



Optimisation du temps de fabrication de pièces composites polyester/fibres de verre et la réalisation d'abaques.

❖ Contexte

L'étude que nous présentons ici concerne une société fabricant de grandes pièces en composite PRV (Polyester Renforcé fibres de Verre) et destinées au secteur du loisir. Le contrôle de la température de l'atelier nécessiterait un investissement initial et des coûts de fonctionnement élevés sans parler de l'impact environnemental d'un tel système. La mise en œuvre se fait donc à « basses » températures en hiver (5-10°C) et « hautes » températures en été (35-40°C).

Afin de maîtriser parfaitement son *tack time*, notre client souhaitait utiliser son appareil HKR-GT pour créer des abaques. Ceux-ci auront pour vocation à être affichés dans les ateliers afin de permettre aux opérateurs de connaître le taux de catalyseur à utiliser en fonction de la température de l'atelier.

❖ Méthodologie

Il a d'abord été nécessaire de définir les essais à mener. Il a été décidé de réaliser les essais en bécher de 50ml avec un système de régulation de la température conçu pour fonctionner entre 0 et 90°C. La fréquence de sollicitation est fixée à 0,5Hz.

Selon les résines (pré-accélérées été, pré-accélérées hivers, etc...), nous avons ensuite déterminé avec notre client trois températures dans leur plage d'utilisation classique. Pour les résines « hiver » les températures retenues sont : 5°C, 10°C et 25°C alors que pour les résines « été », les températures testées sont : 25°C, 35°C et 45°C.

De la même manière, les essais ont été réalisés avec différents types et taux de catalyseur (de 1,25 à 2,75% par incrément de 0,5%)



Nous avons ensuite sélectionné le point caractéristique qui sera retenu sur chaque courbe. Ici, c'est le temps de gel sur la courbe de viscosité apparente qui a été choisi. Chaque essai a été réalisé deux fois.

Une fois ces données rassemblées, nous avons calculé l'énergie d'activation de chaque formulation en utilisant la loi d'Arrhenius. Ce calcul nous a permis d'extrapoler le temps de gel à n'importe quelle température afin d'être en mesure de déterminer le taux de catalyseur idéal en fonction de la température de l'atelier. Le temps de gel doit être compris entre 15 et 40 minutes, idéalement entre 18 et 22 minutes.

❖ Résultats

Les résultats présentés dans cette section ont été obtenus pour une résine polyester pré-accélérée hiver.

Le graphique (Figure 1) ci-dessous montre l'évolution du temps de gel en fonction de la température pour deux taux de catalyseur ainsi que les valeurs extrapolées après calcul de l'énergie d'activation de chaque système (Figure 2).

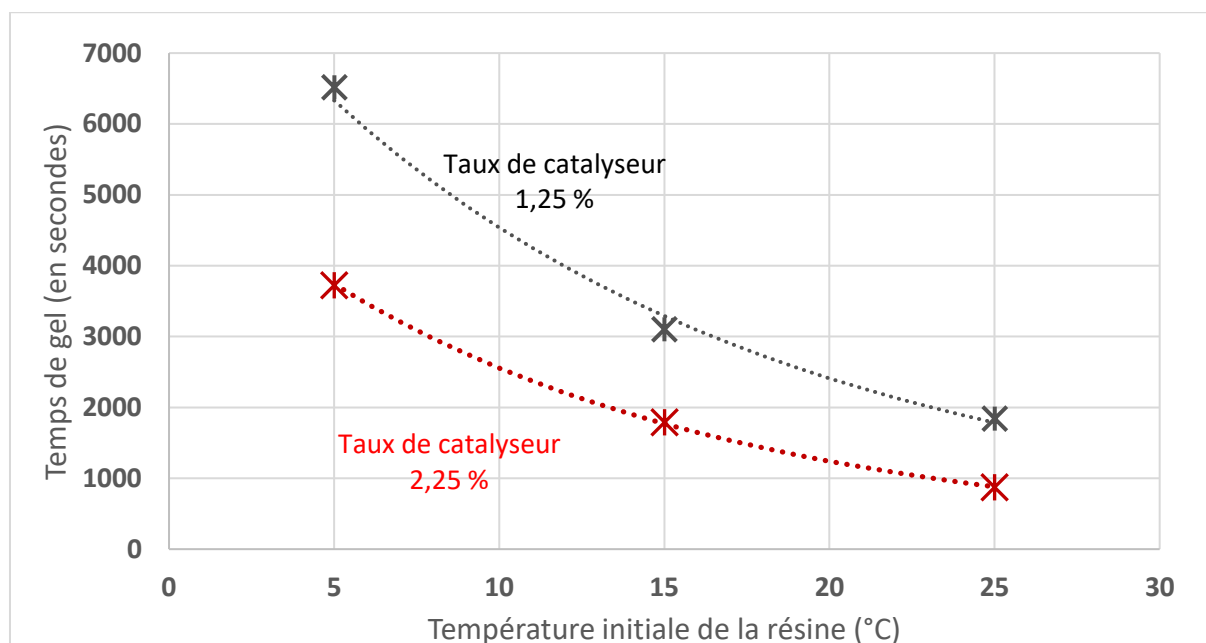


Figure 1 : Valeurs de temps de gel en fonction de la température issues des essais (X) et valeurs extrapolées (----) à deux taux de catalyseurs différents.

