

“Une poire pour la soif”: Remorquage d’icebergs

Fanny Hage, Elliot Douxchamps, Nathan Vandermaelen et Bastien Lombeau

La demande mondiale en eau douce est en constante augmentation due à la croissance de la population mais aussi due à l’accentuation des besoins pour divers secteurs économiques comme l’agriculture et l’industrie. En plus de la pression démographique, l’urbanisation rapide et non contrôlée, l’adoption de nouveaux modes de consommation et la pollution liée à ceux-ci provoquent la dégradation de l’eau potable, principalement des nappes souterraines et des ruisseaux. Cette ressource naturelle étant limitée, son renouvellement est préoccupant. De nombreuses techniques existent pour accroître l’offre d’eau : le détournement de rivières, les transferts interbassins, le dessalement de l’eau de mer ou encore divers mécanismes de recyclage de l’eau.

Bien que l’eau soit abondante sur Terre, l’eau douce est très rare, moins de 3% du total. Les plus grands réservoirs d’eau douce sont sous forme de glace, ils représentent 98%. Plusieurs propositions de longue date concernant le remorquage d’icebergs ont été accueillies avec à la fois scepticisme et intérêt. À ce jour, aucune tentative effectuée n’a été réussie.

Dans les années 1970, une série de scientifiques se sont intéressés à cette technique et ont mené des recherches. L’Arabie Saoudite a fait appel à des spécialistes et des chercheurs pour réaliser une étude de faisabilité technique et économique du transport d’iceberg, afin de remédier aux pénuries d’eau.

Formation physique des icebergs :

Les plus grands icebergs sont généralement formés à partir de structures de glace s’étendant sur des dizaines de milliers de km². Ces étendues, les inlandsis, se retrouvent dans les régions polaires, et ne sont actuellement plus représentés que par deux formations majeures : le Groenland et le continent antarctique. Ces immenses glaciers reposent sur un socle rocheux, ce qui les différencie de la banquise qui elle n’est constituée que de glace de mer gelée, et qui ne produit pas d’iceberg. (remarque : la glace d’iceberg est formée par les précipitations qui ont lieu au dessus du continent gelé, fournissant ainsi de la neige. Cette dernière, continuellement plus enfouie sous une masse toujours plus importante de neige, subit une compaction qui transformera cette neige « nêvé », puis en glace. Cette glace s’écoule ensuite depuis la région centrale du glacier vers ses extrémités, jusqu’à rejoindre la marge continentale et ainsi la mer. C’est à son contact que les icebergs entament leur formation.

La glace, une fois la côte atteinte, s’étend sur les eaux, en accélérant son mouvement, son déplacement étant plus rapide sur l’eau que sur une autre surface de glace (l’eau engendre moins de frottements que la glace, elle est plus « lubrifiante »). Cette élongation de la glace sur l’eau amène inévitablement son amincissement, et la rend également plus sensible à la fracturation (plus on étire un corps, plus il est en tension et risque de casser). Finalement, la glace s’amincit au point de devenir trop peu épaisse pour pouvoir s’enfoncer dans l’eau, et elle devient de la glace flottante. Pour faire simple, la flottaison de la glace sur l’eau se produit lorsque l’épaisseur de la glace est 1,10 fois inférieure à celle de l’eau qui la supporte (faites le test en immergeant deux glaçons d’épaisseur différente de sorte que le plus petit flotte alors que le plus grand n’est pas influencé).

Les icebergs sont donc produits aux marges des continents, et sont en fait des morceaux de plaque de glace (prolongation de l’inlandsis dans la mer) qui s’en détache du fait d’une fracturation influencée par l’élongation de la glace, mais aussi par la poussée d’Archimède, et les forces que l’eau applique sur les « côtés » de la plaque de glace. Toutes ces contraintes tendent à fracturer la plaque en un point duquel se propage la fissure jusqu’à détacher complètement un morceau de glace de l’inlandsis, ce qui donne naissance à un iceberg.

De l’idée du remorquage vers la modélisation.

Avant toute chose, il peut être intéressant de comprendre brièvement le principe d’une modélisation.

Un modèle est une simulation numérique qui tente de prévoir le plus fidèlement possible une situation future en intégrant une série de variables. Les modélisations sont un outil particulièrement utile pour les scientifiques.

Plus concrètement, il s’agit de manipuler un ensemble de formules mathématiques longues et complexes. Il est souvent judicieux de manipuler un modèle physique réalisé à petite échelle en y intégrant une série de paramètres pertinents et modulables afin d’identifier les contraintes limites sous les conditions effectives. Ce petit modèle peut ensuite être généralisé à plus grande échelle.

C’est pourquoi la modélisation se montre particulièrement intéressante pour aborder les problématiques telles que l’instabilité des icebergs pouvant soudainement se retourner ou se briser, le processus de fragmentation interne des icebergs ou encore la fonte entraînée, notamment, par la traversée de courants marins chauds.

L’enjeu des ingénieurs est donc conséquent. En effet, il s’agirait de transporter des icebergs de plusieurs centaines de millions de tonnes en appliquant une force de plusieurs millions de Newtons durant plusieurs mois à travers des eaux tourmentées dont le gradient de température est substantiel. Ainsi, les principales contraintes abordées pour la modélisation seraient :

- La cohésion physique de l’iceberg et les points d’ancrage dans celui-ci pour permettre le remorquage. Effectivement, ni la porosité, ni la densité physique de la neige et de la glace ne sont les mêmes. Il serait donc nécessaire de connaître les parties les plus résistantes de l’iceberg pour y fixer le matériel de tractage.
- Le gradient de température et la stabilité structurale puisqu’un fort gradient de température entre l’eau des océans, l’air atmosphérique et la température de la neige et/ou de la glace de l’iceberg favoriseront l’affaiblissement de la cohésion de celui-ci d’autant plus si il présente des failles au préalable.

- La ligne de flottaison qui représente la limite entre les parties émergée et immergée de l'iceberg et la ligne de transition marquant le passage entre la neige et la glace. En effet, si la ligne de transition se trouve sous la ligne de flottaison, la situation serait problématique puisque la neige serait en contact avec l'eau de mer. Au contraire, si elle se trouve au-dessus de cette même ligne, elle en sera protégée de l'altération par les vagues et par les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer. La fonte des icebergs pendant un si long trajet nécessite de bien choisir l'iceberg à transporter au départ mais surtout de bien le protéger pendant le trajet. Les icebergs sont repérés d'abord par satellites puis par avion avant qu'une expédition maritime n'aille directement inspecter l'iceberg sur place. Il faut choisir un iceberg qui ne risque pas de se briser et assez gros pour ne pas fondre entièrement pendant le trajet.

Les routes imaginées pour le remorquage d'icebergs dépendent du pays qui envisage le transport. Les points de départ sont l'antarctique et le groenland. Quel que soit le point d'arrivée les Icebergs doivent être remorqués dans des mers chaudes en tentant de profiter des courants marins.

Pour lutter contre la fonte, l'iceberg peut être protégé de différentes manières. Actuellement, les scientifiques étudient quel type de matériaux est le plus adapté pour protéger l'iceberg.

Ces différentes techniques n'ont pas encore été testées à grande échelle mais de petites expériences ont déjà eu lieu. Une série de choix doivent être effectués, bien avant la moindre expérience à petite échelle. Les études qui ont été menées au cours des 40 dernières années ont divulguées de nombreux problèmes quant à la réalisations du remorquage d'icebergs. Les difficultés techniques et économiques étant les plus problématiques pour la rentabilité de cette démarche. L'impacte sur l'environnement a lui aussi été étudié, les problèmes surviendraient essentiellement aux extrémités du voyage de l'iceberg. En effet, l'écosystème fragile des régions froides seraient fortement pollué par le vas et viens de remorqueurs, alors que les eaux chaudes et peu profondes des côtes arides recevraient une grande quantité d'eau très froide qui modifieraient la faune et la flore. Il faut aussi réfléchir aux conséquences géopolitiques que l'utilisation et le prélèvement d'eau d'icebergs entraîneraient.

Diverses solutions peuvent être imaginées pour résoudre ses problèmes, cependant il faudra encore qu'elles fassent l'objet d'études économiques et pratiques pour qu'elles soient envisagées.

Plus simple encore, au lieu de remorquer un iceberg jusque dans les zones où son eau est nécessaire, on pourrait le casser en petits morceaux qui seraient transportés par bateaux. L'eau d'iceberg pourrait être mise en bouteille sur place et transporter sous forme de futs dans des navires. Tous les facteurs que nous avons expliqués font du remorquage d'iceberg un processus difficile, coûteux et particulièrement long. Étant donné l'augmentation continue de la demande en eau potable et l'amélioration des technologies, il est probable que le remorquage d'iceberg soit tenté et même réussi dans un avenir plus ou moins proche. Cette idée qui n'est actuellement qu'un projet, a de grandes chances d'être un jour réalisée par une association entre certains États et quelques grandes multinationales. Cette source future d'eau potable ne doit pas nous faire oublier qu'il existe d'autres moyens de régler les problèmes d'eau, plus économiques et moins énergivores, comme par exemple changer nos habitudes de consommation d'eau.

Conception et réalisation d'un robot qui prépare le café

Les étudiants de BA2 des filières électricité et électromécanique de l'école polytechnique de l'ULB doivent réaliser un robot qui prépare le café. Celui-ci devra être capable de prendre une commande grâce à une communication sans fil (café avec ou sans sucre / lait), aller chercher un gobelet dans une étagère, le déposer au bon endroit sur une Senseo, faire le café (appuyer sur le bouton), si nécessaire ajouter du lait et du sucre, mélanger le tout et enfin apporter le café au client.

Six groupes d'étudiants ont travaillé sur ce projet. Chaque groupe présentera sa solution au problème posé et les différents aspects de leur travail :

Conception mécanique du robot mobile et des distributeurs de lait et sucre:

Le robot doit être capable de prendre un gobelet sur une étagère, le déposer sur une Senseo, appuyer sur le bouton pour faire le café, ajouter du lait et du sucre. Pour la réalisation des distributeurs de lait et sucre, les étudiants ont utilisé des matériaux de récupération ou à faible coût ainsi que des pièces Légo.

Les distributeurs de lait et sucre ont de plus dû respecter certaines contraintes comme par exemple être facilement manipulables ou encore être suffisamment solides. Il fallait également respecter des contraintes d'hygiène afin que le café puisse être consommé.

Devant répondre aux mêmes objectifs, les différentes équipes ont développé 6 robots mobiles différents. Ceci montre bien que le métier d'ingénieur demande non seulement des connaissances et des raisonnements scientifiques, mais aussi une grande créativité, pour trouver la meilleure solution à un problème donné.

Modélisation:

Les étudiants ont été amenés à développer des modèles, reposant sur des équations empiriques ou issues de modèles physiques. Le but de la modélisation et ensuite de la simulation est de pouvoir prédire le comportement du robot afin de bien comprendre son fonctionnement et ensuite d'optimiser ses paramètres.

Un exemple de modélisation qui a été effectuée est le calcul de la position et l'orientation du robot sur la base de la mesure des positions angulaires des roues gauche et droite (cette discipline s'appelle l'odométrie).

Un simulateur a permis d'adapter les différents algorithmes mis en œuvre dans le robot mobile pour s'assurer qu'il ne puisse pas tomber de la table, ou vérifier qu'il fasse exactement le trajet qui lui était demandé.

La simulation a aussi permis d'optimiser le système de régulation, en le soumettant à de très nombreux tests. De tels tests auraient pris un temps beaucoup plus important s'ils avaient été effectués directement sur le robot.

Conception d'un régulateur :

Le robot se déplace grâce à deux moteurs, l'un entraînant la roue motrice du côté droit et l'autre, celle du côté gauche. La vitesse de rotation de ces derniers dépend de leur tension d'alimentation. En contrôlant cette tension de manière adéquate, on peut donc piloter le robot.

Malheureusement, les moteurs sont sensibles aux perturbations pouvant gêner leur rotation comme la masse qu'ils doivent entraîner ou la friction qu'ils doivent vaincre. De plus, les deux moteurs ne sont pas parfaitement identiques : en leur appliquant une même tension, ils ne tournent pas à la même vitesse, ce qui fait dévier le robot. Pour ces raisons, il est impossible de prévoir les déplacements du robot en se basant uniquement sur la connaissance des tensions appliquées aux moteurs.

