

Compte-rendu des TP de fonderie : Industrialisation du mors fixe d'un étau de maquettiste

SOMMAIRE

I.	Introduction.....	2
II.	Modélisation CAO de la pièce CATIA.....	2
	1. Conception de la pièce.....	2
	2. Dimensionnement des masselottes.....	3
	3. Dimensionnement du système de remplissage.....	3
	4. Comparaison avec la CAO de la grappe coulée réellement.....	5
III.	Simulation de la coulée MAGMA.....	5
	1. Importation de la pièce sur MAGMA.....	5
	2. Analyse des résultats obtenus par la simulation MAGMA de notre grappe et comparaison avec la pièce réellement coulée.....	6
	3. Comparaison entre la simulation de la grappe réelle et la grappe obtenue.....	10
IV.	Conclusion.....	11

I) Introduction, mise en situation

La pièce étudiée est un mors fixe d'un étau de maquettiste qui se positionne et se bride sur le bord d'une table. Dû au serrage de l'étau et aux chocs que ce dernier pourra subir, il est important que ce dernier ait une résistance mécanique acceptable. Dans le cadre d'une utilisation pour le maquettisme, le simple fait de conserver des épaisseurs de l'ordre du centimètre de l'alliage EN AC-AISI 13 semble largement suffisant pour résister aux contraintes. Il pourrait cependant être intéressant d'optimiser les géométries en étudiant de plus près les efforts. Cependant, ce n'est pas le but de ce TP et nous nous en tenons alors à des épaisseurs grossières. Dans un premier temps, nous modéliserons l'étau sous CATIA. Ensuite, nous pourrons dimensionner les masselottes puis le système de remplissage. A la suite de ces étapes, nous pourrons simuler la coulée de la pièce sur MAGMA. Afin de pouvoir comparer le modèle théorique issu de MAGMA et la coulée réelle, nous avons coulé une pièce légèrement différente mais qui répondait au même cahier des charges.

II) Modélisation CAO de la pièce sous CATIA

1) Conception de la pièce

Pour répondre au cahier des charges lors de la conception de la pièce, il a fallu s'adapter aux surfaces fonctionnelles représentées ci-dessous. Ces dernières étant fonctionnelles, il est important d'ajouter des surépaisseurs d'usinage. Ci-contre, les différentes étapes menant à la réalisation de la pièce avec surépaisseur d'usinage, dépouilles et alésages de diamètres inférieures à 12 mm bouchés. Il est important de noter que les congés doivent être réalisés après la mise en place des dépouilles sinon cela rend le travail très compliqué voire impossible sur certaines faces.

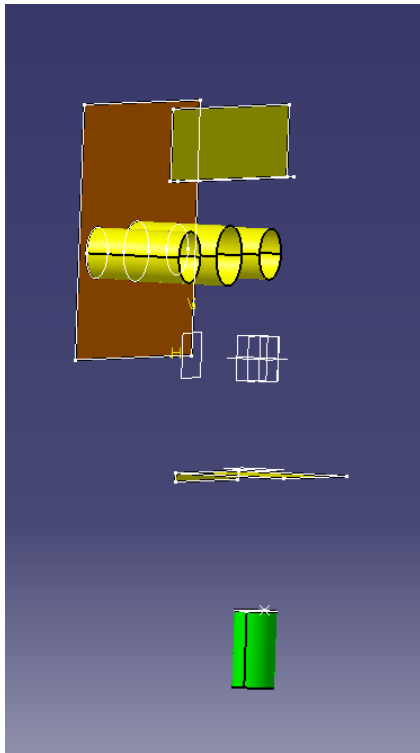


Figure 1 : Surfaces fonctionnelles

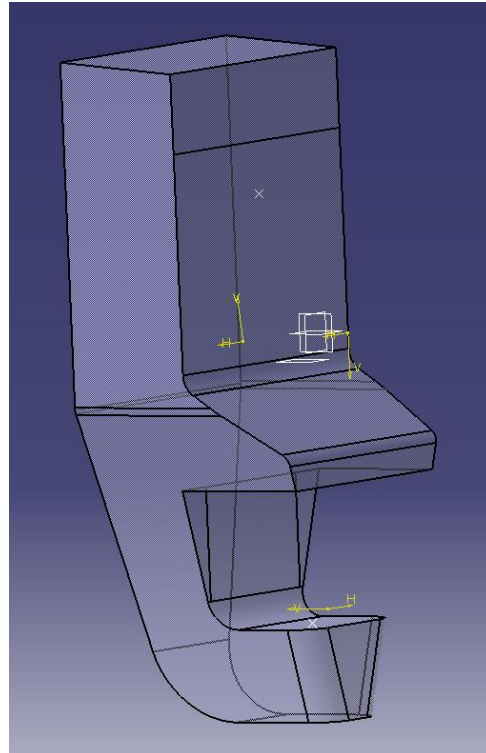


Figure 1 : CAO de la pièce à mouler

2) Dimensionnement des masselottes

Tout d'abord, on décompose la géométrie en quatre éléments :

