

Etudes mathématiques de la vélocité d'issue des liquides lors de l'ouverture de leur contenant souple ou d'un transfert

Professeur Norfolk Hall

21 avril 1993

Introduction.

Depuis des années, verser un aliment liquide d'un contenant souple est une cause majeure d'angoisse parmi les membres de la société de consommation occidentale. Pour des opérateurs particulièrement ineptes, le gaspillages et les besoins supplémentaires de nettoyage qui en découlent sont un fardeau considérable pour l'économie du ménage.

Bien que l'impact sociologique ait déjà été exploré en détail, les dynamiques mêmes du problème ont reçu très peu de considérations académiques. Cet article tente, grâce à un processus numérique moderne d'établir une ouverture optimale qui réduise à son minimum le risque de "giclement" pour un échantillon représentatif d'aliments de consommation courante.

Ducros dans [1] fait référence à ce problème pour la première fois; ceci est un fait remarquable car il précède d'une cinquantaine d'années les premiers cartons de lait et démontre sa perception aigüe des problèmes potentiels en science alimentaire. Cette question est adressée brièvement par Binet dans [2] et une analyse purement qualitative a été effectuée par Bourbaqui dans [3]. Enfin, le sujet fût discuté en profondeur dans des revues sociologiques telles que Williams & Saurins [4] et Heinz [5].

Dans cet article sont étudiés seulement les contenants du type "Tetrabrik" (fig. 1a) conformant à la norme européenne (article n° 156 543). Bien que l'ouverture d'un Bowpack (fig. 1b) puisse être considérablement plus délicate, elle relève plus de la dextérité que de la science. Une fois effectuée, l'ouverture est déterminée par le fabricant, donc ne nous regarde plus.



Figure 1a: Tetrabrik



Figure 1b: Bowpack

Le problème du "giclement", illustré par la figure 2, a lieu lorsque de l'air entre dans la brik de façon irrégulière, le liquide gicle par à coup au lieu de produire un flot régulier sous-contrôle. Utilisé correctement, l'air entre et le liquide coule à la même vitesse et de façon continue mais cet équilibre est difficile à obtenir si le trou est trop petit. Ainsi, la différence entre la portée réelle de l'écoulement et celle prévue par l'utilisateur est supérieure au rayon du récipient visé. Le point d'impact est alors quelqu'objet voisinant non déterminé.

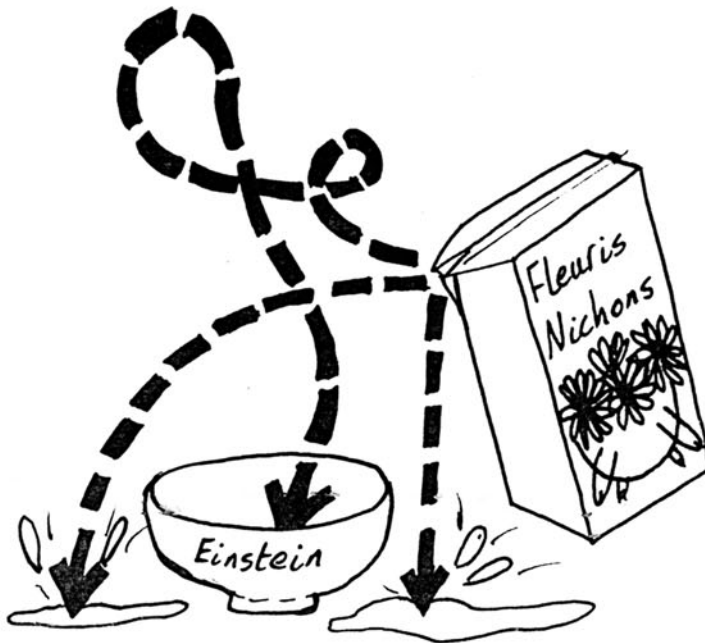


Figure 2 : le "giclement"

1 Les causes du "giclement".

Comme nous le constaterons dans cette analyse, la déviation de la trajectoire intentionnelle dépend à la fois de la taille de l'ouverture et de la viscosité du contenu. A propos de ce dernier facteur cet article considère un produit représentatif: le lait qui a une viscosité d'une unité (μ_1) (le jus de pomme a une viscosité nominale de 0 (μ_0), et la viscosité de la sauce tomate est de 4 (μ_4). Le jus d'orange peut avoir une viscosité variable suivant la répartition des particules de pulpes).

La situation particulière produite lorsqu'on tente de verser des produits dont le taux de viscosité est très élevé, comme de la crème de marrons, est discutée par Bloggs dans [6]. Ce problème est hautement non-linéaire, cependant, dans la pratique courante ces produits ne sont pas vendus dans des Briks.