Le régulateur permet d'outrepasser ces problèmes. En effet, celui-ci ajuste la tension des moteurs en temps réel sur la base de l'objectif à atteindre. A chaque instant, le régulateur compare l'état du moteur, par exemple sa position angulaire ou sa vitesse de rotation, à la valeur que l'on souhaitait atteindre et adapte la tension en conséquence. Par exemple, si une roue ne tourne pas assez vite, le régulateur augmentera la tension du moteur alors que si elle tourne trop rapidement, il la diminuera. Ce principe s'appelle la rétroaction.

La conception d'un régulateur consiste à ajuster la correction de manière adéquate. Si celle-ci est trop faible, l'objectif ne sera jamais atteint, alors que si elle est trop forte, on oscillera autour de la valeur à atteindre, parfois de manière très abrupte. Ainsi, il vaut toujours mieux tester le dimensionnement de son régulateur en simulation avant de le mettre en œuvre sur le vrai robot.

Des bulles, des flocons et des math

Avez-vous déjà songé à ce que vous jetez sur vos adversaires lors d'une bataille de boule de neige ? Regardez donc d'un peu plus près cette boule blanche dans votre main, plus près, encore un peu plus près... Non, vous ne rêvez pas, ce sont bien des cristaux aux structures hexagonales et aux symétries quasi parfaites, d'une beauté à couper le souffle que vous tenez entre vos doigts. L'eau. Une molécule aux splendeurs cachées... Laissez-vous conter ces merveilles à travers le kaléidoscope des mathématiques.

Commençons notre voyage par l'indispensable, l'incontournable molécule H_2O . Qui aurait cru qu'avec 3 atomes elle cacherait tant de types de symétries différentes ? Que sa schématisation nous entraînerait dans le monde des graphes et des groupes de symétrie ? Qu'une des plus belles représentations du flocon est sans doute celle de Niels Fabian Helge von Koch, un mathématicien suédois qui cherchant une fonction simple a mis au point une courbe très justement baptisée « flocon de Koch » qui possède de curieuses caractéristiques. Il s'agit d'une fractale c'est-à-dire une forme géométrique de structure complexe et irrégulière qui sert de modèle pour décrire les phénomènes chaotiques. Il faut encore remarquer que le flocon de Koch a ceci de particulier que son aire est finie tandis que son périmètre est infini. Pouvez-vous vous représenter cela ? Et si nous ajoutons qu'en emboîtant des flocons de Koch il était possible de paver le plan ?

Ce pavage au bord infini n'est évidemment pas celui que les abeilles ont choisi et elles ne nous ont pas attendus pour se pencher sur le problème. Avez-vous déjà observé la structure hexagonale des alvéoles composant leurs nids ? En 1999 Thomas Callister Hales a prouvé que ce pavage était le plus efficace au sens où parmi les figures géométriques qui permettent de paver le plan, l'hexagone est la forme qui possède le plus petit périmètre pour une aire donnée. Cette preuve d'un résultat pourtant intuitif est longue et difficile, suggérant que le problème n'est pas si simple qu'il en a l'air. En 3 dimensions une question similaire se pose : quelle est la meilleure façon de remplir totalement l'espace avec des formes toutes identiques de sorte que cette brique élémentaire ait une surface minimum pour un volume donné ? C'est encore une fois l'eau qui vient nous souffler la réponse. En effet les amas de bulles de savon se mettent spontanément dans des structures satisfaisant de telles contraintes. Mais est-ce bien la meilleure façon de faire comme dans le cas des alvéoles d'abeilles ?

La réponse est non et ce n'est que très récemment que d'autres formes que celle prise par les bulles d'eau ont pu être proposées... sans preuve qu'elles étaient les meilleures que l'on pouvait obtenir. La course aux briques pavant l'espace et ayant le meilleur rapport volume/surface est donc ouverte.

Pourrez-vous trouver le candidat suivant ?!

Il existe encore un foisonnement de problèmes similaires comme celui d'empiler des boulets de canons ou des oranges de manière à perdre le moins de place possible. Un problème étonnement complexe et lui aussi résolu il n'y a que quelques années.

Observer l'eau dans quelques-uns de ces états que ce soit la molécule elle-même, des bulles ou des cristaux de glace nous entraîne dans une danse de problèmes mathématiques pour certains non résolus et faisant toujours appel à toute l'ingéniosité des Hommes. Venez voir la présentation tout en images de ces épineux problèmes et quelques-unes des méthodes développées pour en venir à bout !

Simulation de l'eau (Groupe 2) : Descriptif

Département d'informatique

Dans le cadre de ce Printemps des Sciences, nous avons comme projet de simuler le mouvement de l'eau.

L'idée de ce descriptif est de mettre en avant les phénomènes physiques cachés derrière la simulation d'eau. Ils tombent sous le sens dans la vie quotidienne, mais ils font l'objet de calculs rigoureux pour atteindre un certain niveau de réalisme !

Nous avons choisi d'utiliser la méthode de Lagrange pour cette simulation d'eau, ce qui implique qu'à chaque étape l'entièreté des positions des particules est calculée.

Les calculs prennent en compte différents paramètres comme :

- La **gravité**, ou plus précisément l'attraction terrestre qui agit sur les particules d'eau.
- Les **springs**, la force que chaque particule émet sur une autre. Ce qui peut consister en une attraction ou une répulsion.
- La **viscosité** de l'eau est le paramètre qui caractérise la résistance à l'écoulement. Plus le fluide est visqueux, plus sa vitesse d'écoulement sera faible. Il est donc important de tenir compte de ce paramètre pour le côté réaliste : de l'eau ou de l'huile n'auront pas le même comportement !
- Les **collisions** avec des objets provoquant une modification du mouvement des particules. Les bords du récipient constituent un bon exemple.

Pour représenter toutes ces modifications, nous utilisons un récipient qui se situe dans un repère en 3 dimensions. Toutes les caractéristiques ci-dessus nous permettent de calculer une nouvelle position pour chacune des particules qui composent le fluide.

Les particules sont définies par des coordonnées (x,y,z) , et subissent des modifications variées qui reflètent leur mouvement.

Après chaque calcul des nouvelles coordonnées des particules, celles-ci sont représentées par des sphères.

L'effet de lumière est donné par un spot artificiel qui se reflète sur la surface de l'eau.

Par: François Gérard, Anthony Hoffmann, Thibaut Van De Velde et Florian Louvet.

DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE
Projet : Simulation de l'eau au sein des jeux vidéos ou du cinéma
Gaspar Feron, Victor Carakehian, Martin Bogaert

L'application

Modéliser et simuler le comportement de l'eau lorsque celle-ci est en mouvement afin de la rendre la plus réelle possible.

Ce projet présente l'étude de l'interaction entre l'eau et une sphère. Il aborde plusieurs défis scientifiques et techniques. La représentation tridimensionnelle de la masse d'eau, de la lumière, de l'environnement, ... Pour l'étude physique, nous aborderons des notions comme la propagation de l'onde à la surface de l'eau, la gravité, les différentes unités de mesure comme le temps, le déplacement, la vitesse, l'accélération, ...

La modélisation de l'eau étant très vaste et complexe, nous nous sommes limités au mouvement de l'eau en surface.

Nos objectifs

Les objectifs que nous nous sommes fixés sont de :

- Fournir un mouvement le plus fluide, le plus réaliste possible.
- Fournir un mouvement en temps réel.
- Prendre en compte les différentes forces impliquées dans la modélisation du système.
- Optimiser les différents calculs de ce mouvement afin de rester dans les limites de l'ordinateur.

L'eau, de la piscine à la matrice ...

Lorsque l'on veut modéliser l'eau sans l'aide d'un moteur graphique existant, on ne peut pas dire à l'ordinateur : « Je t'ordonne de me créer une piscine remplie d'eau ». Ce n'est pas si simple, mais il existe tout de même des outils pour nous simplifier la tâche.

Pour commencer, la surface de l'eau est « discrétisée », cela paraît très technique mais signifie simplement qu'elle est divisée en un certain nombre de points. Ces points sont ensuite reliés entre eux pour former des triangles. Voilà la base de tous les jeux vidéos. Plus on divise la surface, plus on possède de points, et plus on a de « polygones ».

Le mouvement de l'eau

À chaque point de la surface de l'eau est associée une hauteur. On l'obtient en calculant d'abord la moyenne de la somme des différences des hauteurs des points voisins au point considéré. Ensuite, avec cette moyenne, on calcule la force appliquée sur ce point. Pour finir, dans la formule de la force, on isole l'accélération que l'on multiplie par le temps et on ajoute la vitesse précédente pour obtenir la nouvelle vitesse. Cette vitesse est utilisée pour calculer la prochaine hauteur du point.

La lumière

La lumière permet à l'œil de contraster la couleur des objets, de faire apparaître des ombres et donc la visualisation en trois dimensions.

Un objet reflète une certaine quantité de lumière, ce qui lui donne une certaine couleur.

La boule

Le mouvement de la boule est divisé en deux. En l'air, la boule suit un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA), attirée par la gravité. Lorsque la boule touche l'eau, elle subit la poussée d'Archimède.

Dossier pédagogique

Intervention de l'eau en chimie organique : compatibilité et applications

BARAN Nicolas, HOEKMAN Antoine, THOMEE Pierre
BA3 Chimie 2012-2013 / Laboratoire de chimie organique

Professeur : Gwilherm Evano Assistant : Steven Moerkerke

Printemps des Sciences 2013

Parmi les disciplines que regroupe la chimie, la chimie organique est incontestablement celle qui donne accès à la plus grande variété de molécules différentes. Pourtant, un composé semble s'exclure de lui-même de la chimie organique : l'eau. Beaucoup de composés organiques sont en effet parfaitement insolubles dans l'eau. De plus, celle-ci constitue dans certains cas un réactif puissant susceptible d'hydrolyser des fonctions chimiques telles que les anhydrides et les esters. Par conséquent, eau et chimie organique sont souvent incompatibles l'une avec l'autre.

Pourtant, l'eau peut avoir d'intéressantes applications quand elle est employée intelligemment. En effet, même si l'effet hydrophobe apparaît dans un premier temps comme un inconvénient majeur, il reste possible de le contourner, voire même de l'utiliser. Il en résulte que les interventions de l'eau en chimie organique sont nombreuses et parfois d'un intérêt majeur dans un large éventail de procédés chimiques.

Dans un premier temps, nous aborderons l'effet hydrophobe d'une manière générale. Pourquoi une molécule est-elle hydrophobe ? Peut-on solubiliser une molécule à priori insoluble (propriétés acido-basiques) ? Nous présenterons également, en guise d'illustration, du sable rendu hydrophobe suite à un traitement avec un imperméabilisant.

Nous parlerons ensuite de l'intervention de l'eau dans le cadre d'une réaction chimique en particulier : la saponification. Basée sur l'hydrolyse des esters sous forme d'acides gras en milieu basique, cette réaction chimique est employée depuis des siècles pour fabriquer du savon.

Hydrodistillation du limonène.

Un autre emploi de l'eau concerne la purification par hydrodistillation du limonène, une molécule odorante présente dans les pelures d'orange. Cette molécule présente en effet l'inconvénient de se dégrader avant d'atteindre sa température d'ébullition, il n'est donc pas possible de la distiller. D'autres méthodes d'isolation pourraient être envisagées (extraction directe par solvant organique par exemple) mais la présence de nombreux résidus dans la pelure du fruit rend ces méthodes difficilement applicables.

Cependant, l'ajout d'eau aux pelures avant la distillation permet de résoudre le problème, on parle alors d'hydrodistillation. Le principe de cette méthode réside sur l'emportement azéotropique du limonène par l'eau. Il en résulte que la température d'ébullition du mélange eau-limonène est bien inférieure à la température d'ébullition du limonène pur. Il devient dès lors possible d'isoler la molécule par distillation sans aucune dégradation.

Matériel :

- Chauffe ballon
- ballon de 250 ml
- ballon de 100 ml ou verre à pied pour récolter le distillat
- tête de distillation
- réfrigérant
- corne à vide
- thermomètre
- 2 oranges
- eau distillée

Manipulation :

Hacher les écorces d'orange en petits morceaux et les introduire dans le ballon de 250 mL. Ajouter 100 ml d'eau distillée (recouvrir totalement les zestes) et chauffer. On récolte dans le ballon de 100 mL un mélange azéotrope d'eau et de limonène à une température d'ébullition de 96°C. Le limonène pur qui flotte au-dessus de l'eau peut être facilement récupéré par extraction.

