

cité

sciences
et industrie

DOSSIER DE PRESSE

froid

exposition
05 décembre 2017
— 26 août 2018

Avec la participation du



Avec le soutien de



Association Française du Froid

Les Entreprises
des Glaces[®] Surgelés

**CONTACT
PRESSE**

anne samson communications

Federica Forte 01 40 36 84 40

federica@annesamson.com

Camille Pierpont 01 40 36 84 34

camillep@annesamson.com

Cité des sciences et de l'industrie

Silvia Simeone 01 40 05 35 14

silviasimeone@universcience.fr

SOMMAIRE

- Introduction [p. 4](#)
- Parcours de l'exposition [p. 7](#)
- Autour de l'exposition [p. 32](#)
- L'équipe projet [p. 35](#)
- Les partenaires [p. 36](#)

Cette exposition temporaire s'inscrit dans la ligne éditoriale "Les mains dans le cambouis/ Le génie technique à l'œuvre", une des six lignes qui structurent l'offre muséologique de la Cité des sciences et de l'industrie et du Palais de la découverte. La ligne "Les mains dans le cambouis" regroupe des expositions qui démontent les savoir-faire techniques et valorisent l'innovation et la création industrielles, qui mettent en jeu les sciences de l'ingénieur. Il s'agit de radiographier, de démonter, d'expliquer tout objet à forte valeur d'usage et fait de la main de l'Homme ou de celle de la machine... sans avoir peur de se salir les mains.



“L’hiver approche et, à lui seul, justifierait que la Cité des sciences et de l’industrie se penche sur la question du froid. À y regarder de plus près, elle touche à de passionnants enjeux scientifiques comme à de nombreuses problématiques du quotidien. C’est ce qui nous a décidés à offrir un parcours qui va du laboratoire de physique à la cuisine, permettant de mieux connaître ce phénomène familier qu’est le froid.”

Bruno Maquart, président d’Universcience

INTRODUCTION

Véritable plongée dans l'univers du froid, cette exposition invite le public à expérimenter le grand frisson en répondant à de nombreuses interrogations : qu'est-ce que le froid ? Quels sont ses effets sur les organismes vivants ? Comment peut-on le fabriquer ? Pourquoi a-t-il révolutionné notre quotidien ? Quelles sont ses utilisations potentielles ? Comment se comporte la matière quand la température baisse ? Quels sont les projets de recherche ou les applications industrielles qui n'auraient pas pu voir le jour sans le froid ? Le froid a-t-il une limite ?

Dans l'imaginaire collectif, le mot "froid" rappelle une manifestation de la nature. Pour autant, il existe un "froid fabriqué", c'est-à-dire produit par des machines conçues par l'être humain. Dans nos sociétés occidentales modernes, nous ne sommes pas toujours conscients de la place qu'il occupe dans notre quotidien ou dans de multiples secteurs allant de l'alimentation à la santé, de l'énergie à l'environnement. Le froid a toujours constitué un défi, un challenge pour l'humanité et a permis de repousser des limites.

Présentée à la Cité des sciences et de l'industrie du 5 décembre 2017 au 26 août 2018, l'exposition "Froid", donne les clés pour appréhender les mécanismes qui se cachent derrière ces phénomènes ou ces usages et propose des repères concrets pour permettre aux visiteur.euse.s de se forger une idée plus générale de ce que l'on peut mettre derrière le mot "froid".

ESPACES REPÈRES

L'entrée de l'exposition trace les contours de la thématique du froid et donne des clés pour appréhender quelques notions fondamentales. Elle conduit les visiteur.euse.s dans une grande allée sensorielle enveloppante inspirée par la métaphore du thermomètre. Cet espace est la colonne vertébrale de l'exposition qui permet de se forger des repères et de situer les divers phénomènes, objets, pratiques ou applications liés aux "différents froids". Cette échelle de température est scandée par l'enchaînement de jalons marquant les principales étapes de la descente de 37 °C, la température interne de notre corps, jusqu'à - 273,15 °C, le zéro absolu qui est la limite ultime du froid. Le long de cette allée, trois ouvertures amènent vers les trois parties thématiques de l'exposition, les "défis".

ESPACES DÉFIS

Trois espaces thématiques présentent les défis relevés grâce au froid par rapport à trois registres : le corps humain et le vivant, la société et, enfin, la science et la technologie. Ils sont articulés le long de l'espace "Repères".