2 L'existence d'une ouverture optimale.

Afin de prouver l'existence d'une ouverture optimale, il est nécessaire d'éliminer certaines solutions triviales ou extrêmes. Il est clair que l'absence d'ouverture élimine le problème de "giclement" mais seulement parce qu'il devient alors impossible de verser le contenant; cette solution triviale est donc éliminée. L'ouverture maximum s'effectue en coupant toute la partie supérieure de la brik. Bien que le "giclement" tel que décrit ci-dessus ne peut

avoir lieu, la brik devient instable, difficile à manipuler et le flot est potentiellement incontrôlable, ce qui peut poser des problèmes encore plus graves. L'utilisation d'un très petit trou a été suggéré par Bloggs dans [6]. La brik est renversée, pressée et quand la quantité désirée est extraite, la brik est re-renversée à sa position initiale et de l'air peut alors entrer, remplaçant le liquide extrait. Cette réinversion requiert beaucoup d'agilité pour des liquides à faible viscosité et peut entraîner des problèmes plus sérieux que le "giclement". Toutefois, je pense comme Bloggs que cette solution est optimale pour l'extraction de la crème de marrons.

Si la brik est placée dans la porte d'un réfrigérateur, un trou suffisamment grand pour éviter le "giclement" mais pas au point de rendre la brik instable, peut causer des éclaboussures lors de l'ouverture et de la fermeture de la porte. Ce problème est traité par Cleaner dans [7]. Une solution à ce problème est le sujet de recherche en cours et sera décrite par Hall dans [8].

Donc, un trou optimal est juste assez grand pour éviter le "giclement" mais pas assez grand pour permettre l'éclaboussement si la brik est placée dans la porte d'un réfrigérateur.

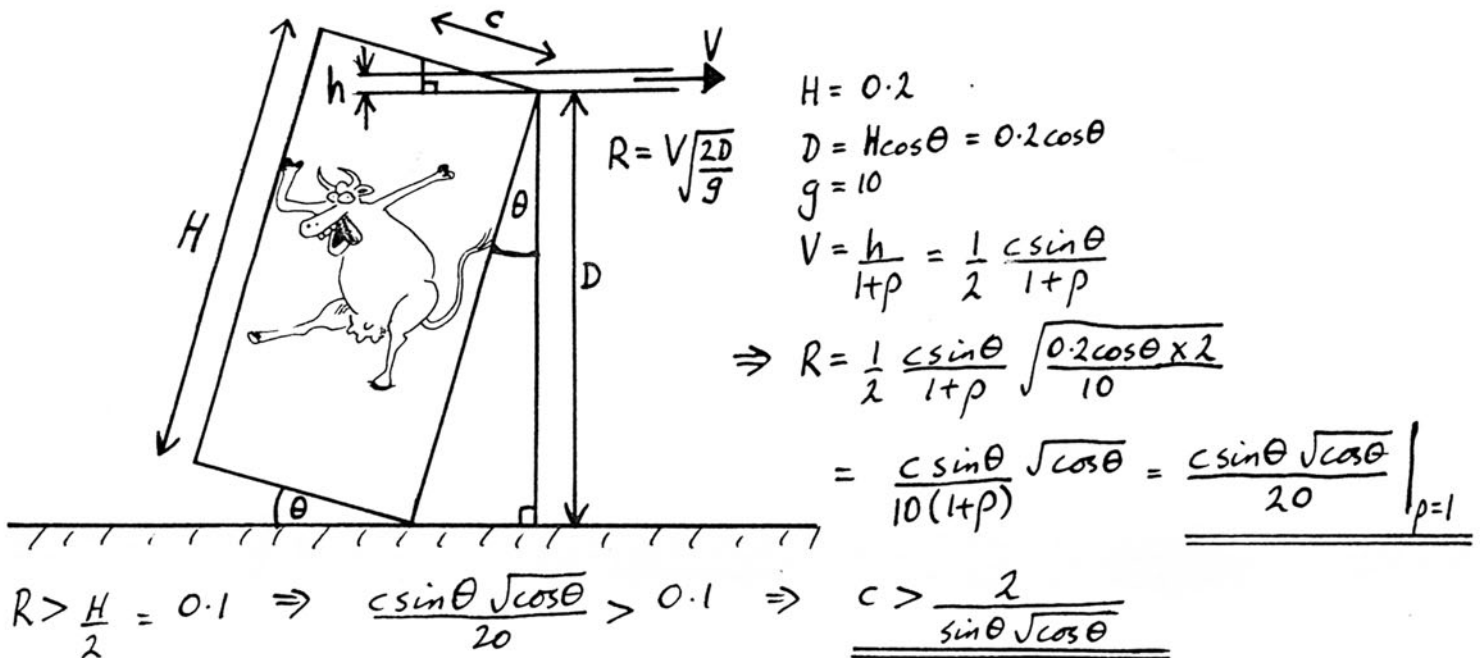


Figure 3: Analyse

D'après l'analyse donnée dans la figure 3, figure 4 montre le graphique représentant la coupure minimale pour éviter le giclement à un angle donné θ correspondant à l'inclinaison de la brik.