Remarques :

1/ La fraction récoltée est fortement odorante, il est déconseillé de la respirer directement ; il convient à la place d'amener les vapeurs au nez en agitant la main au-dessus du récipient de récolte.

2/ Ne pas distiller plus de la moitié du volume chauffé, au risque de former de la gelée solide difficile à enlever dans le fond du ballon.

3/ Un mode opératoire plus complet incluant des instructions pour la séparation et l'identification du limonène ainsi que des questions de réflexion sur la manipulation est disponible à l'adresse suivante :

http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lyc-pins-justaret/IMG/pdf/extraction_orange.pdf

Eau'smose : une question de bon sens

Etudiants de première année en Biologie médicale – Haute Ecole Francisco Ferrer

Et si on changeait d'aquarium nos poissons marins et d'eau douce... que leur arriverait-il ? ils ne le supporteraient ni l'un ni l'autre et mourraient sans aucun doute car chacun a mis au point un système d'osmorégulation adapté à son milieu, !!!

Le poisson d'eau de mer vit en milieu hypertonique. L'eau a tendance à sortir de son organisme et il doit lutter contre la déshydratation :

- Sa peau, imperméable, empêche l'organisme de se vider de son eau.
- Il ingère de grandes quantités d'eau salée.
- Son système rénal rejette de faibles quantités d'urine isotonique au sang.
- Ses branchies excrètent activement des ions.

Le poisson d'eau douce vit en milieu hypotonique. L'eau a tendance à rentrer dans son organisme et il doit lutter contre l'éclatement :

- Sa peau, perméable, laisse de l'eau entrer dans l'organisme.
- Il n'ingère pas d'eau douce.
- Son système rénal rejette de grandes quantités d'urine diluée.
- Ses branchies réabsorbent activement des ions.

Au niveau cellulaire, les effets des concentrations en sel se font également ressentir ! Mais de manière différente pour les cellules végétales et animales :

La cellule végétale possède une membrane plasmique surmontée d'une paroi rigide et, dans son cytoplasme, une vacuole contenant, entre autres, de l'eau et des sels minéraux.

La cellule animale est délimitée par une simple membrane cytoplasmique, relativement fine, et ne possède ni paroi ni vacuole.

En milieu hypertonique, la cellule entre en plasmolyse.

La vacuole se vide de son eau, le cytoplasme se rétracte et la membrane cytoplasmique se décolle partiellement de la paroi. Cette dernière restant en place, la cellule conserve sa forme

Le cytoplasme perd son eau, il se rétracte et le volume cellulaire diminue.

En milieu hypotonique, la cellule entre en turgescence.

La vacuole se gorge d'eau et occupe la quasi-totalité du cytoplasme. La dilatation de la cellule est stoppée par la paroi cellulosique, empêchant dans un premier temps son éclatement.

Le cytoplasme se gorge d'eau et exerce une pression sur la membrane plasmique qui, à l'extrême, peut céder. La cellule éclate alors, c'est la lyse cellulaire

Au niveau moléculaire, la chaleur donne de l'énergie à ces dernières. Grâce à cette énergie, elles sont animées d'un mouvement rectiligne. Sur leur chemin, elles entrent en collision avec d'autres molécules, à la suite de laquelle, leur trajectoire est modifiée de manière aléatoire. Il en résulte un déplacement globalement aléatoire de toutes molécules, appelé agitation thermique ou mouvement brownien.

Ce mouvement brownien a pour conséquence le brassage des molécules conduisant à l'homogénéisation de solutions de concentrations différentes mises en contact direct ou séparées par une membrane perméable tant au soluté qu'au solvant. C'est le phénomène de diffusion. Le flux de la diffusion dépend de la température, de la différence de concentration et des caractéristiques du couple soluté-solvant. Lorsque deux solutions ont des concentrations différentes, la plus concentrée est appelée hypertonique par rapport à l'autre qui est dite hypotonique. A l'équilibre lorsque les concentrations sont égales, elles sont appelées isotoniques. Comme le mouvement brownien ne s'arrête jamais, on parle dès lors d'équilibre dynamique.

Lorsque les deux milieux sont séparés par une membrane semi-perméable au travers de laquelle seul le solvant peut passer, ce dernier sera le seul à diffuser au travers de la membrane, c'est l'osmose. Le passage du solvant d'un compartiment à l'autre va créer une augmentation du niveau du côté

hypertonique et donc y exercer une pression hydrostatique additionnelle au niveau de la membrane. L'équilibre est atteint lorsque la pression hydrostatique empêche le flux net de solvant vers la solution hypertonique. Cette pression hydrostatique maximum s'appelle la pression osmotique. Elle dépend de la température, de la différence de concentration, de la constante des gaz parfaits et du nombre de particules de solutés par unité de molécule. Il est important de remarquer que la pression osmotique est une propriété colligative c'est-à-dire qui dépend uniquement du nombre de particules en solution diluée et non de leur nature. Comme dans le cas de la diffusion, l'équilibre osmotique est dynamique, mais cette fois, il n'y a pas homogénéisation des concentrations.

Et si on inversait le sens de ce phénomène ? Actuellement, l'osmose inverse s'impose de plus en plus comme technique de traitement de l'eau à différents niveaux (dessalement de l'eau de mer, production d'eau potable, production d'eau ultra-pure pour diverses applications industrielles, traitement d'eau usée,...). Dans cette technique, le processus naturel d'osmose est inversé par application sur la solution la plus concentrée d'une pression supérieure à la pression osmotique.

Au cours de ce processus de filtration, la solution à traiter est mise en circulation tangentielle à la membrane sous l'effet d'une différence de pression. Une partie de cette solution va traverser la membrane et va correspondre à la fraction purifiée. L'autre partie qui ne traverse pas la membrane va correspondre à l'eau usée chargée en polluants. Le passage de l'eau pure est donc forcé à travers la membrane semi-perméable. Le choix et la qualité de cette membrane est donc d'une grande importance.

Parmi les 5 procédés de filtration membranaire qui existent, l'osmose inverse est de loin la filtration la plus fine. En effet, 95 à 99 % des particules solides dissoutes et 100 % des microorganismes sont éliminés et l'eau ainsi obtenue est dite ultra-pure.

Au même titre que l'osmose inverse, la dialyse est un procédé de purification par membrane semi-perméable de molécules ou d'ions en solution. Cependant, dans le cas de la dialyse, la force utilisée, pour que les espèces chimiques et les ions puissent traverser la membrane est un gradient de concentration et non de pression. Cette technique est utilisée afin de purifier le sang en cas d'insuffisance rénale aiguë.

Le rein, organe vital hautement vascularisé, sert à purifier le sang ainsi qu'à régler son volume et sa composition. Il assure le maintien de l'homéostasie en éliminant divers déchets métaboliques et en préservant les équilibres hydro-électrolytiques et acido-basique de l'organisme. Il s'agit d'un organe pair en forme de haricot situé dans la région rétro-péritonéale. Chaque rein est constitué d'environ un million de néphrons dans lesquels l'urine est élaborée. La formation de l'urine s'articule sur deux phénomènes : la filtration glomérulaire et l'ajustement tubulaire. De 180 litres d'urine primitive issue de la filtration du sang, 1,5 litres d'urine définitive sont élaborées en 24 heures.

En cas d'insuffisance rénale aiguë, un traitement substitutif doit être établi : la dialyse. Elle repose sur le principe de la diffusion de composés à travers une membrane semi-perméable séparant deux milieux de concentrations différentes. Il existe deux techniques : l'hémodialyse et la dialyse péritonéale. Lors d'une hémodialyse, le sang est pompé et traité de manière extracorporelle. Une solution isotonique au sang « épuré » (le liquide de dialyse) circule autour d'une membrane. Par diffusion, entre autres, grâce à la différence de concentration entre le sang et le liquide de dialyse, les déchets présents dans le sang « impur » sont éliminés. La dialyse péritonéale consiste, par contre, à utiliser le péritoine comme membrane de dialyse. Les échanges s'effectuent entre le liquide de dialyse introduit dans la cavité péritonéale au moyen d'un cathéter et le sang contenu dans le réseau mésentérique.

Lorsque le tissu rénal est trop abîmé, une greffe peut s'avérer nécessaire. Le don d'organes consiste à prélever un ou des organe(s) d'un corps humain (appelé donneur) pour traiter un ou des patient(s) (appelé(s) receveur(s)) dont l'un ou l'autre organe essentiel est gravement atteint. La greffe de rein, par exemple, permet un retour à la vie normale moyennant un traitement à base d'immunosuppresseurs afin de pallier au risque de rejet du greffon.



Analyse Vidéo pour la Détection et le Suivi de Poissons

Département d'informatique

Réalisé par : Ayoub Bouziane, Bruno Rodrigues et Quentin-Emmanuel Vajda

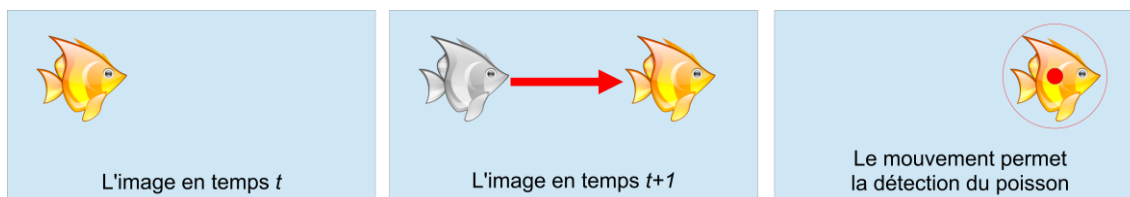
I. Introduction

Ce projet d'informatique a pour but de développer un programme d'analyse vidéo permettant la détection de poissons dans un aquarium, ainsi que le suivi des poissons.

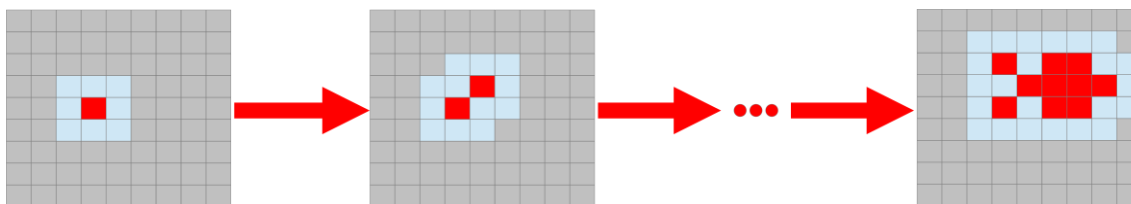
Cette analyse est effectuée à partir d'un flux vidéo qui est capturé à partir d'une caméra placée au sein de l'aquarium.

II. Analyse et traitement d'un flux vidéo

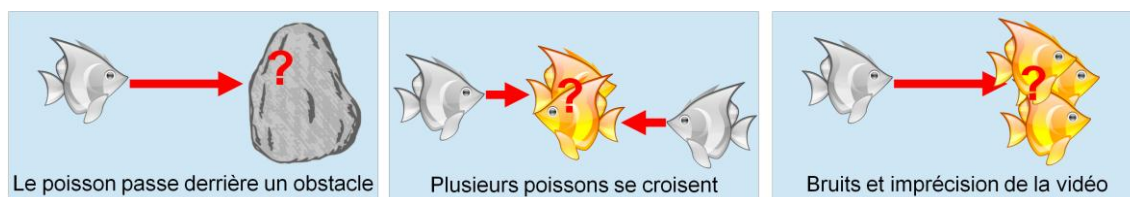
La détection de mouvement dans un flux vidéo est effectuée par analyse entre trames (images). Avec un traitement, trame par trame, de fortes différences au niveau des pixels peuvent être détectées. Ainsi, la différence de concentration des pixels entre une trame à un temps t et une trame en temps $t+1$ permet d'identifier un mouvement.



Une fois une différence détectée, on regroupe l'ensemble des pixels "en mouvement" qui se trouvent dans un rayon de recherche. On cherche alors le centre de la concentration des pixels en mouvement de manière à entourer le poisson d'un cercle.



Cependant, imaginons que plusieurs poissons se croisent. Comment procède-t-on à la distinction de ceux-ci? Ou si un poisson passe derrière un obstacle (rocher ou autre), comment procède-t-on au suivi de ce poisson?