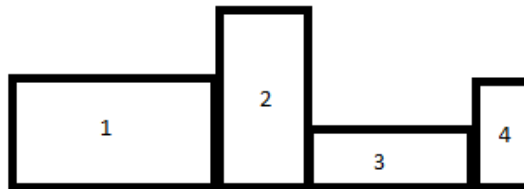


Figure 1 : Décomposition de la pièce en quatre éléments

On cherche alors la chronologie de solidification afin de savoir le nombre de masselotte à réaliser ainsi que leurs dispositions. On résume ainsi la démarche grâce à un tableau :

	Element 1	Element 2	Element 3	Element 4
L*I*h (mm*mm*mm)	65*62,82*27	65*35*25	43*30*19	35*25*20
Volume (mm ³)	112322,7	60 001,40	24565,3	19734,6
Surface ext (mm ²)	13538	7365,5	3915,5	3762,4
Module géométrique (mm)	8,3	8,15	6,27	5,25
Coefficient de forme	0,8	0,775	0,8	0,8
Module thermique (mm)	6,64	6,32	5,02	4,2
e' (mm)	13,28	12,63	10,03	8,4

Figure 2 : tableau récapitulatif de la démarche

On remarque alors aisément que c'est en premier lieu l'élément numéro quatre qui va se solidifier puis le trois ensuite le deux et enfin l'élément numéro un. Il est donc logique de devoir placer une masselotte sur l'élément un. Maintenant que nous savons que nous mettrons une masselotte sur l'élément un il faut dimensionner cette dernière. On choisit d'utiliser une masselotte cylindro-sphérique. La démarche d'obtention de ses dimensions (D : diamètre et H : hauteur) est synthétisée dans le tableau ci-dessous.

		CVG = 4,75 %			
Dimensionnement de la masselotte	Mm (module geom masselotte) en mm	Vm vol (mm ³)	Vm mod (mm ³)	D (mm)	H (mm)
	9,74	61 737,84	88 174,50	44	66

Figure 3 : Récapitulatif du dimensionnement de la masselotte

On a bien V_{mvol} : volume de la masselotte par le dimensionnement volumique < V_{mmod} : volume de la masselotte par le dimensionnement thermique donc la masselotte possède un volume correct.

3) Dimensionnement du système de remplissage

Le volume total à remplir est maintenant connu, on est donc en mesure de dimensionner le système de remplissage de la pièce. Dans un premier temps, il a fallu estimer le temps de coulée. On a fait le choix de d'utiliser une attaque entrant dans l'élément quatre de la pièce (voir figure ci-dessous). Nous sommes donc dans le cas d'une coulée en chute mixte.

