe	XC48	Insert (carter réducteur)
2	1	Roue (Z = 72 ; m = 0,8mm ; $\beta = 9^\circ$ )	PA6.6	
1	1	Carter réducteur	Polycarbonate	
Rep.	Nb.	Désignation	Matière	Observations
<b>Moto-réducteur de LEVE VITRE</b>				Nomenclature
ENSEMBLE coté conducteur				A4 – DT10

# Principes d'outils de découpe DR 1



L'emboutissage d'une tôle permet d'obtenir une forme creuse, non développable, à partir d'un flan découpé dans une feuille plane.

L'écoulement de la matière au cours de l'opération d'emboutissage ne permet en aucun cas de répartir uniformément la matière dans l'épaisseur de la pièce. La déformation n'est possible que parce que l'épaisseur de la tôle peut varier. Les figures suivantes illustrent ce processus de déformation en montrant les déformations locales de la matière d'une tôle par emboutissage.

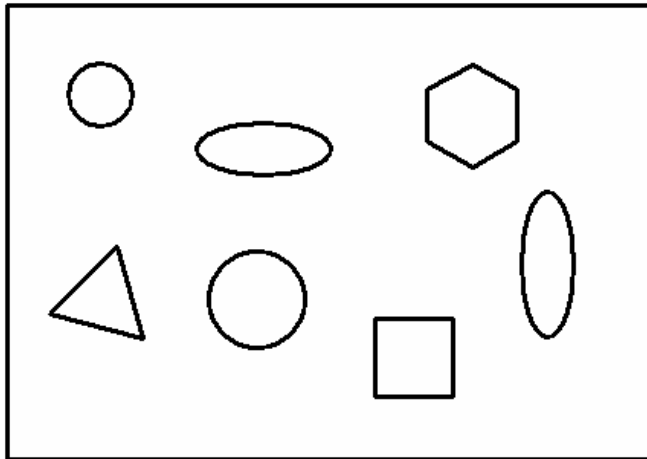
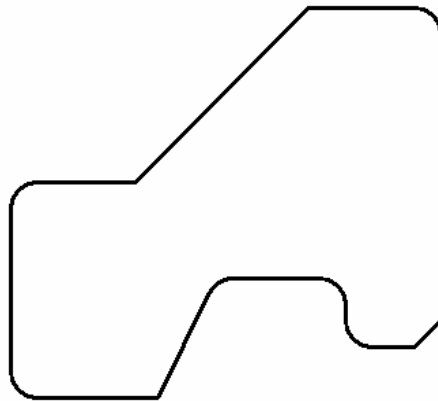


Le flan est déformé entre une matrice et un poinçon montés sur une presse. Un serre-flanc contrôle l'écoulement radial de la tôle. L'outillage nécessaire à la réalisation d'une forme de pièce nouvelle est généralement cher et ce procédé est utilisé pour de grandes séries.



**Découpage** : C'est l'obtention d'un flan par séparation suivant une ligne fermée dans une bande ou une feuille. Après récupération de la pièce découpée il subsiste un déchet.

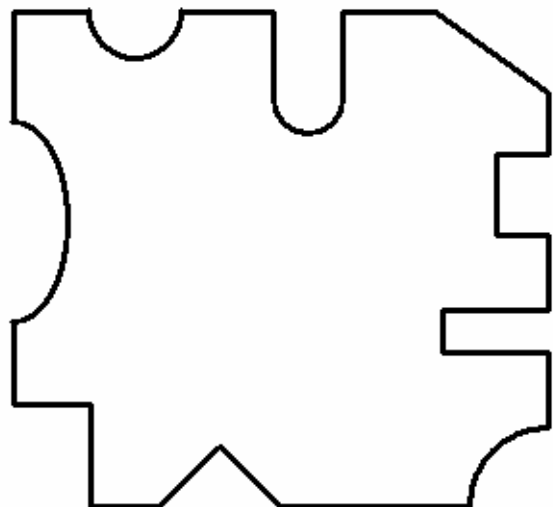
- Le poinçon à la forme de la pièce.