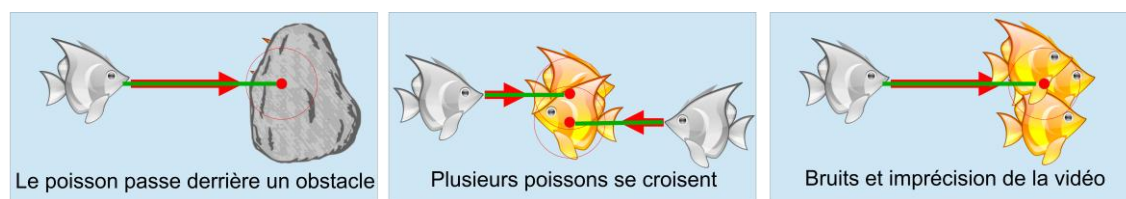


C'est pourquoi la simple détection par le mouvement n'est pas suffisante et il est nécessaire de l'améliorer pour obtenir un suivi correct des poissons.

Une solution à ces problèmes est l'utilisation du filtre de Kalman.

III. Utilisation du filtre de Kalman

Ce filtre, élaboré par Rudolf Kalman en 1960, est un estimateur récursif qui estime les états d'un système dynamique à partir d'une série de mesures incomplètes ou bruitées. Ici, on l'utilise dans le but de résoudre les problèmes d'occlusion des poissons suivis et d'imprécision de la vidéo.



Son fonctionnement est basé sur deux étapes :

La phase de prédiction : Ici, on utilise l'état estimé à l'instant X_{k-1} pour produire une estimation de l'état courant X_k . L'état est la paire de valeurs (position, vitesse) du poisson.

En se basant sur les positions et vitesses précédentes, cette phase prédit une nouvelle position et vitesse du poisson suivi.

$$X_k = A \cdot X_{k-1}$$

La phase de correction : Les observations, position et vitesse (Z_k) de l'instant courant sont utilisées pour corriger l'état prédit dans le but d'obtenir une estimation plus précise. Cette étape n'est pas prise en compte lorsque le poisson est occulté par un obstacle quelconque.

$$X_k = X_k + K_k * (Z_k - X_k)$$

On voit bien que X_k est égal à la valeur prédite à l'état X_k + (le gain K_k * la différence entre l'observation Z_k et la prédiction X_k).

La différence entre la prédiction et l'observation est donc pondérée par le gain, ce qui permet de minimiser l'erreur.

On peut résumer l'utilisation du filtre de Kalman par le tableau suivant :

	Simple comparaison	Filtre de Kalman
Obstruction	Le poisson n'est plus suivi.	La position du poisson est prédite jusqu'à sa réapparition.
Bruits et imprécisions	Détection imprécises et erronées.	Précisions.

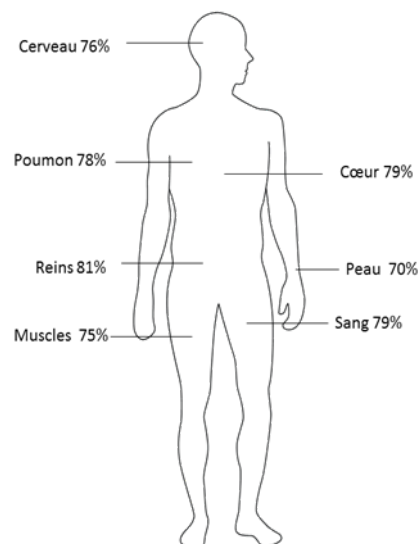
Pourquoi ne doit-on pas boire de l'eau pure ?

Sciences biomédicales

Angélic Bryla, Maëlle Beauset, Pierre Gillotay, Imen Jebri, Marta Wojno

L'eau est un élément essentiel pour maintenir notre organisme en bonne santé. En effet, notre corps est composé en moyenne de 60% d'eau. Cette teneur varie d'une personne à une autre en fonction de son âge (les personnes âgées sont plus déshydratées), de sa corpulence (les individus plus maigres ont une plus grande teneur en eau) et de son sexe. Cette eau est répartie de manière équitable parmi tous les organes. Mais notre organisme ne dispose pas de stock d'eau, tout surplus est directement éliminé (principalement par les reins sous forme d'urine). Il est donc très important de maintenir un état d'hydratation adéquat. De plus, la masse musculaire étant différente entre les femmes et les hommes, les besoins hydriques quotidiens le seront également.

Les nouveaux nés ont des besoins accrus en eau, en effet à cause de leurs reins immatures ils sont incapables de produire une urine concentrée. Leurs pertes hydriques sont donc plus importantes.



L'eau joue d'importants rôles pour le bon fonctionnement de notre organisme. En effet, elle entre dans la composition du sang, de la lymphe, des sucs intestinaux et de la salive. Elle participe entre autre au transport de nombreux composés (comme les nutriments, l'O₂, les hormones, les protéines,...), au maintien de la température corporelle, à l'amortissement des chocs au niveau des articulations, à l'élimination des déchets métaboliques, ...

L'eau que l'on trouve en bouteilles dans le commerce est une eau minérale, elle n'est donc pas chimiquement pure, cela signifie qu'elle contient de nombreux sels minéraux composés d'ions calcium, magnésium, sodium et potassium.

Ceux-ci sont indispensables pour de nombreuses fonctions cellulaires. En effet, ils interviennent dans le maintien de l'homéostasie: il s'agit d'un état stationnaire qui permet d'assurer une composition ionique intracellulaire constante grâce à un « système pompe-fuite », celui-ci nécessite une consommation constante d'énergie pour assurer le fonctionnement des « pompes ».

De plus, les ions sont responsables du mouvement de l'eau à travers les membranes cellulaires, il s'agit du phénomène d'osmose. L'eau se déplace du milieu le moins concentré en ions vers le milieu le plus concentré en ions de manière à établir des concentrations ioniques égales de part et d'autre des membranes de nos cellules.

Quelques expériences pour illustrer le phénomène d'osmose et la présence d'ions dans les eaux de boisson:

- Phénomène d'osmose dans la pomme de terre :

On creuse trois trous dans une pomme de terre coupée en deux. Ensuite on place celle-ci dans un récipient contenant un fond d'eau. Dans le premier trou, on verse une solution hypotonique (moins concentrée en sel que le milieu intracellulaire), dans le second trou, on place une solution isotonique (même concentration en sels que le milieu intracellulaire) et dans le 3^e trou, on dépose du sel. Celui-ci, au contact de l'humidité de la pomme de terre va se dissoudre et former une solution fortement hypertonique (plus concentrée en sels que le milieu intracellulaire). On laisse le tout reposer pendant ~60 minutes. Et on observe les niveaux d'eau dans les trois trous. Le niveau de la solution isotonique ne varie pas, tandis que dans le trou contenant la solution hypotonique, on observe une diminution du niveau de l'eau. Dans le puits contenant le sel on observe par contre

une augmentation du niveau d'eau. Ces mouvements d'eau illustrent les mécanismes passifs d'osmose.

- Phénomène d'osmose dans les globules rouges :

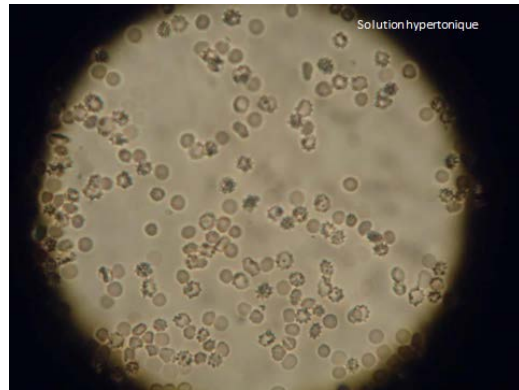
On prépare trois tubes contenant chacun du sang humain :

- dans le premier, on ajoute une solution isotonique.
- dans le deuxième, on ajoute une solution hypotonique (sérum physiologique).
- dans le troisième, on ajoute une solution hypertonique.

On mélange le contenu des tubes et on laisse le tout reposer pendant ~5 minutes. Ensuite, on prélève les globules rouges qui se trouvent dans le fond de chaque tube et on étale une goutte sur une lame en verre. On observe l'aspect des globules rouges au microscope optique.



Les globules rouges présents dans une solution (fortement) hypotonique vont gonfler sous l'effet du flux d'eau et finir par éclater. On observe alors des débris de globules rouges.

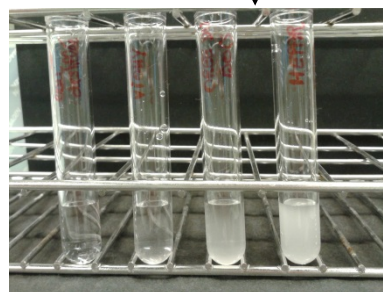
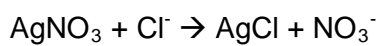
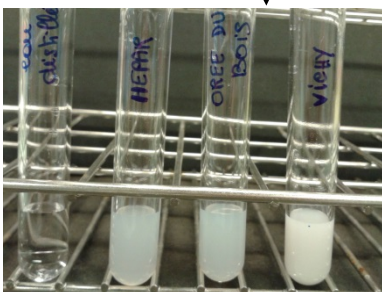
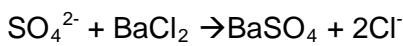


Ceux placés dans une solution hypertonique vont, pour rétablir les concentrations ioniques, perdre de l'eau et se racapoter. Ils auront alors un aspect crénelé.

Les cellules placées dans une solution isotonique garderont leur forme biconcave.

- Mise en évidence de la présence d'ions dans l'eau :

Dans cette expérience deux ions communément présents dans les eaux minérales en bouteilles seront mis en évidence : SO_4^{2-} et Cl^- . Lorsque ces ions sont en contact avec des réactifs particuliers ceux-ci forment un composé solide non soluble dans l'eau.



Une fois la réaction effectuée les produits (BaSO_4 et AgCl) apparaissent sous la forme d'un précipité blanchâtre. L'intensité de ces précipités nous indique donc la teneur en ions dans les différentes eaux minérales.

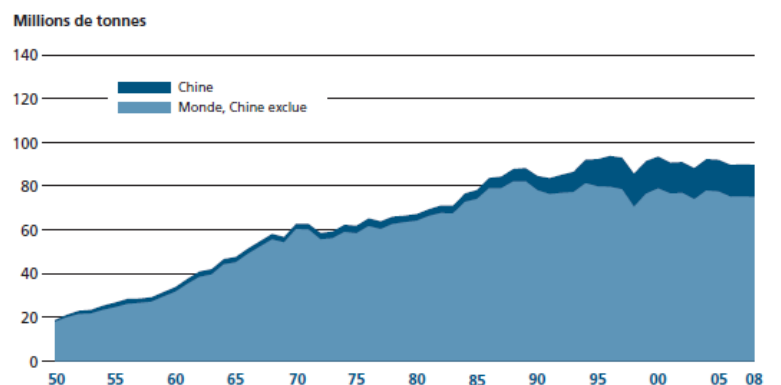
LA SURPÊCHE À TRAVERS LE MONDE

A) Qu'est ce que la surpêche ?

La surpêche désigne la pêche excessive pratiquée par l'homme qui entrave le renouvellement des ressources halieutiques.

Depuis 1950, la production mondiale des pêches de captures a quadruplé, ce qui illustre une réelle intensification de la pêche mondiale. Par contre, la production des pêches de capture stagne depuis 1996 (environ 80 millions de tonnes) à cause de la raréfaction et disparition de certaines espèces. En effet, les poissons se font de plus en plus rares et de plus en plus petit, de plus en plus d'espèces disparaissent.

Production mondiale des pêches de capture



Les stocks de poisson sont classés selon leur niveau d'exploitation. Depuis 40 ans, la moitié des stocks de poissons sont exploités à leur maximum. De plus, la part des stocks de poissons en surexploitation a presque quadruplé en 4 ans.

B) « Une » lecture des causes

Différents facteurs sont à la base de la surpêche :

- **LA CROISSANCE DÉMOGRAPHIQUE** : la population mondiale a plus que doublé en 50 ans. En effet, il y avait 3 milliards de personnes sur terre en 1960 contre 7 milliards actuellement.
- **LA CONSOMMATION DE NOURRITURE** : augmente
- **L'AUGMENTATION DE LA CONSOMMATION DE POISSON PAR PERSONNE** : en 1960, on consommait en moyenne 10kg de poisson/personne/an. Actuellement, on en consomme en moyenne 17kg, soit presque le double.