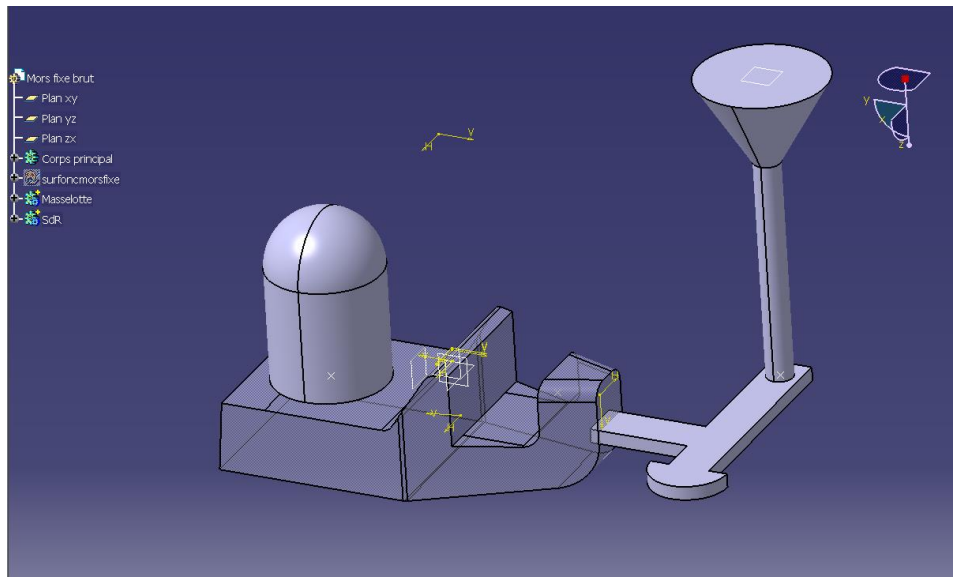


Figure 4 : Grappe de l'étau

Etant donné que nous trouvons un temps de solidification environ égal à 4.4 s, on choisit d'estimer le temps de coulée à 4s. On résume la démarche qui nous permet de trouver les dimensions de l'attaque dans le tableau ci-dessous.

Dimensionnement SdR	T solidification (s)	Tr total (s)	Sigma Sa (mm2)	Attaque: a*b (mm*mm)
	4,4	4	83,5	5,3*15,8

Figure 5 : Récapitulatif de la démarche d'obtention des dimensions de l'attaque

Il est important lors de la prochaine étude de fonderie de dimensionner le chenal sous la forme d'un carré et non pas comme cela a été fait ici sous la forme d'un rectangle comme l'attaque. Ici, les sections du chenal et de l'attaque ont été modélisés par un rectangle de largeur a et de longueur b avec b environ égale à trois a.

Comme nous n'avons qu'une attaque, nous sommes dans le cas où :

$$\left(\frac{S_d}{\sum S_a} ; \frac{\sum S_c}{\sum S_a} ; \frac{\sum S_a}{\sum S_a} \right) = (1; 1; 1)$$

On en déduit alors les dimensions du cône de coulée et on n'oublie pas d'ajouter le piège à crasse. En effet, au début de la coulée, l'alliage arrivant dans le moule est resté à l'air libre plus longtemps et a ainsi pu s'oxyder. De plus, il est possible qu'il transporte des grains de sable qui étaient dans le moule et qui se sont décrochés de la paroi. Pour éviter que ces impuretés ne se retrouvent dans la pièce, on place au bout des attaques le plus souvent des pièges à crasse. Pour finir, il est important de rappeler pour les prochains travaux que chaque corps réalisé sur CATIA doit être séparé du corps principal. On aura donc : le corps principal, la masselotte, le système de remplissage (sans les attaques) puis chaque attaque doit être dans un nouveau corps.

4) Comparaison avec la CAO de la grappe coulée réellement

Tout d'abord, la grappe coulée réellement est composée de quatre étaux. Cela permet en effet d'être plus en adéquation avec l'énoncé 'industrialisation du mors fixe' mais aussi d'optimiser l'utilisation de l'alliage grâce à une masselotte commune. De plus, on peut remarquer sur cette dernière l'absence de piège à crasse. A ce titre, il aurait pu être judicieux de réaliser un piège à crasse sous la masselotte. D'autre part, on peut remarquer que l'équivalent de l'élément quatre de notre pièce est beaucoup plus proéminent et est presque équivalent en volume à l'élément deux. On peut également noter l'oubli de quelques dépouilles comme celle au bout du chenal ainsi que

d'autres sur la pièce étant dues aux congés réalisés au préalable empêchant la mise en place de dépouilles. On remarque par ailleurs que sur la masselotte est présent une 'pointe de sable', facilitant la propagation de la retassure dans la masselotte en évitant qu'elle ne forme plusieurs poches pouvant atteindre la pièce. Cette géométrie de masselotte est à privilégier pour les prochaines masselottes.