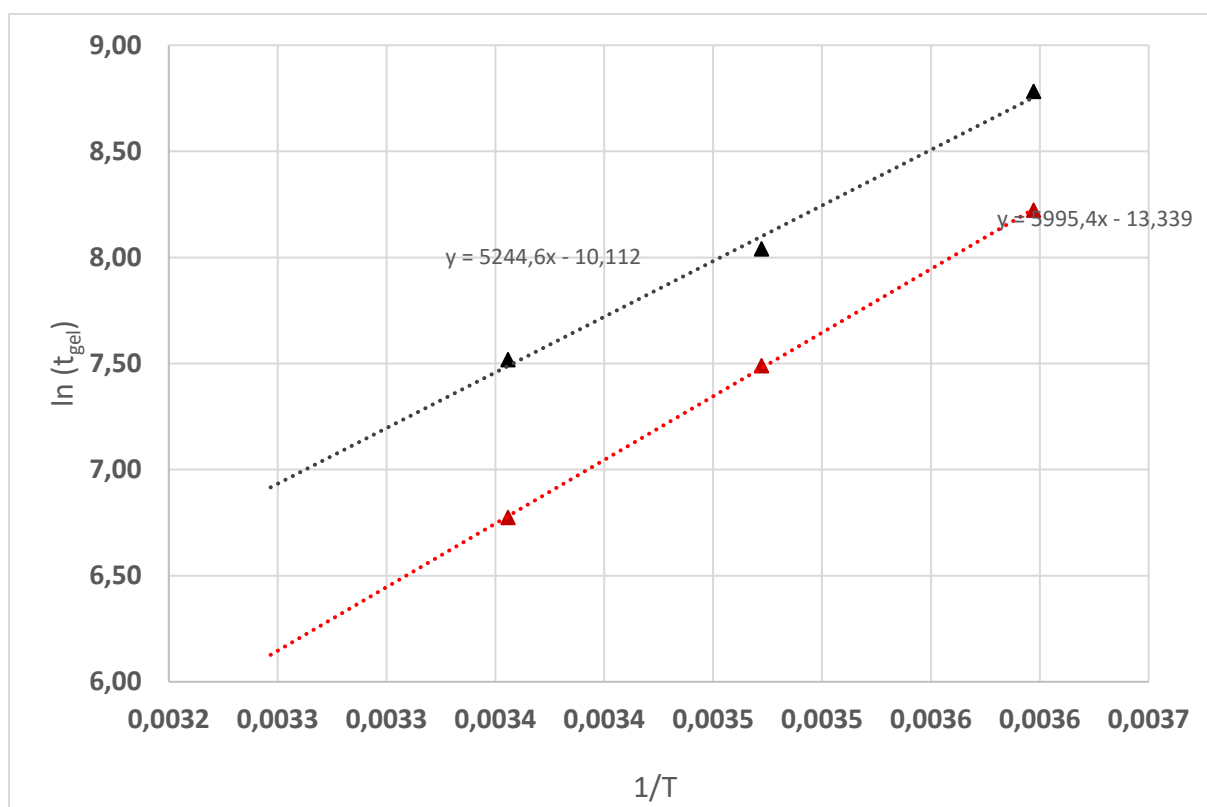


Figure 2 : Evolution du logarithme népérien du temps de gel en fonction de l'inverse de la température (Δ) et courbes de régression linéaire (----) à deux taux de catalyseurs différents.

Enfin, un abaque indiquant le taux de catalyseur à utiliser en fonction de la température a été créé (Figure 3). De manière à faciliter sa lecture, un code couleur a été utilisé :

- **vert** pour le taux de catalyseur permettant d'obtenir un temps de gel optimal (entre 18 et 22 minutes) ;
- **vert pâle** pour un taux de catalyseur permettant d'obtenir le temps de gel correct (entre 15 et 40 minutes) ;
- **jaune** pour un taux de catalyseur insuffisant (temps de gel supérieur à 40 minutes) ;
- **rouge** pour un taux de catalyseur trop important (temps de gel inférieur à 15 minutes) avec risque de forte exothermie en volume.



Température °C	Taux de catalyseur (%)			
	1,25	1,75	2,25	2,75
5	6333	4036	3741	3100
6	5919	3784	3463	2871
7	5534	3550	3207	2660
8	5177	3331	2972	2466
9	4846	3127	2755	2288
10	4538	2937	2556	2123
11	4251	2760	2372	1972
12	3984	2595	2203	1832
13	3736	2441	2047	1703
14	3505	2296	1902	1583
15	3289	2162	1769	1473
16	3088	2036	1646	1372
17	2901	1918	1533	1277
18	2726	1807	1428	1190
19	2563	1704	1330	1110
20	2411	1607	1240	1035
21	2268	1517	1157	966
22	2135	1432	1080	902
23	2011	1352	1008	842
24	1894	1277	942	787
25	1785	1207	880	736

Figure 3 : Abaque pour la résine polyester pré-accélérée hiver.

❖ Bilan

Une réunion de débriefing a été organisée avec notre client pour lui expliquer la méthodologie employée. Cet échange avait pour but de lui permettre de réaliser ce travail sur toutes ses références de résines (été, hivers, vinylester, polyester, gelcoats, etc...).

Grâce à ce travail, les opérateurs connaissent dorénavant la référence et la quantité de catalyseur a utilisé pour chaque résine, en fonction de la température sans risque d'erreur. Le *tack time* est parfaitement maîtriser et permet de cadencer le rythme de la production tout au long de l'année. La réalisation d'essais additionnels pourra aider à affiner ce tableau, par exemple avec des taux de catalyseurs intermédiaires.