- **LE CHANGEMENT DES HABITUDES ALIMENTAIRES**
- **LES SUBSIDES** accordés au secteur de la pêche (par la Communauté économique Européenne en 1980 par exemple)
- **L'INDUSTRIALISATION DE LA PÊCHE**
- **L'AMÉLIORATION DES TECHNIQUES DE PÊCHE** : la taille des bateaux industriels a doublé en tonnage et en nombre entre 1970 et 2008.
- **L'AUGMENTATION DE L'INTENSITÉ DE LA PÊCHE** : pour obtenir 1,5 millions de tonnes d'anchois en 1987, il fallait 336 jours de pêche tandis que pour une quantité identique, il ne fallait plus que 12 jours de pêche en 2008.
- **L'EXTENSION DES ZONES DE PÊCHE** : En 50 ans, la pêche industrielle est passée d'une profondeur moyenne de 100-150m à plus de 300m de profondeur.
- **L'OUVERTURE DES MARCHÉS**
- **LA DÉMOCRATISATION DU PRIX DU POISSON**
- **LE CYCLE DE VIE LENT DE CERTAINES ESPÈCES DE POISSONS** par exemple, le cycle de vie de l'Empereur, poissons des eaux profondes, est de 30 ans. Son temps de renouvellement est donc long.
- **L'AQUACULTURE** : Il faut 5kg de poissons sauvages, réduits en farine de poisson, pour produire 1kg de saumon d'élevage.

C) 3 poissons qui n'ont pas la pêche !

La surpêche est un phénomène qui se manifeste au travers de situations fort différentes. Chaque poisson subit l'influence de facteurs biologiques et anthropiques qui lui sont propres et pouvant mener dans certains cas à leur surexploitation. Dans l'objectif de caractériser au mieux ce phénomène, nous allons parcourir la surpêche au travers de 3 poissons représentatifs des logiques actuelles de surexploitation.

- **L'ANCHOIS DU PÉROU** : il est pêché principalement pour la production de farine de poisson, nourriture pour l'aquaculture qui est un secteur en expansion récente apportant une solution paradoxale au problème de surexploitation.
- **L'EMPEREUR OU HOPLOSTÈTE ORANGE** : la modernisation des engins de pêche permet d'exploiter des zones de pêches de plus en plus profonde et large, permettant la

capture de nouvelles espèces, notamment celles des grandes profondeurs à cycle de vie long, c'est-à-dire que son temps de renouvellement est élevé et ne permet pas de supporter une pêche intense.

- **LE THON ROUGE** : ce poisson étant consommé dans les sushis, un nouvel effet de mode sushi-sashimi en provenance du Japon, combiné à une ouverture des marchés a entraîné la surexploitation de ce poisson.

D) Alternatives à la surpêche

- Une **aquaculture durable** : utiliser des plantes pour nourrir les poissons
- Prendre en compte les **impacts de l'industrie à échelle écosystémique**
- **Quotas de production mieux contrôlés** pour lutter contre la piraterie
- Établir un **réseau de réserves marines** sur 40 % de l'océan et promouvoir une **pêche durable** (gestion à échelle écosystémique) dans les 60 % restants (solution défendue par Greenpeace)
- **Changer ses habitudes alimentaires** (insectes, algues)
- **Réduire sa consommation ou consommer autrement**

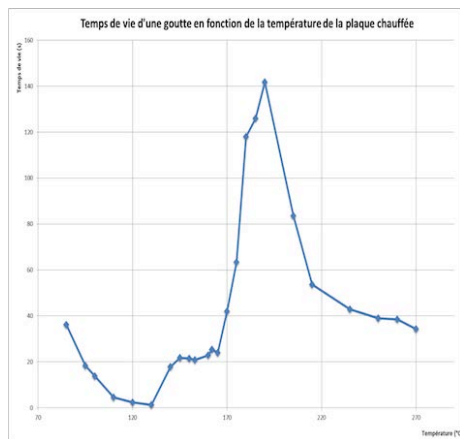
L'effet Leidenfrost

Comment est-il possible de marcher sur des charbons ardents sans se brûler les pieds ? Comment peut-on mettre (brièvement) sa main dans de l'azote liquide ou du plomb en fusion sans risque ? Comment faire léviter de l'oxygène liquide à température ambiante ? Une goutte peut-elle vivre plus d'une minute à une température supérieure à 100°C ? Ces quelques questions, sans lien apparent, concernent un même phénomène : l'effet Leidenfrost.

1. La température de Leidenfrost

Décrit pour la première fois en 1756 par Johann Gottlob Leidenfrost (qui lui donnera son nom), ce phénomène (aussi appelé caléfaction) s'explique par l'isolation thermique due à une importante différence de température entre deux milieux.

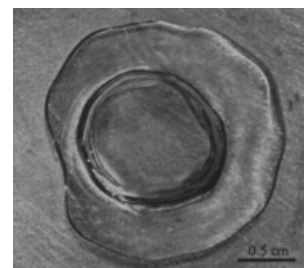
Nous l'avons mis en évidence simplement en posant une goutte d'eau distillée sur une plaque chauffée. En s'approchant de 100°C, la goutte bouille presque instantanément... Rien d'étonnant. Mais en atteignant 180°C, elle semble même léviter, flotter au-dessus de la plaque ! Et, plus impressionnant encore, cette goutte va pouvoir rester sur cette plaque, sans bouillir, pendant pratiquement 2 minutes ! L'explication physique est en réalité assez simple : en atterrissant sur la plaque, seule une petite partie de la goutte a le temps de s'évaporer et cette couche de vapeur (continuellement renouvelée, jusqu'à l'évaporation complète de la goutte) va supporter la goutte tout en la protégeant de la chaleur de la plaque. Etant donné que la vapeur d'eau conduit 30 fois moins bien la chaleur que l'air, notre goutte est isolée, et reste à une température d'environ 85°C selon nos mesures expérimentales, ce qui explique pourquoi elle ne s'évapore pas.



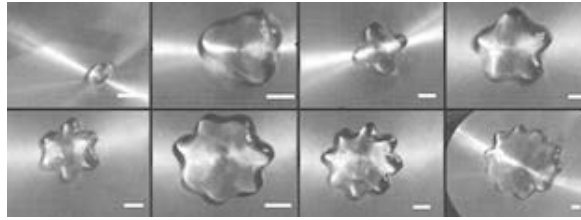
Sur le graphique à gauche, nous avons représenté le temps de vie d'une goutte d'eau distillée (posée sur une plaque en étain) en fonction de la température. On remarque que le maximum du temps de vie (plus de 2 minutes) se trouve à 190°C, qu'on appelle alors température de Leidenfrost).

Nous avons pu remarquer différentes dépendances de la température de Leidenfrost : celle-ci augmente avec la taille de la goutte, varie selon le type de plaque, la manière de poser la goutte sur la plaque, les conditions de pression et température extérieures, etc. En quelques mots, cette température existe toujours, mais est une fonction d'une étonnante quantité de paramètres...

On peut également observer toutes sortes de comportements étranges de la goutte posée sur la plaque. En la faisant « trop grosse » par exemple (comme sur la figure à droite [1]), le film de vapeur devient plus important et (à cause de la force d'Archimède qui le pousse vers le haut) on le voit former une magnifique cheminée dans la goutte.



Mais ce qui est plus remarquable et pas encore réellement compris (plusieurs mécanismes sont proposés, sans la certitude de leur exactitude) est l'apparition (spontanée !) de modes de vibration dans les gouttes. Voici les premiers [2]:



2. La fronde magnétique

En mettant de l'azote liquide dans un cône métallique suspendu au-dessus d'une vitre, nous avons pu obtenir de l'air liquide (qui contient de l'oxygène) condensé sur les parois du cône, ce qui nous permettait de le voir couler sous forme de gouttes sur la vitre. Pour la même raison qu'au paragraphe précédent, l'oxygène liquide, bien plus froid que la table, va engendrer une couche de vapeur qui le protégera momentanément de la chaleur de la table.

L'oxygène possédant des propriétés magnétiques, nous pouvions ensuite, à l'aide d'aimants, utiliser ces gouttelettes se déplaçant sans frottement pour mettre en évidence l'effet de *fronde magnétique* qui se produit lorsque la goutte arrive selon un certain angle sur l'aimant. La goutte d'oxygène est dans ce cas accélérée par la force magnétique, et repart dans une autre direction en ayant gagné de la vitesse. Ce phénomène est fortement utilisé par les ingénieurs de la NASA notamment, car il est aussi observé entre une sonde et une planète (qui joue le rôle de l'aimant). Cela permet de faire gagner de la vitesse aux sondes envoyées et d'économiser beaucoup de temps et de carburant.

3. Applications

Similairement, en plongeant sa main (un peu humide) dans de l'azote liquide ou du plomb en fusion, une petite couche de vapeur d'eau nous protégera brièvement de la température extrême. Et de la même façon (à peu de choses près), il est possible de marcher sur des braises sans se blesser. Il faut néanmoins veiller à ne pas avoir les pieds secs (même si, parfois, l'angoisse suffit à les humidifier)...

Mais l'effet de Leidenfrost trouve encore d'autres applications pratiques. Dès que des températures très différentes entre solides et liquides entrent en compte, il devient important de bien comprendre la caléfaction (si un incendie se déclenche dans une centrale nucléaire et que l'on pense jeter de l'eau sur le feu brusquement, la couche de vapeur rendra cette intervention inefficace pendant un moment). Certains chercheurs ont même trouvé une manière de diriger le jet continu de vapeur dans une direction précise pour faire remonter à la goutte des petites marches (voir les vidéos : <http://darkwing.uoregon.edu/~linke/dropletmovies/>). Ceci permettrait, entre autres, de refroidir les processeurs des ordinateurs sans utiliser de ventilateur (leur chaleur servant à la sustentation de la goutte).

En conclusion, nous voyons qu'avec quelque chose d'aussi simple qu'une goutte, nous avons pu émerveiller le regard, traverser beaucoup de domaines de la physique et même poser des questions encore non résolues !

Références

- [1] D. Quéré, A.-L. Biance, C. Clanet. Leidenfrost drops. *Physics of Fluids*, juin 2003.
- [2] A.-L. Himbert Biance. Gouttes inertielles : de la caléfaction à l'étalement. PhD thesis, Université Paris IV, 2005.
- [3] A. Durieux. Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'effet Leidenfrost sans jamais oser le demander. Juillet 2010.
- [4] K. Piroird. Dynamiques spéciales de gouttes non-mouillantes. PhD thesis, Ecole Polytechnique Paris-Tech, 2011.

"De l'eau pour produire de l'électricité" : Le générateur de Kelvin

De quoi s'agit-il ?

Comme nous le savons, il existe de nombreux moyens d'utiliser l'eau pour produire de l'énergie : les vases communicants, les roues (on fait évidemment référence aux barrages qui produisent de l'électricité à partir d'une turbine, etc). Le physicien britannique Lord Kelvin ne s'est pas contenté de donner son nom à une échelle de température absolue : en 1867, il le donna également à un générateur d'électricité dit « générateur de Kelvin » et connu sous d'autres appellations telles que « Kelvin Water Dropper » ou encore « Kelvin Thunderstorm ». En mettant à profit la gravité et les charges électriques naturellement présentes dans l'eau sous forme d'ions, ce dispositif permet la création d'électricité statique, autrement dit, celle qui est responsable du phénomène amusant d'étincelle qu'appellent les scientifiques « arc électrique ».

De quoi est-il composé ?

Le dispositif est relativement simple : il consiste en un récipient d'eau laissant couler deux filets. Ceux-ci traversent deux cylindres métalliques électriquement isolés l'un de l'autre et de leur environnement, les inducteurs, et sont recueillis par deux collecteurs en métal également isolés. Des conducteurs croisés relient ces constituants : l'inducteur de gauche est relié au collecteur de droite et vice-versa. Deux éclateurs (de petites boules métalliques conductrices) sont reliés à chaque collecteur.

Comment fonctionne ce générateur ?