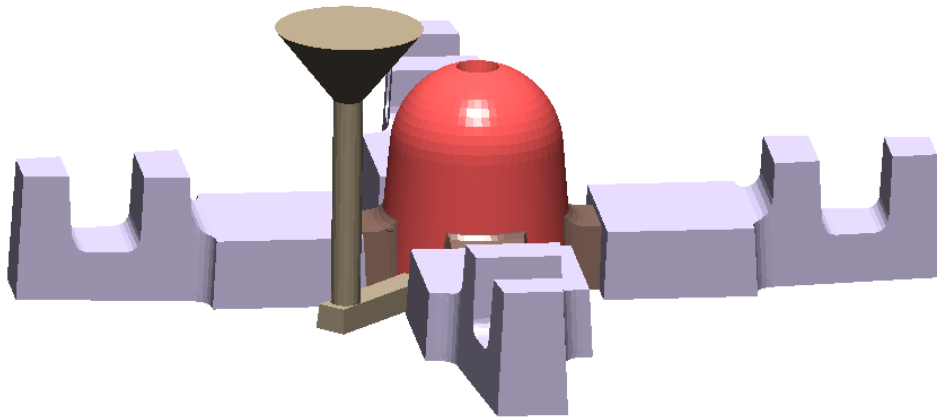


Figure 6 : CAO de la grappe réellement coulée

III) Simulation de la coulée sur MAGMA

1) Importation de la pièce sur MAGMA

Maintenant que nous connaissons exactement la géométrie de la grappe, reste à l'importer sur le logiciel MAGMA afin de simuler la coulée. A noter que lors de l'import de la grappe sous CATIA vers MAGMA, il faut au préalable réaliser une facettisation de chaque corps de pièce sur CATIA puis importer chaque maillage qui en résulte vers MAGMA en veillant à utiliser le bon format de fichier (.stl). Une fois la grappe sur MAGMA, il a fallu définir la surface par laquelle rentre l'alliage. Ensuite, il est nécessaire de mailler la grappe en trouvant un nombre d'éléments suffisant pour avoir une épaisseur des attaques correspondant à au moins trois éléments, afin d'obtenir des résultats pertinents sans trop rallonger le temps de calcul. On trouve alors un compromis en maillant 780 000 éléments avec uniquement 62 000 correspondants à la grappe (le reste correspond au moule en sable).

Afin de vérifier qu'il n'y ait pas d'erreur, on peut vérifier grâce à MAGMA que seul le haut du cône de coulée est en contact avec l'air (ce qui est le cas ici).

2) Analyse des résultats obtenus par la simulation sur MAGMA de notre grappe et comparaison avec la pièce réellement coulée

Tout d'abord, vérifions que la température correspondante au solidus ne soit pas atteinte lors de la coulée. Pour cela, nous modélisons grâce à MAGMA la température de l'alliage en fonction du temps. Les résultats les plus pertinents sont à la fin de la coulée puisque c'est là que l'alliage a la température la plus faible et risque alors de se solidifier. Etant donné que dans notre cas le solidus (578°C) n'est jamais atteint, nous choisissons d'afficher le dernier résultat : c'est-à-

dire à la quatrième seconde de coulée. Cependant, nous remarquons qu'à cause d'une arête vive qui n'avait pas pu être enlevée au cours de la conception CAO, la température descend jusqu'à 600°C dans cette zone. De plus, la masselotte se trouve bien être une zone chaude de la grappe ce qui est cohérent.

