

Annexe

Echanges avec notre partenaire

M.Bulou, professeur Emérite de l'Université du Mans



Au mois de mars 2021, nous avons eu la chance de rencontrer en visioconférence monsieur Bulou, chercheur et enseignant émérite à l'université du Mans. Nous en avons profité pour lui poser les multiples questions que nous nous posions alors. Ses réponses nous ont été précieuses dans la suite de notre projet, en particulier dans l'élaboration de notre extension du congélateur.

Nous avons pris des notes de nos échanges que nous lui avons transmises. Il les a corrigées et nous les a retransmises. Nos échanges sont retranscrits ci-dessous.

Nous espérons reprendre contact très prochainement avec M.Bulou notamment pour lui faire part de nos premières observations de gel des bulles. Nous tenons à le remercier pour le temps qu'il nous accorde.

- *Est-ce que le degré d'humidité influence la formation des cristaux ? Comment mesurer le degré d'humidité, peut-on le modifier ?*

L'humidité limite l'évaporation et aide à maintenir plus longtemps les bulles formées. Seulement l'air très sec du congélateur ne favorise pas la formation d'humidité, de plus, cette humidité risquerait de créer des cristaux sur la vitre.

- *Est-il bon de mettre de la glycérine et du saccharose dans le produit à bulle ?*

Le saccharose est un produit hydrophile, qui se dissout très bien (c'est un sucre), il peut donc être intéressant pour éviter l'évaporation de la bulle en se mêlant à l'eau qui la compose. La glycérine est quant à elle intéressante pour éviter l'écoulement de l'eau entre les deux couches de savon. Seulement lorsque ces substances sont en solution, dont la température de solidification est probablement inférieure à celle de l'eau pure qui : enfermée au milieu de la paroi de la bulle, elle ne gèlera pas à 0°C. De plus, pour la formation de cristaux sur la bulle, le mélange eau-glycérine n'est pas pur et ne cristallise donc pas comme l'eau seule.

L'utilisation d'une substance pure comme le SDS, un savon qui cristallise, peut donc être plus intéressante pour notre bulle.

- *Comment faire pour que le fond soit totalement noir ?*

On se propose d'utiliser la même matière qu'une brosse de tableau. Pour obtenir une surface opaque, il faut utiliser des matériaux granuleux, peu lisse.

- *Une polarisation est-elle possible ?*

Une polarisation est possible, par exemple en éclairant la bulle depuis l'extérieur avec un angle de Brewster, aucune lumière ne serait réfléchi par la vitre et on pourrait observer les cristaux qui eux sont polarisés. Plus précisément, il faut que la lumière incidente soit polarisée parallèlement au plan d'incidence, et que l'observation soit faite à travers un analyseur (filtre de polarisation) polarisé perpendiculairement. Mais il est certainement préférable d'éclairer directement par l'intérieur de l'enceinte avec une fibre optique, la source de lumière étant à l'extérieur (et de préférence une LED, laquelle n'émet pas d'infrarouges susceptibles de provoquer des échauffements).

- *Nos choix de matériaux sont-ils judicieux / bons ?*

Pour la porte, le plexiglas est un bon polarisant (comme le scotch), plus que le verre, qui lui offre un meilleur confort d'observation.

- *Quel effet a la ventilation sur l'apparition de buée ? Quelle est la meilleure orientation ? Comment ventiler l'intérieur ? Y-a-t-il des flux d'air ?*

On a observé qu'il y a 10°C de différence entre le haut et le bas du congélateur. L'air chaud a tendance à monter quand l'air froid, plus dense, a tendance à descendre, la densité de l'air n'y est donc pas uniforme (phénomène décrit par l'équation des gaz parfaits qui associe, à une pression multiplié par un volume, une quantité de matière multiplié par une température). L'installation de ventilateurs doit donc se faire du bas vers le haut pour pousser l'air froid vers le haut et créer un cycle ; de plus, les ventilateurs pourront réguler la température entourant la bulle et la stabiliser dans l'air pour diminuer son écoulement, dû à la gravité, s'ils sont placés en dessous d'elle. A voir avec une analyse à la caméra thermique. Attention, pas la peine de mettre la ventilation trop forte/ violente, un simple mouvement d'air peut suffire.

Sinon, la chaleur émise par les lampes LED peut être évitée, en effet, chez ce type de lampe, seule la partie électronique (le culot) émet de la chaleur. Il peut donc être intéressant de sortir cette partie du congélateur tout en y laissant la LED.

- *Comment isoler les soudures « chaudes » des thermocouples ?*

Pour bien isoler le thermocouple, monsieur Bulou propose d'enrober celui-ci avec du polystyrène (en faisant dissoudre des " cacahuètes " de polystyrène dans de l'acétone), ou dans du vernis à ongles.

- *Lumière rasante?*

Pour une luminosité optimale, l'éclairage doit-être le plus diffus possible pour que la bulle puisse réfléchir la totalité des rayons lumineux. Les lampes que nous utilisons produisent donc une lumière intéressante. Pour diffuser encore plus la lumière, le verre dépoli peut être efficace. Sinon, on peut installer un cadre en fibre optique pour illuminer sans chauffer.

- *Caméra thermique ?*

Attention, selon les matériaux, les rayonnements infrarouges sont différents et deux objets de même température peuvent paraître différents sur l'écran de la caméra, c'est le problème de " l'émissivité ".

Les images seront donc à analyser avec prudence. Toutefois, elle peut être utilisée, même derrière la vitre à priori. Il serait toutefois préférable que l'objectif de la caméra vise directement les bulles, et non pas à travers une vitre.

- *cristallisation et cristaux?*

La taille des cristaux dépend de leur vitesse de refroidissement : plus la température baisse vite, plus les cristaux seront petits et stables, à l'inverse, plus la température baisse lentement et progressivement, plus les cristaux seront grands et instables. La forme et l'organisation qu'ils prendront dépend quant à elle de la température (voir schéma des 7 types de cristaux de l'eau). Il est donc important de noter les conditions de refroidissement (temps et température) de nos bulles pour analyser les cristaux formés.

Par ailleurs, l'eau liquide est sujette au phénomène de surfusion qui stipule que la température de solidification d'un liquide n'est pas forcément égale à sa température de fusion (0°C) dans le cas où il est très pur. Dans cette situation, ce dernier ne se solidifie que lorsqu'une perturbation, un déséquilibre comme la présence d'impuretés ou un choc brutal apparaît. Ainsi, une bouteille d'eau entière peut se solidifier en quelques secondes à la suite d'un choc. Il faudra prendre ce facteur en compte si l'on choisit un produit à bulle pur.