Qui dit électrostatique, dit force électrostatique. Cette dernière porte aussi le nom de force coulombienne et, avec la force de gravité, occupe un rôle central au sein de notre dispositif. C'est grâce à elle qu'à distance et sans contact, deux corps chargés vont pouvoir s'attirer s'ils sont de charges opposées ou se repousser s'ils sont tous deux de mêmes charges. Comme dit précédemment, l'eau contient des ions (atomes ou molécules chargés positivement ou négativement), les ions OH^- et H^+ . Supposons que l'inducteur de gauche est, de façon aléatoire, légèrement chargé négativement. Il polarise alors le filet d'eau le traversant en attirant les charges positives : dans une goutte d'eau, les charges négatives sont repoussées vers le haut, tandis que les positives sont attirées vers le bas. Lorsque la goutte d'eau est rompue, elle ne contient plus que des charges positives. Le collecteur de gauche devient ainsi chargé positivement. Etant donné qu'il est connecté électriquement à l'inducteur de droite, celui-ci se charge positivement et le scénario de polarisation des gouttes d'eau se déroule de manière similaire à celui expliqué plus haut, les gouttes d'eau se chargeant ici négativement. Le collecteur de droite, recueillant ces gouttes, se charge négativement et augmente, par le fil électrique les reliant, la charge de l'inducteur de gauche.

Le caractère intéressant de ce générateur est mis en évidence dans l'explication de son fonctionnement : il s'agit d'un processus dont l'efficacité croît jusqu'à ce que la différence de potentiel entre les deux éclateurs soit à l'origine d'un champ électrique avoisinant les 3600 kV/m (kilovolts par mètre). Ce champ, dit champ électrique critique, est suffisamment élevé pour les atomes de l'air s'ionisent, leurs électrons leur échappant et formant de ce fait un courant électrique visible dans l'air. Nous assistons de la sorte au phénomène d'arc électrique. Cette étincelle permet la décharge des collecteurs et par conséquent, de l'ensemble du système. L'excédent de charges négatives du collecteur de droite rejoint le collecteur de gauche et la neutralisation du dispositif est alors opérée.

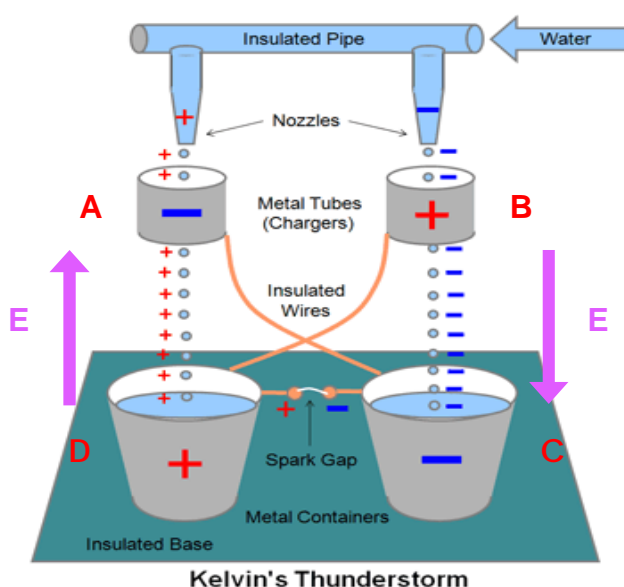
S'il n'y a pas d'éclateurs, il peut aussi y avoir décharge du générateur via des pertes par effet couronne : les extrémités des constituants ionisent l'air environnant, provoquant ainsi une décharge électrique mais pas d'arc, les conditions nécessaires n'étant pas réunies.

En quoi la force de pesanteur tient-elle un rôle fondamental dans ce système ?

A l'aide du schéma présent sur l'affiche, nous pouvons comprendre que les charges traversant les inducteurs ont tendance à « vouloir » remonter. Sachant que le champ électrique est dirigé du plus vers le moins, les charges positives tendent à se diriger dans la direction du champ, tandis que les charges négatives privilégient la direction opposée. Or, il est nécessaire que les charges, tant négatives que positives, descendent pour assurer le bon fonctionnement du générateur, ce que garantit la force de gravité en s'exerçant sur l'eau ! Il y a donc une transformation de l'énergie potentielle de l'eau en énergie électrique.

Ce type de générateur est-il rentable ?

Non, il ne l'est pas : la majeure partie de l'énergie potentielle est dégradée en énergie thermique lorsque l'eau atterrit dans les collecteurs, tandis que l'énergie électrique représente quant à elle une faible partie de l'énergie transformée.



Printemps des sciences : L'eau de Là.

1) Spectroscopie et continu d'absorption :

La lumière peut être décomposée en différent rayonnement de longueurs d'ondes différentes. Chaque longueur d'onde apporte une énergie spécifique lors de l'absorption par un atome de celle-ci. L'atome devenu excité, par absorption photonique, réémettra (avec un certains laps de temps) un rayonnement : ceci est appelé l'émission.

Grâce à l'absorption des atomes/molécules, la spectroscopie permet l'identification des atomes/molécules dans un échantillon de composition inconnue.

L'eau possède un spectre d'absorption qui est expérimentalement différent de celui calculé théoriquement. Ceci peut être expliqué par plusieurs théories :

- Far Wings : du à un effet Doppler, toutes les molécules ne recevront pas la même énergie provenant des photons ($E=hc/\lambda$). Ceci provoque une distribution Lorentzienne des pics d'absorption. La somme des ailes lointaines de ceux-ci donnent des endroits d'absorption non nuls à des fréquences où ils devraient être nul s.

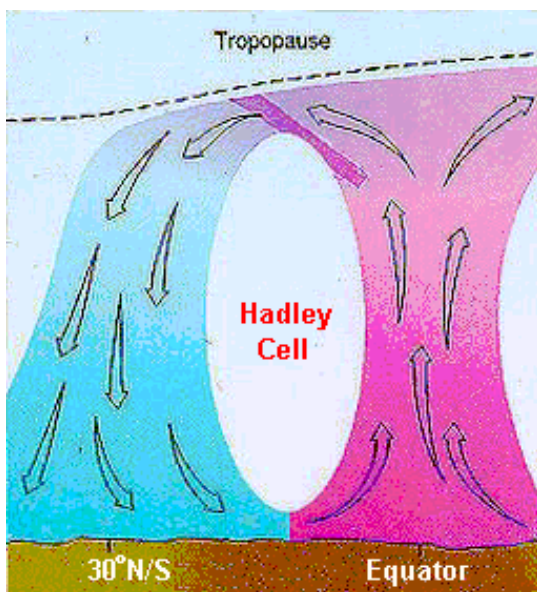
- Dimère : Formation sporadique de dimère de l'eau ayant leurs spectres d'absorption propres.

- CIA (Absorption Induite par Collisions) : Les collisions entre molécules d'eau permettent une absorption légèrement différente de la valeur théorique. Les collisions permettent aussi la formation de dimères.

2) L'eau dans l'atmosphère.

L'eau joue un rôle important dans notre système atmosphérique, notamment en contribuant à l'effet de serre. En effet, la vapeur d'eau est le gaz le plus important de l'effet de serre, en contribuant à elle seule à hauteur de 60 pourcents du réchauffement et ceci à cause de son enthalpie de vaporisation élevée (comparée à celle d'un composé semblable, le sulfure d'hydrogène H_2S). Il est donc intéressant d'étudier sa circulation dans le système terre-air-océan.

Un des déplacements les plus importants de masse d'air du à la vapeur d'eau est la *cellule de Hadley*. La masse d'air se trouvant, au dessus des océans ou de la terre, au niveau de



l'équateur s'élève plus facilement car il devient moins dense dû à au réchauffement (car à l'équateur, l'angle d'incidence des rayons du soleil avec la Terre est plus petit que partout ailleurs sur celle-ci et il y fait donc globalement plus chaud). L'eau se condense durant l'ascension et permet, par la libération d'énergie de la condensation, une élévation plus grande encore de la masse d'air. Ayant atteint la tropopause (limite supérieure de la troposphère, qui constitue la partie la plus froide de la basse atmosphère avec une température d'environ $-50^{\circ}C$), La masse d'air se déplace vers le nord où le gradient de température le permet encore. Lors de sa descente la masse d'air se réchauffe par compression adiabatique. Ceci permet d'expliquer deux types de climat (tropical humide et subtropical sec.

3) L'eau dans le système solaire

L'eau étant constituée de 2 éléments relativement abondants dans l'Univers : l'oxygène et l'hydrogène, elle est donc naturellement présente dans l'univers sous forme de glace ou de vapeur.

En effet, ce n'est qu'à certaines valeurs de température et de pression qu'elle est présente sous forme liquide, par exemple sur Terre.

➤ L'eau sur Mars :

Actuellement, avec une température d'environ 218 K et une pression de 0,006 bar à la surface de Mars, la présence d'eau liquide n'est pas possible. Cependant, plusieurs indices suggèrent que l'eau liquide a été présente par le passé :

- traces d'écoulements fluviaux
- l'analyse de minéraux à la surface de Mars a montré que ceux-ci étaient globalement hydratés

L'eau existe sur Mars mais sous forme solide. Elle est présente dans le sous-sol martien et aux pôles, une calotte d'environ un mètre de profondeur constituée de neige carbonique et d'eau solide.

La présence d'eau liquide sur Mars est possible mais au niveau souterrain. En effet, la température augmente avec la profondeur et à des profondeurs de 3 à 5 km, la pression lithostatique pourrait permettre la formation de nappes d'eau liquide.

➤ L'eau sur Europe : un satellite de Jupiter

Europe est composée d'un noyau silicaté surmonté d'eau sous forme solide ou liquide. L'aspect strié de la surface de la glace d'eau, très réfléchissante montrerait que la glace reposerait sur un milieu visqueux, voire liquide. Plusieurs indices montrent la présence de l'eau liquide :

- l'agencement des plaques de la surface qui montrent un déplacement sur un milieu plus fluide et un peu plus dense (eau).
- l'apparition d'un champ magnétique induit, généré à l'intérieur du satellite par un océan d'eau salée (présence de sulfate de magnésium démontrée par spectroscopie infrarouge)
- existence des effets de marées dus à la proximité de Jupiter et aux résonnances entre satellites.

Expérience :

Schématisme de la cellule de Hadley dans tube en verre coudé.

L'énergie apportée par le soleil est remplacé par un apport d'énergie thermique. Le polystyrène expansé permet de montrer le déplacement de la vapeur d'eau.

Le moulin de Lorenz

Edward Lorenz (1917-2008), à la fois mathématicien, physicien et météorologue, avait pour but de modéliser de manière simple l'atmosphère.

Dans les années 70, deux chercheurs, Malkus et Howard, créèrent un moulin à eau. En étudiant les mouvements de celui-ci, ils trouvèrent un lien avec le travail de Lorenz.

De là est né le Moulin de Lorenz.

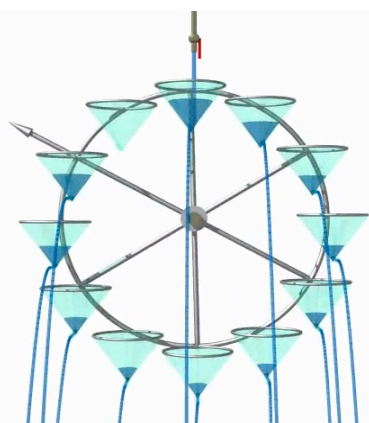
La prédiction des mouvements de l'atmosphère dépend d'un grand nombre (peut-être infini) de variables. Ceci se traduit mathématiquement par un système d'équations très compliqué, donc difficile à résoudre pour l'homme, même équipé de machines très puissantes. De plus, il est hautement sensible aux conditions initiales, caractéristique principale d'un mouvement chaotique.

Afin de pouvoir résoudre ce système, Lorenz proposa à la fin des années 50, des simplifications et approximations pour ramener finalement ce système compliqué à un système de trois équations. Il s'intéressa aux solutions représentées sur un graphique en 3 dimensions. A l'époque, les ordinateurs étaient beaucoup moins performants. Pour réduire le temps de calcul, il se limita à trois chiffres après la virgule. En comparant ces calculs avec les chiffres exacts, il constata une différence frappante. Il en déduisit la grande importance de la précision des conditions initiales : c'est le principe du chaos.

Le concept de l'effet papillon fut ainsi introduit au grand public par Lorenz. *“Le battement d'ailes d'un papillon au Brésil peut-il déclencher un ouragan au Texas ?”* fut l'intitulé d'une de ses conférences. *“Si un battement d'ailes d'un papillon peut engendrer un ouragan, la même chose est vraie pour tous les autres battements d'ailes du même papillon, mais aussi pour les battements d'ailes des millions d'autres papillons, sans parler de l'influence des activités des innombrables autres créatures plus puissantes, comme les hommes par exemple !”*

Suite à son travail, de nombreux scientifiques s'intéressèrent à la théorie du chaos.