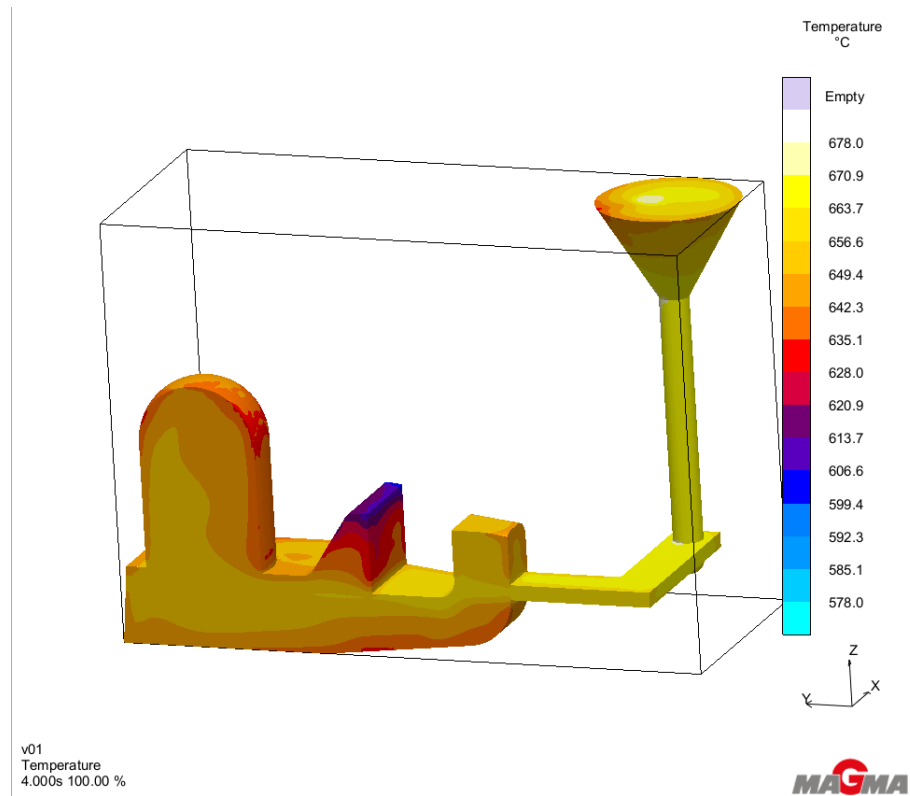


Figure 7 : Température de l'alliage à la fin de la coulée de notre grappe

A contrario, dans la pièce réellement coulée, du fait du temps de coulée beaucoup plus long : 17 secondes, le liquidus est atteint avant même que le bout de l'étau soit rempli ce qui peut poser problème. Pour résoudre ce problème il serait nécessaire d'accélérer la coulée de l'ensemble surtout au début puisque qu'une masselotte de taille importante doit se remplir. D'autre part, il pourrait être intéressant de réduire le volume de l'équivalent de l'élément quatre de notre pièce (le bout de l'étau) et voire même d'arrondir sa géométrie.

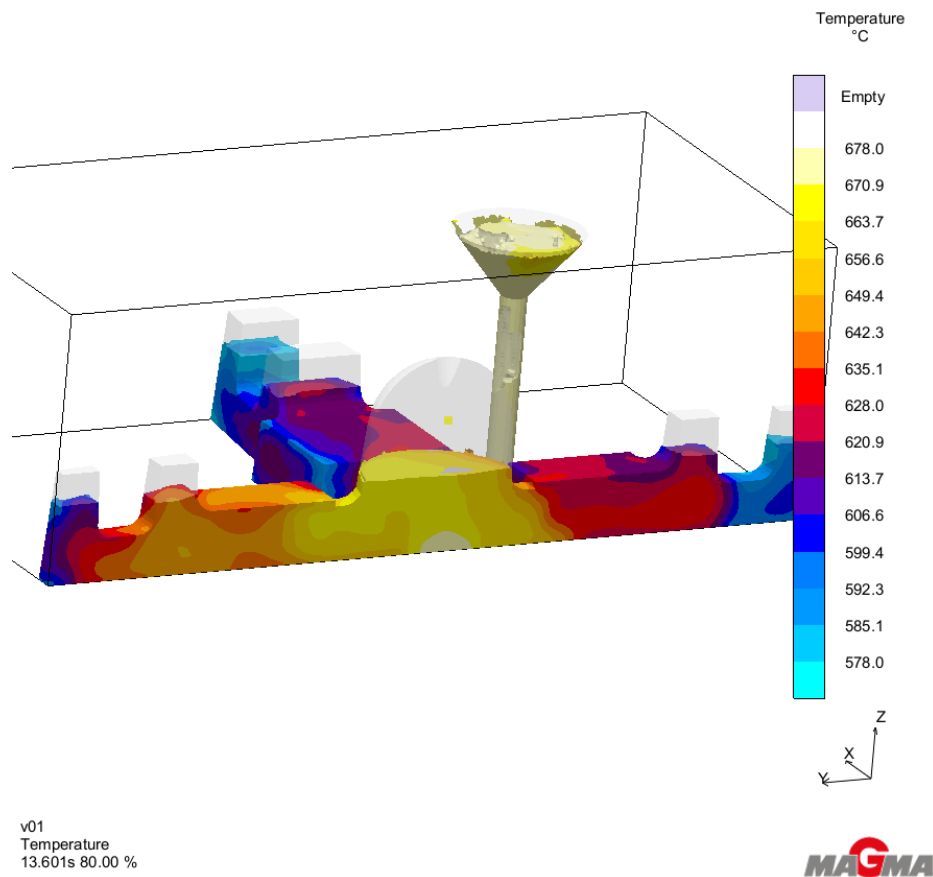


Figure 8 : Température de l'alliage dans la grappe réellement coulée

Ensuite, vérifions que la vitesse de l'alliage lors de la coulée ne dépasse pas : 1.5 m/s. On voit alors sur la simulation qu'aux alentours des 50% de remplissage, on atteint des valeurs élevées d'environ 1.6 m/s dans l'attaque et même 1.9 m/s localement. On atteint même rapidement aux alentours de 65% de remplissage des vitesses de l'ordre de 4 m/s très localement en sortie d'attaque dû à des turbulences. Heureusement, d'après le logiciel, il n'y a pas d'érosion du moule. Cependant, ces résultats mettent en avant une erreur de dimensionnement de l'attaque voire même du système de remplissage. En comparant avec le temps mis pour le remplissage de la grappe réellement coulée qui est de 17 secondes, on se doute alors que le fait d'avoir trouver un temps de remplissage de l'ordre de 4 secondes n'est pas cohérent. Grâce à ce temps de remplissage élevé, la vitesse de l'alliage dans la grappe réellement coulée ne dépasse pas 1.3 m/s ce qui est très satisfaisant puisque bien inférieur à 1.5 m/s.