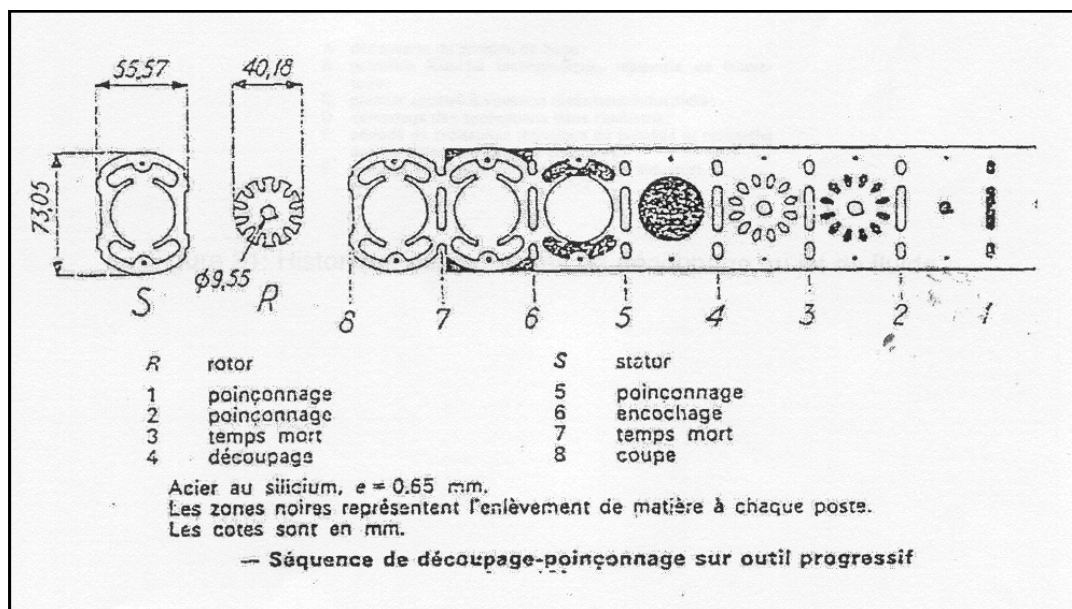
**Poinçonnage** : C'est l'opération semblable au découpage mais on conserve la partie extérieure, le déchet étant la débouchure.

- Le poinçon à la forme de la chute
- Le poinçonnage est exécuté en pleine matière.
- Un poinçonnage de grande dimension s'appelle ajourage.

**Encochage** : L'encochage consiste à découper une zone partielle du métal sur le bord d'un flan ou d'une pièce.



Ci-dessous une illustration montrant la possibilité d'effectuer le découpage de deux pièces simultanément par un outil de découpe à suivre (moins de déchets).



# Matériaux déformables à froid DR5

Caractéristiques mécaniques des principaux matériaux pouvant être travaillés par déformation à froid.

Matériaux travaillés	E (N/mm <sup>2</sup> )	R conv. (N/mm <sup>2</sup> )	R ration. (N/mm <sup>2</sup> )	A (%)	Dureté Vickers (sur tôle de 15/10)	Indice Erichsen (sur tôle de 15/10)	Opérations			Sévérité*
							Découpage-poinçonnage	Pliage (cambrage)	Emboutissage	
Acier doux qualité ES	225	340	390	37	92	11.9	X	X	X	1
XC45 recuit	355	640-760		18			X	X	X	2
Acier à haute limite d'élasticité E275	275	370		25			X	X	X	1
Acier à haute limite d'élasticité E490	490	540		13			X	X	X	2
Tôles au silicium	294-330	430-490					X			2
Aciers au carbone trempés, revenus		Jusqu'à 1400			Jusqu'à 420		X			3
Acier inoxydable ferritique	350	440-640	595	17	168	9.3	X	X	X	2
Acier inoxydable austénitique	300	520-720	1000	40	183	12.8	X	X	X	3
Alluminium A5 recuit	35	85	105	38	25	11.9	X	X	X	1
Alluminium A5 demi dur	110	130		8	38	9.5	X	X	X	1
AU 4 G trempé, mûri	280	420	520	18	126	6.8	X	X		2
A5 recuit	150	320	370	20	90	8.8	X	X	X	1
Cu recuit	70	280	320	45	48	13.7	X	X	X	1
Cu 4/4 dur	320	350		6			X	X		1
Laiton UZ 36	110	320	500	60	68	15.1	X	X	X	1
Bronze phosphoreux		670-780		2			X	X		2

Sévérité : classement suivant complexité de la pièce