Parmi eux, Malkus et Howard eurent un rôle important. En effet, ils créèrent un moulin qui permit par la suite une interprétation du “butterfly effect”. Le fonctionnement du moulin est le suivant : des récipients percés dans le fond, fixés au moulin, se remplissent à l'aide d'une arrivée d'eau et se vident au cours du temps.



<http://images.math.cnrs.fr/Le-moulin-a-eau-de-Lorenz.html>

Un mouvement chaotique est induit. En effet, il n'y a aucune régularité dans celui-ci, et il semble impossible de prédire dans quel sens et avec quelle vitesse la roue tournera dans les prochaines secondes. De légères perturbations dans les conditions initiales peuvent complètement changer le mouvement de la roue. Par exemple, une toute petite modification de la position de départ, de quelques millièmes de degrés, modifie de manière significative le mouvement au bout

de quelques secondes à peine.

Pourtant, en principe, la physique affirme qu'en connaissant position et vitesse initiales, on peut prédire mathématiquement les mouvements futurs. Pourquoi n'est-ce pas le cas ici ? Le problème est que l'on ne connaît pas réellement les conditions initiales, nos appareils de mesure ne pouvant

qu'approcher celles-ci. Or, dans un mouvement chaotique, ces erreurs de mesure ont des conséquences extrêmes.

Ils s'intéressèrent alors de plus près au mouvement de la roue. Afin de décrire celui-ci, ils introduisirent les trois paramètres suivants : la vitesse angulaire (la vitesse à laquelle la roue tourne), l'abscisse et l'ordonnée du centre de gravité. Ils mirent en équations le problème et retrouvèrent le système à 3 équations de Lorenz, mentionné plus haut.

En traçant un graphique en 3 dimensions de l'évolution de ces trois nombres, on obtient un objet mathématique bien particulier, appelé aujourd'hui attracteur de Lorenz.



Attracteur de Lorenz

http://www.youtube.com/watch?v=0FX-1_RDe64

En résumé, il est très difficile, voire impossible, de prédire la trajectoire future de la roue.

Pourtant, si l'on s'intéresse à la trajectoire de plusieurs roues partant de conditions initiales différentes, on constate tout de même une certaine uniformité, mais d'un point de vue statistique ou probabiliste. L'expérience suivante permet d'observer cette régularité :

On observe un moulin, on reporte les vitesses angulaires mesurées dans un diagramme en bâtons. On répète l'opération sur le moulin, mais sous différentes conditions initiales. On obtient alors des diagrammes très similaires. Plus le nombre de mesures est élevé, plus ces diagrammes tendront à l'identique.

En conclusion, malgré la présence d'un mouvement chaotique, le moulin reste néanmoins statistiquement invariant.

La roue et les conditions météorologiques étant représentées par le même type d'attracteur, Lorenz essaya de faire un parallèle entre les deux. Même s'il était conscient de la grande simplicité de son modèle, il remarqua que le moulin, et donc sa version simplifiée de l'atmosphère, étaient statistiquement insensibles aux conditions initiales (c'est-à-dire que la probabilité d'apparition d'un état sur le long terme restera identique, même avec des modifications dans les conditions initiales). Mais peut-on réellement généraliser ces conclusions à l'atmosphère elle-même? La question fait actuellement débat dans le monde scientifique.

Theuerkauff Dimitri
Gonzalez Retamero Laura
Biol 3- projet de vulgarisation et de communication scientifique

Petite faune d'eau douce

Au stand « petite faune d'eau douce » du printemps des sciences, vous aurez l'occasion de vous familiariser avec les organismes de la mare qui sont également de bons bioindicateurs de la qualité des eaux douces de nos régions.

Citons les gammares, les aselles, les cyclopes, les tubifex, des daphnies ainsi que des moules d'eau douce.

Certaines de ces espèces pourront être observées de plus près à l'aide d'un microscope et/ou d'un binoculaire

Nous entamerons une discussion avec les élèves en leur demandant de nous citer des indicateurs de pollution et de qualité de l'eau (température, ph, ...) ce qui nous permettra d'introduire les bioindicateurs.

Comme bioindicateurs, nous parlerons notamment des diatomées ; l'explication sera illustrée par une lame de microscope où seront déjà fixées des diatomées. Nous en récolterons également in vivo dans l'aquarium pour permettre aux élèves de voir des diatomées en mouvement.

Nous terminerons par une introduction aux méthodes de d'assainissement des eaux polluées (lagunage)

Nous présenterons à notre stand un aquarium (en plus des trois aquariums déjà présent sur place) avec des organismes venant de la mare du Jardin Massart qui est une zone protégée et au moins un binoculaire et un microscope L'un d'eux pourra être branché à un écran afin de permettre une meilleure visibilité pour l'ensemble de la classe.

Notre stand sera également muni de deux posters représentant deux milieux de niveaux de pollutions différents : très pollué et non pollué avec respectivement la faune qui leur est associée. Ainsi que la chaîne trophique reprenant les organismes de la mare. Et des photos d'espèces invasives

Ces posters nous permettront d'illustrer l'impact de la pollution sur la biodiversité.

Au préalable, nous expliquerons ce qu'est un bioindicateur, une diatomée, un organisme,...

Dossier pédagogique

Intervention de l'eau en chimie organique : compatibilité et applications

BARAN Nicolas, HOEKMAN Antoine, THOMEE Pierre
BA3 Chimie 2012-2013 / Laboratoire de chimie organique

Professeur : Gwilherm Evano Assistant : Steven Moerkerke

Printemps des Sciences 2013

Parmi les disciplines que regroupe la chimie, la chimie organique est incontestablement celle qui donne accès à la plus grande variété de molécules différentes. Pourtant, un composé semble s'exclure de lui-même de la chimie organique : l'eau. Beaucoup de composés organiques sont en effet parfaitement insolubles dans l'eau. De plus, celle-ci constitue dans certains cas un réactif puissant susceptible d'hydrolyser des fonctions chimiques telles que les anhydrides et les esters. Par conséquent, eau et chimie organique sont souvent incompatibles l'une avec l'autre.

Pourtant, l'eau peut avoir d'intéressantes applications quand elle est employée intelligemment. En effet, même si l'effet hydrophobe apparaît dans un premier temps comme un inconvénient majeur, il reste possible de le contourner, voire même de l'utiliser. Il en résulte que les interventions de l'eau en chimie organique sont nombreuses et parfois d'un intérêt majeur dans un large éventail de procédés chimiques.

Dans un premier temps, nous aborderons l'effet hydrophobe d'une manière générale. Pourquoi une molécule est-elle hydrophobe ? Peut-on solubiliser une molécule à priori insoluble (propriétés acido-basiques) ? Nous présenterons également, en guise d'illustration, du sable rendu hydrophobe suite à un traitement avec un imperméabilisant.

Nous parlerons ensuite de l'intervention de l'eau dans le cadre d'une réaction chimique en particulier : la saponification. Basée sur l'hydrolyse des esters sous forme d'acides gras en milieu basique, cette réaction chimique est employée depuis des siècles pour fabriquer du savon.

Hydrodistillation du limonène.

Un autre emploi de l'eau concerne la purification par hydrodistillation du limonène, une molécule odorante présente dans les pelures d'orange. Cette molécule présente en effet l'inconvénient de se dégrader avant d'atteindre sa température d'ébullition, il n'est donc pas possible de la distiller. D'autres méthodes d'isolation pourraient être envisagées (extraction directe par solvant organique par exemple) mais la présence de nombreux résidus dans la pelure du fruit rend ces méthodes difficilement applicables.

Cependant, l'ajout d'eau aux pelures avant la distillation permet de résoudre le problème, on parle alors d'hydrodistillation. Le principe de cette méthode réside sur l'emportement azéotropique du limonène par l'eau. Il en résulte que la température d'ébullition du mélange eau-limonène est bien inférieure à la température d'ébullition du limonène pur. Il devient dès lors possible d'isoler la molécule par distillation sans aucune dégradation.

Matériel :

- Chauffe ballon
- ballon de 250 ml
- ballon de 100 ml ou verre à pied pour récolter le distillat
- tête de distillation
- réfrigérant
- corne à vide
- thermomètre
- 2 oranges
- eau distillée

Manipulation :

Hacher les écorces d'orange en petits morceaux et les introduire dans le ballon de 250 mL. Ajouter 100 ml d'eau distillée (recouvrir totalement les zestes) et chauffer. On récolte dans le ballon de 100 mL un mélange azéotropique d'eau et de limonène à une température d'ébullition de 96°C. Le limonène pur qui flotte au-dessus de l'eau peut être facilement récupéré par extraction.

Remarques :

1/ La fraction récoltée est fortement odorante, il est déconseillé de la respirer directement ; il convient à la place d'amener les vapeurs au nez en agitant la main au-dessus du récipient de récolte.

2/ Ne pas distiller plus de la moitié du volume chauffé, au risque de former de la gelée solide difficile à enlever dans le fond du ballon.

3/ Un mode opératoire plus complet incluant des instructions pour la séparation et l'identification du limonène ainsi que des questions de réflexion sur la manipulation est disponible à l'adresse suivante :

http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lyc-pins-justaret/IMG/pdf/extraction_orange.pdf

La couleur de l'eau

Pourquoi la mer est bleue alors que l'eau est transparente dans un verre? Qu'est ce qui fait que la neige et les nuages sont blancs ? Pour répondre à ces questions il nous faut d'abord expliquer ce qu'est la lumière au niveau microscopique.

La lumière est à la fois une onde et une pluie de particules singulières appelées photon. De plus, toute onde est définie par une longueur d'onde particulière (qui est la distance entre 2 maximum). De plus, nous pouvons relier l'énergie de l'onde avec la longueur d'onde selon la formule suivante :

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad \text{où } c \text{ est la vitesse de la lumière dans le vide.}$$

Dans le cas de la lumière, nous avons un spectre continue de longueur d'onde (qui dans le visible pour l'œil humain s'étend de 400 nm à 700 nm) Nous la percevons blanche, mais c'est en fait la superposition d'un grand nombre de couleurs dépendant de la longueur d'onde.

Expliquons maintenant d'où vient la couleur des objets. Elle est due à deux phénomènes d'interaction entre la matière et la lumière : l'absorption et la diffusion.

D'abord, qu'est-ce que l'absorption. Les molécules contiennent des niveaux d'énergies spécifiques et peuvent donc absorber des photons ayant des énergies correspondant à la transition entre 2 niveaux dans la molécule.

Ainsi, seules certaines couleurs sont absorbées et les photons restants (ceux que nos yeux captent) sont ceux des couleurs restantes. Dans le cas de l'eau, l'intensité de l'absorption n'est pas la même pour les différentes couleurs, l'eau va d'abord absorber le rouge puis le vert et enfin le bleu. Cependant cette absorption est relativement faible, c'est pourquoi l'eau est transparente dans notre verre, la distance parcourue par la lumière dans l'eau n'étant pas assez importante pour avoir une diminution significative de la couleur rouge dans un verre. Pour la mer, cela dépend de la profondeur de l'eau. Quand on est dans la mer, à partir de 3 mètres tout le rouge est absorbé, à partir de 37,5 mètres c'est le vert et au-delà de 365mètres il n'y a plus de bleu non plus.

Mais pour la couleur de la surface de la mer, il faut qu'une partie de la lumière qui arrive à nos yeux ait parcourue auparavant une distance dans la mer. Il y a deux composantes : la lumière réfléchi par le fond de la mer (si elle n'est pas trop profonde) et la lumière diffusée aux diverses profondeurs par les particules en suspension qui la dispersent dans toutes les directions. Au flux lumineux sortant réellement de la mer vient s'ajouter le flux venant de la voûte céleste et réfléchi directement par la surface. La couleur de la surface de la mer va donc dépendre de sa profondeur et de la couleur du ciel.

Enfin, c'est également la diffusion qui explique la couleur des nuages et de la neige. Un nuage est constitué de gouttelettes d'eau surfondue et de cristaux de glace. Elles vont provoquer la diffusion de la lumière dans toutes les directions. La lumière venant du soleil étant blanche, les nuages vont paraître blancs. Un nuage de taille moyenne va paraître blanc mais les gros nuages vont paraître gris voire noir. Ils sont tellement épais que presque aucune lumière ne sait les traverser. C'est exactement la même chose pour la neige. Les cristaux de neige diffuse diffusent la lumière du Soleil dans toutes les directions.