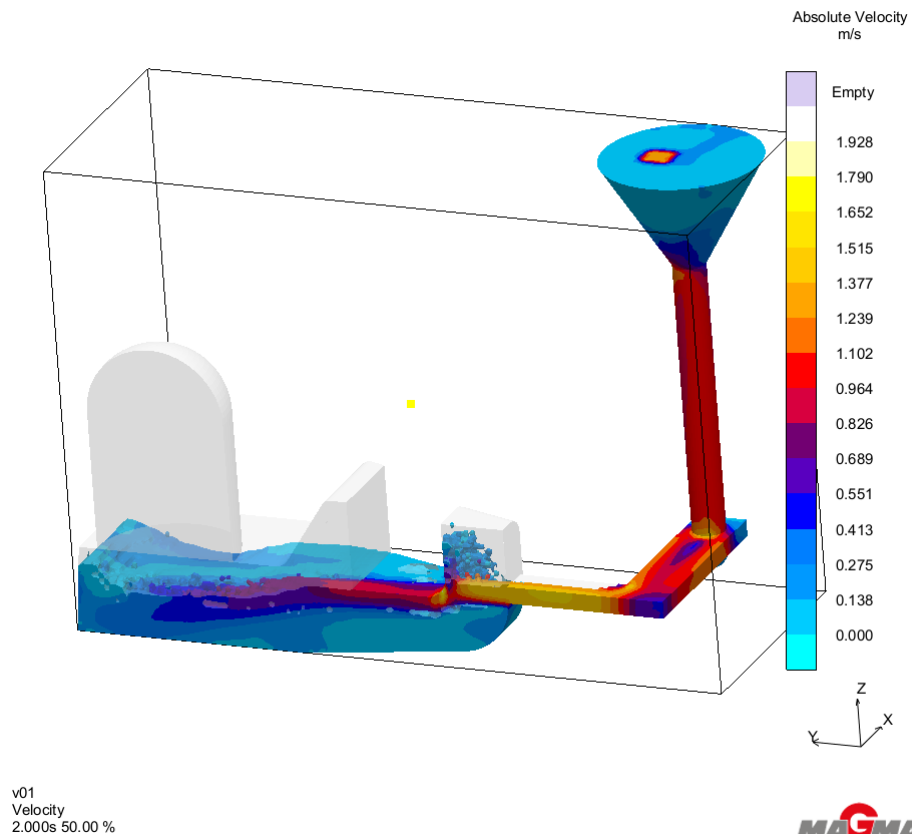
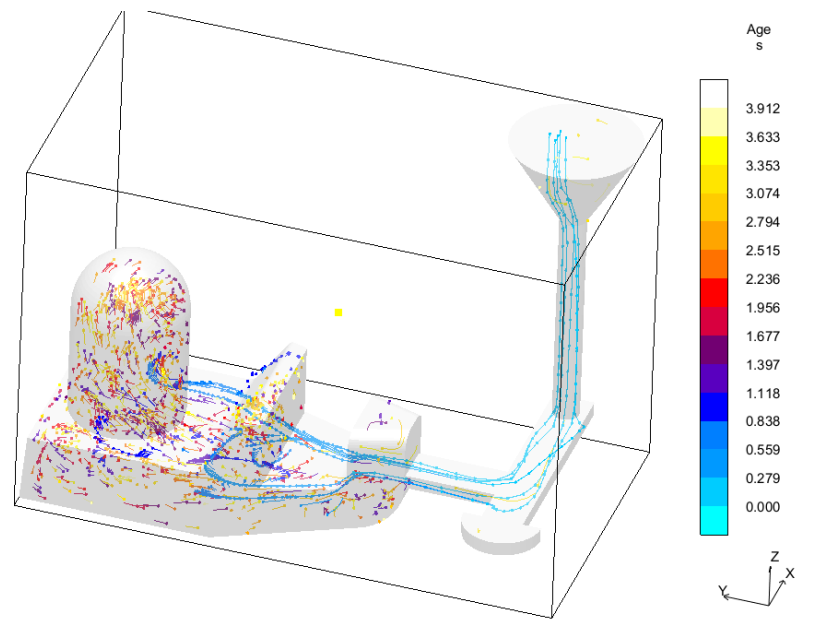