Malgré certaines perturbations inhabituelles sur le graphique, on peut voir qu'une coupure de 3,5 cm de longueur permet d'éviter le giclement. Ceci est un résultat remarquable. En effet la longueur de l'étrange ligne pointillée figurant sur la partie supérieure des briks est d'exactement 3,5 cm. Il est donc clair que pour éviter le giclement, il faut suivre la ligne pointillée.

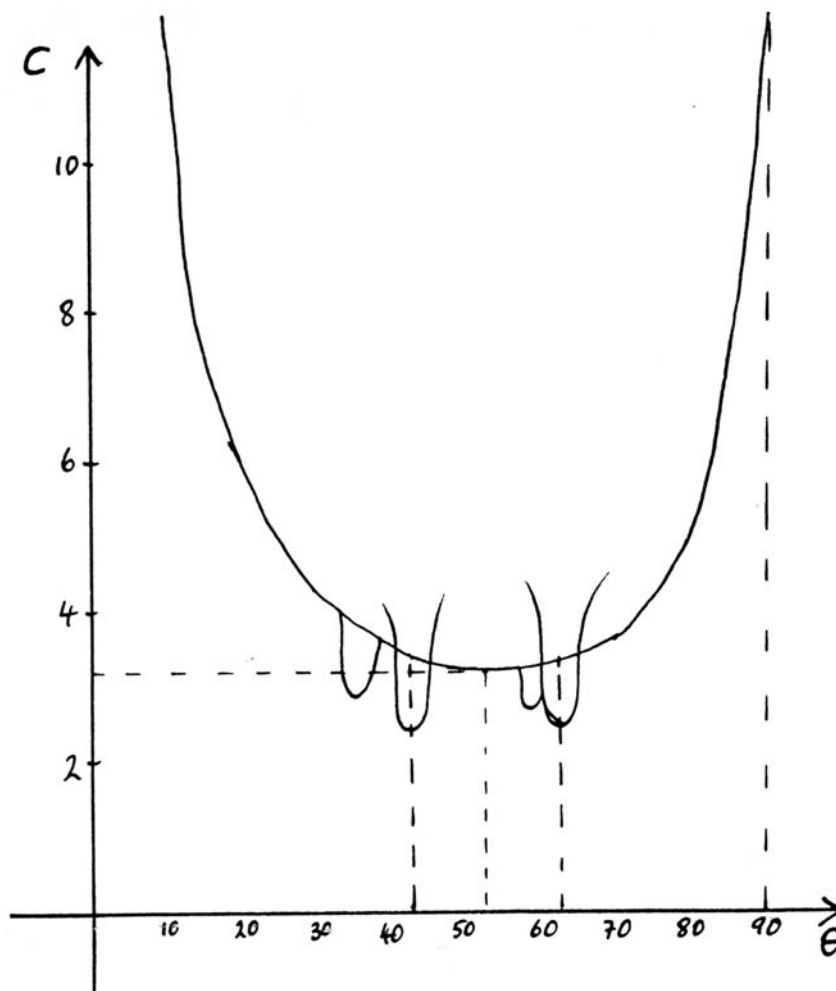


Figure 4: Le graphique

Références

- [1] Ducros. Mme. (1855) La bonne tenue d'un ménage, *Elle*, 53, 14-16
- [2] Binet. (1977) Les Bidochons : Problèmes ménagers.
- [3] Bourbaqui F (1978) Matrix augmentation and partitioning in the updating of the basis inverse. *Math. Prog.* 13, 241-254.
- [4] Williams & Saurins (1982) The distressed carton-opener *Math. Prog.* 2, 263-278.
- [5] Heinz M.A. (1990) Shit the paper is soaked with milk again! Stanford Univ. System Optimization Lab. Report SOL 90-2.
- [6] Bloggs (1990). 100 silly things to pour from a carton. Stanford Univ. System Optimization Lab. Report SOL 90-3.
- [7] Cleaner (1991). En récurant les portes de frigo. Univ. de La Sorbonne. Lab de système d'Optimisation. Rapport SOL 90-4.
- [8] Hall (en préparation). Technique d'inversion de l'ouverture pour les cartons de type brik. ERGO Rapport ERGO 93-1