A la découverte de l'architecture de l'eau

Il est bien connu que l'eau gèle à 0°C. Pourtant, il est possible d'avoir de l'eau liquide à une température inférieure à 0°. C'est ce que l'on nomme l'eau surfondue. Cet état particulier est dû aux liens hydrogènes (appelés aussi lien H) imposants la structure de la glace.

On définit une molécule comme étant une structure composée d'atomes reliés entre eux par des liaisons chimiques (celles-ci équivalent un partage temporaire d'électrons). Mais existe-t-il des liaisons intermoléculaires comme il existe des liaisons atomiques ? Oui, les liens hydrogène font partie de cette autre catégorie de liaison.

Dans une liaison chimique, les électrons ne sont pas toujours partagés de la même façon entre les atomes. L'oxygène attire plus les électrons à lui tandis que l'hydrogène le fait beaucoup moins, ainsi les électrons des liaisons O-H sont fortement attirés par l'atome d'oxygène.

Ce déficit en électrons cause l'apparition d'une charge partielle positive sur l'hydrogène et d'une charge partielle négative sur l'oxygène. (Car les électrons portent une charge négative).

Or, l'oxygène possède en plus deux doublets d'électrons non-appariés autour de son noyau et sont disponibles pour rentrer dans une liaison. Un lien se crée alors entre les hydrogènes déficitaires en électrons et l'oxygène un peu plus négatif. C'est le lien hydrogène.

Le lien H a une énergie bien plus faible que l'énergie d'une liaison chimique. Ces deux types de liaisons ne peuvent donc pas être comparés. Un autre aspect important des liens H à considérer dans l'étude de la structure de l'eau est leur caractère fortement directionnel, qui engendre l'orientation des molécules d'eau pour maximiser la force des liens H.

Cependant, l'agitation thermique perturbe les liens H et limite leur durée de vie.

A 0°C, l'agitation thermique devient assez faible pour permettre l'émergence de liens hydrogène à longue durée de vie entre plusieurs molécules d'eau, ce qui forme dans l'espace un polyèdre. Les molécules aux extrémités de ce polyèdre, figés dans leur orientation, vont ensuite favorablement former d'autres liens hydrogène directionnels avec les molécules d'eau liquide et finalement donner de la glace.

Tout changement de phase s'initie à un niveau local, où une partie de la matière change d'état. Cette petite partie de matière qui change de phase porte le nom général de noyau. Selon le processus de formation du noyau, on distingue deux types de nucléation : la nucléation hétérogène (les noyaux se forment autour de substances différentes de celle qui change de phase) et la nucléation homogène.

La température de 0°C constitue la température de nucléation hétérogène de l'eau : celle-ci telle que nous la connaissons au quotidien est suffisamment impure pour contenir des protéines ou des poussières dont la surface permet la nucléation. Les molécules d'eau ne sont plus orientées aléatoirement à leurs contacts et adoptent des orientations qui favorisent la nucléation.

En absence de ces impuretés, l'agitation thermique est encore trop importante pour que les molécules d'eau aient une orientation favorable à la nucléation, et l'eau reste liquide jusqu'à une température appelée température de nucléation homogène : il s'agit de l'eau surfondue.

L'eau surfondue est ce qu'on appelle un état métastable : sans aucune perturbation, l'eau peut rester liquide en dessous de 0°C. La moindre perturbation entraîne cependant sa cristallisation immédiate.

Que se passe-t-il en-dessous de la température de nucléation homogène ? Cette question fait encore aujourd'hui l'état de nombreuses recherches à l'heure actuelle. Ce type de travaux n'a pas qu'un unique intérêt pour la connaissance fondamentale : l'eau surfondue existe dans certaines couches de l'atmosphère. Etudier ses transformations permettra d'avoir une meilleure vision de la contribution de l'eau dans le climat.

Quelques références bibliographiques :

(1) Sébastien Coetmellec, Les couleurs de l'eau

<http://aqn.gq.free.fr/IMG/pdf/CH2O-2.pdf>

(2) Les couleurs de la mer

<http://www.mandragore2.net/dico/lexique1/lexique1.php?page=couleur-mer>

(3) Optique sous-marine

<http://www.mandragore2.net/dico/lexique1/lexique1.php?page=optique-sous-marine>

(4) Les couleurs de la nature

<http://vercors-net.com/dossiers/sciences/couleurs.html>

(5) Pourquoi la couleur de l'océan est bleue

<http://www.podcastscience.fm/dossiers/2011/03/04/pourquoi-la-couleur-de-locean-est-elle-bleue/>

(6) Hydrogen bonding in water <http://www.lsbu.ac.uk/water/hbond.html> (accessed Mar 11, 2013).

(7) Dill, K. A.; Bromberg, S. Molecular Driving Forces: Statistical Thermodynamics in Chemistry & Biology; 1st ed.; Garland Science, 2002, 615-627

(8) Matsumoto, M.; Saito, S.; Ohmine, I. Molecular dynamics simulation of the ice nucleation and growth process leading to water freezing. *Nature* 2002, 416, 409–413.

(9) Nucleation. Wikipedia, the free encyclopedia 2013.

(10) Moore, E. B.; Molinero, V. Structural transformation in supercooled water controls the crystallization rate of ice. *Nature* 2011, 479, 506–508.

Exposition des sciences : « L'ascension de la sève dans les arbres »

❖ Introduction

Une des contraintes à laquelle doivent faire face les végétaux sur terre est la séparation des ressources dans l'espace : l'eau et les minéraux proviennent du sol tandis que l'énergie et le CO₂ nécessaire à la photosynthèse se trouvent dans l'air. Ainsi est née la nécessité de pouvoir mettre en connexion ces deux espaces.

La sève joue pour les végétaux un rôle analogue au sang des mammifères : elle véhicule surtout de l'eau, mais aussi des substances nutritives et des déchets que les diverses parties de la plante doivent recevoir ou éliminer. On distingue ainsi la sève brute (eau+minéraux en provenance des racines) de la sève élaborée (eau+ produits de la photosynthèse+ acides aminés).

❖ Les racines : Quel est leur rôle ?

Les racines, outre le rôle de soutien, jouent également un rôle dans l'absorption de l'eau. Néanmoins, seule une zone bien spécifique située sur les jeunes racines est capable d'absorber de l'eau ; c'est la zone pilifère. Ces poils sont des excroissances de cellules épidermiques, dont la fonction est d'augmenter la surface de contact avec le sol, afin de maximiser l'entrée d'eau et de minéraux.

Le moteur principal à ce niveau est le phénomène d'osmose. Il s'agit d'un cas particulier de diffusion de l'eau. Lorsque deux compartiments contenant des solutions, à des concentrations différentes, sont séparés par une membrane semi-perméable, un flux net d'eau a lieu du compartiment le moins concentré vers celui à haute concentration. Dans le cas des végétaux, la membrane semi-perméable est la paroi/membrane des poils absorbants. Elle laisse passer l'eau mais pas les autres solutés. Et ainsi, tant que le milieu intracellulaire reste plus concentré que le sol, un appel d'eau vers l'intérieur de la cellule aura lieu. De plus, cet appel d'eau est purement passif étant donné que la plante n'utilise pas d'énergie métabolique afin de faire rentrer l'eau.

❖ Les tissus conducteurs : la voie de transport

Les plantes possèdent deux types de tissus conducteurs permettant de transporter la sève d'un endroit à l'autre :

- Le xylème (composé au moins de trachéides, d'éléments de vaisseaux, de fibres et de parenchyme) transporte la sève brute (eaux+sels minéraux) puisée par les racines vers les autres organes. Les vaisseaux sont une structure formée de cellules mortes vidées de leur cytoplasme et des membranes cytoplasmiques pour former des conduits continus.

- Le phloème (composé au moins de tubes criblés, de cellules compagnes, de fibres et de parenchyme) transporte la sève élaborée (solution de sucres, d'acides aminés, d'hormones, etc.) produite dans les feuilles grâce au mécanisme de la photosynthèse vers les autres organes. Les tubes criblés, formés de cellules vivantes non lignifiées, dépourvues de noyau et de vacuole, sont mis bout à bout en files longitudinales. Leurs cloisons transversales, percées de pores constituant une plaque criblée, assurent la continuité des contenus cellulaires de deux éléments successifs.

❖ Mécanismes fondamentaux : Quel est le moteur principal de l'ascension ?

⇒ **Transpiration et la théorie de l'adhésion-cohésion :**

La transpiration est le moteur principal de l'appel d'eau. Le moteur qui fait monter la sève, quant à lui, est le Soleil qui fournit la chaleur nécessaire pour entretenir l'évaporation de l'eau.

Grâce à la capillarité et la tension superficielle, l'eau qui s'évapore par les pores de la feuille, appelés les stomates, est remplacée par celle qui est amenée par la sève située plus bas. En effet, cette évaporation crée des petits ménisques à la surface des parois des cellules qui forment la cavité sous-stomatique. Ceci crée une pression négative qui induit un flux d'eau. Elle est transmise à la colonne de sève brute dans le xylème et crée une montée, car la colonne, ininterrompue, se déplace « en bloc », du fait des propriétés de l'adhésion-cohésion de l'eau. Le courant de la sève circule des racines les plus fines jusqu'aux capillaires des feuilles où 90% de l'eau de la sève s'évapore. Ainsi, l'absorption de l'eau du sol ne dépend pas seulement des racines mais aussi des feuilles.

❖ Mécanismes secondaires : Autres explications possibles ?

⇒ **La poussée radiculaire :**

La nuit, la transpiration est nulle ou faible pour la plupart des plantes. Pourtant un transport d'eau subsiste, principalement grâce à la poussée radiculaire.

Il s'agit d'un transport des ions dans la racine, à partir de la solution du sol continue, et lorsque la transpiration est faible, ces ions s'accumulent dans le xylème, ce qui crée une diminution du potentiel osmotique dans le xylème des racines. Cette diminution entraîne celle du potentiel hydrique, ce qui crée une force motrice au transport de l'eau. La rentrée d'eau dans la racine provoque le développement d'une pression hydrostatique positive racinaire, la poussée radiculaire. Alors que l'on observe ce phénomène chez beaucoup d'espèces herbacées, la plupart des arbres en sont dépourvus.

⇒ **L'ascension capillaire :**

De par ses propriétés physico-chimiques, l'eau a tendance à monter sur les parois de substance hydrophile. Mais les molécules s'attirent aussi entre elles, ce qui est à l'origine de la tension superficielle. Ainsi l'eau a toujours tendance à prendre une forme qui réduit la surface de contact air-eau. Ce sont donc ces deux processus antagonistes qui sont à l'origine de la capillarité : l'eau monte le long des parois, ce qui augmente la surface et augmente la tension superficielle et fait monter la colonne d'eau. Plus le diamètre du capillaire est fin, plus cet effet sera prononcé. Par cette ascension capillaire, la sève, dont la tension de surface est proche de celle de l'eau, monte spontanément, dans les plus fins conduits, de moins de 1 m (plus précisément, de 0,73 m). En effet, la capillarité est limitée par la gravité. Manifestement, la capillarité n'explique également pas l'ascension de la sève jusqu'au sommet des arbres.

⇒ **La pression atmosphérique :**

L'eau étant 13,6 fois moins dense que le mercure, la hauteur atteinte par l'eau dans un baromètre est de 10,3m. C'est aussi la hauteur maximale que pourrait atteindre la sève si la pression atmosphérique qui s'exerce sur le sol et qui se transmet à la sève par l'intermédiaire des racines était responsable de sa montée. C'est insuffisant et l'ascension de la sève dans le tronc des grands arbres semble défier les lois de la pesanteur.

❖ Bibliographie

Verbruggen, Nathalie. « *Physiologie végétale BIOL-F-301 Partie 1* », PUB, Edition 2012-2013.

Hopkins, William G. (2003). « Les cellules végétales et l'eau » (chapitre 2), dans *Physiologie végétale*, Bruxelles : De Boeck, p. 23-34.

Hopkins, William G. (2003). « Les relations hydriques dans la plante entière » (chapitre 3), dans *Physiologie végétale*, Bruxelles : De Boeck, p. 37-56.