Figure 9 : Vitesse de l'alliage lors de la coulée de notre grappe

Dorénavant, étudions l'efficacité des pièges à crasse : c'est-à-dire, vérifier que les l'alliage entrant en premier dans le moule et donc le plus vieux soit bien resté dans le piège à crasse. On remarque alors que l'alliage entrant en premier dans le moule reste dans le piège à crasse jusqu'à environ 65% du remplissage, les vitesses élevées attirent alors l'alliage hors du piège à crasse. On peut expliquer cela par le trop faible volume du piège à crasse mais aussi par sa géométrie. En effet, il aurait été intéressant d'effectuer une poche sous le piège à crasse permettant de bloquer les particules les plus vieilles grâce à la gravité. De plus, il aurait aussi été judicieux de placer le piège à crasse plus loin de l'attaque et donc de prolonger le chenal, cela limitant l'aspiration de l'attaque. On ne peut pas comparer avec l'efficacité du piège à crasse de la pièce réellement coulée puisqu'il n'y en a pas. De ce fait, on constate que dans la pièce réellement coulée, l'alliage entré en premier dans l'empreinte se retrouve au milieu de l'étau avec la crasse logiquement convoyé.

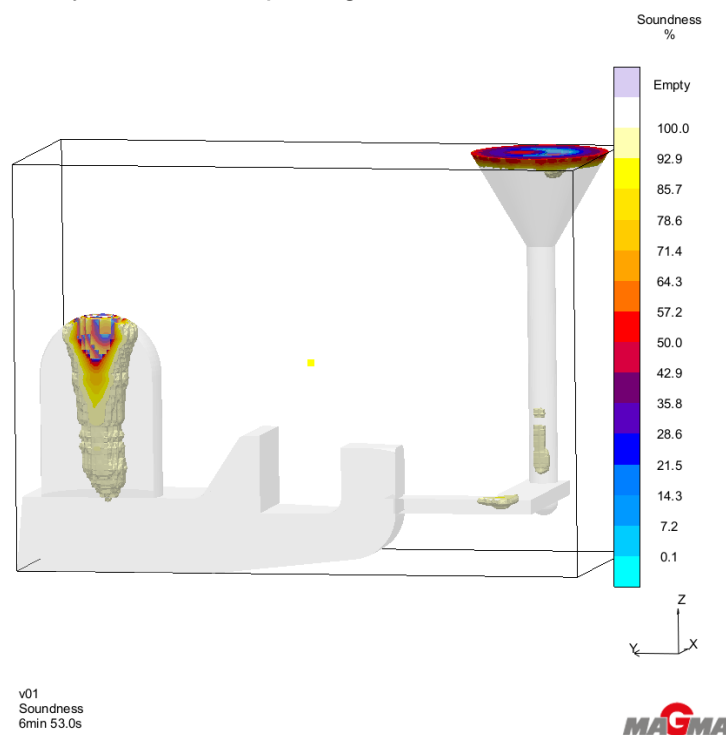


v01
Flow Tracer

MAGMA

Figure 10 : Etude de l'efficacité du piège à crasse grâce à l'âge des traceurs

Enfin, vérifions qu'il n'y ait pas de retassure dans le corps de l'étau. Dans la figure ci-dessous, on remarque que la retassure est bien présente dans la masselotte et entre dans la pièce sur quelques millimètres avec néanmoins une probabilité faible (inférieure à 10%). En plus de cela, l'endroit de l'hypothétique retassure de la pièce se trouve être sur une surépaisseur d'usinage, ce qui n'impactera probablement pas la pièce finale. On peut aussi remarquer quelques retassures sans importance dans le système de remplissage.



v01
Soundness
6min 53.0s

MAGMA

Figure 11 : Simulation de retassure

Dans la grappe réellement coulée, la retassure se développe moins le long de la masselotte et ne craint pas d'atteindre la pièce. Le masselottage semble donc plus efficace que dans notre grappe. Cependant, nous constatons qu'il y a un faible de risque de retassure dans l'étau au niveau d'un congé imposé par le procédé de fonderie. Cette retassure est donc présente mais sans impact sur la résistance de la pièce.

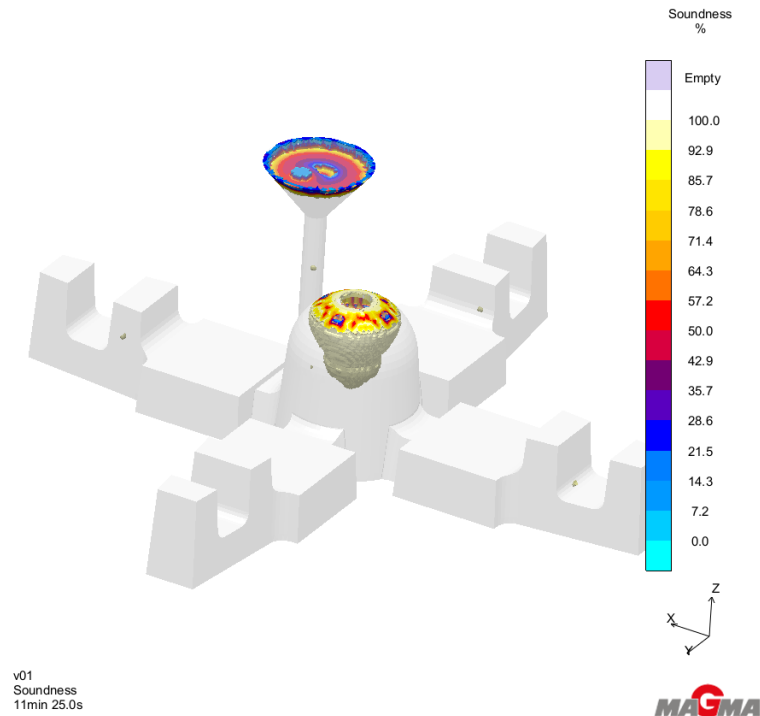


Figure 12 : Retassures obtenues dans la simulation de la grappe réellement coulée

Malheureusement, du fait que l'attaque ait été mise dans le même corps que le système de remplissage, on ne peut pas avoir accès au débit dans l'attaque. On veillera à corriger cela dans les prochaines conceptions de fonderie.

3) Comparaison entre la simulation de la grappe réellement coulée et la grappe finalement obtenue

La grappe obtenue est très semblable à la simulation MAGMA. En effet, la retassure dans la masselotte à la même forme et environ la même taille. Cependant, dans la réalité une petite poche se forme sous la grande retassure de la masselotte. Enfin on ne distingue pas sur la grappe obtenue la retassure au niveau du congé, en effet, cette dernière est peu probable donc cela n'est pas absurde.

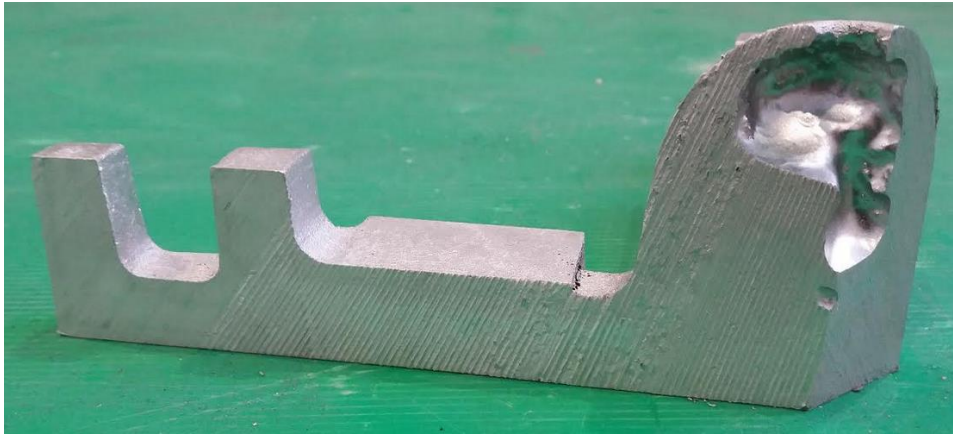


Figure 13 : Coupe de la grappe obtenue

IV) Conclusion

Pour conclure ce compte-rendu, intéressons-nous aux éléments à retenir lors des prochains projets. Tout d'abord, nous avons vu qu'il était important lors de la conception sur CATIA de mettre les dépouilles avant les congés. Ensuite, nous avons vu l'importance de faire dépasser l'attaque à l'intérieur de la pièce pour éviter tout bug sur MAGMA. Nous avons également observé l'intérêt de la 'pointe de sable' et son efficacité. Nous avons aussi pu comprendre l'importance de séparer les différents corps de la grappe et les attaques afin d'exploiter MAGMA dans toute son ampleur. De plus, le piège à crasse n'est pas à négliger et sa géométrie doit être réfléchi afin de jouer son rôle efficacement. Pour finir, nous avons pu constater que le logiciel MAGMA fournit une simulation très proche de la réalité.