DÉFIS POUR LE VIVANT

Dans cet espace, le public découvre les limites que le froid permet de repousser lorsque l'on se réfère à notre propre corps, et plus généralement au vivant. Cet espace comporte trois îlots thématiques :

■ **Humains face au froid** : cet îlot décoratif les mécanismes de notre corps lors d'une baisse de température et met en scène l'ingéniosité de l'être humain face à

un froid menaçant. Les visiteur.euse.s sont invité.e.s ici à ressentir physiquement le froid à l'intérieur d'une cabine où il fait environ 5 °C et à regarder un film qui explique les mécanismes du corps déclenchés lorsque l'on a froid.

■ **Animaux et plantes : composer avec le froid** : cet îlot s'intéresse au rôle du froid dans le développement du vivant et aux phénomènes qui se cachent derrière les étonnants mécanismes des organismes face au froid.

■ **Guérir grâce au froid ?** : cet îlot s'intéresse aux applications des technologies du froid dans les différents domaines de la biologie et de la médecine (cryothérapie, cryochirurgie, conservation des tissus, du sang et des organes). Un audiovisuel avec une mise en scène et un ton décalé et humoristique aborde ici la question de la cryoconservation humaine.

DÉFIS POUR LA SOCIÉTÉ

Cet espace s'intéresse à la quête du froid "fabriqué" et à son utilisation dans la vie quotidienne et dans les différents secteurs de l'industrie. Trois îlots thématiques sont présentés :

■ **Froid naturel, froid fabriqué** : après un historique de l'utilisation du froid naturel jusqu'à l'invention des machines frigorifiques, cet îlot s'intéresse aux phénomènes naturels qui permettent d'abaisser la température (changement de phase, détente d'un gaz, mélanges réfrigérants).

■ **Fabriquer et utiliser le froid** : cet îlot thématique donne les clés pour comprendre le principe de fonctionnement des machines frigorifiques et les questions concernant leur amélioration dans une problématique de développement durable. Par ailleurs, à travers un jeu

collectif, les visiteur.euse.s découvrent le large éventail des applications du froid dans l'industrie et dans la vie quotidienne.

■ **Froid et alimentation** : cet îlot est consacré au rôle du froid dans le domaine alimentaire. Le.la visiteur.euse voit l'action des basses températures sur les aliments et peut mieux comprendre l'effet des pratiques qu'il.elle utilise dans son quotidien : la réfrigération et la congélation. Un dispositif qui ressemble à un vrai frigo invite le.la visiteur.euse à ranger les aliments dedans et à obtenir des informations sur leurs conditions de conservation. Le public se familiarise avec les techniques du froid utilisées dans l'industrie alimentaire et comprend l'enjeu crucial que représente la chaîne du froid.

DÉFIS POUR LA SCIENCE

Dans un décor inspiré des laboratoires des basses températures, le.la visiteur.euse explore les défis de la science et se familiarise avec les outils et les travaux des chercheur.euse.s dans ce domaine. Dans ces lieux, tout est fait pour que le froid soit produit, confiné, maîtrisé et manipulé avec la plus grande précaution.

Le public explore ce qui arrive à la matière aux très basses températures et fait le lien entre des phénomènes liés au froid et leurs applications dans le secteur industriel. Le.la visiteur.euse découvre ici la notion du zéro absolu et l'étrange comportement de la matière à l'approche de cette limite extrême du froid.

Cet espace est ouvert sur un espace de médiation permettant au public de suivre des expériences spectaculaires avec du "vrai" froid grâce aux interventions régulièrement proposées par les médiateur.trice.s scientifiques.



PARCOURS DE L'EXPOSITION

ENTRÉE DE L'EXPOSITION

Un espace introductif permet au public de se rendre compte des multiples facettes de la thématique et annonce le parti-pris de l'exposition : naturel ou "fabriqué", le froid a toujours été un défi pour l'humanité. L'entrée de l'exposition invite à une exploration du froid à travers différents univers : le corps humain et le vivant, la vie quotidienne et l'industrie, la science et la technologie.

Un film introduit les notions de température et de chaleur qu'il faut distinguer de leur compréhension usuelle dans le langage courant. Ces deux notions sont fondamentales lorsque l'on parle de « froid ». En physique, la température mesure l'agitation thermique des particules d'un corps, tandis que la chaleur exprime le transfert thermique d'un corps à un autre. Quant au "froid", ce n'est pas un concept scientifique, mais une donnée relative : on peut juste dire qu'un objet est plus froid qu'un autre.

ESPACES REPÈRES

ÉCHELLE DE TEMPÉRATURE

Les visiteur.euse.s empruntent une allée enveloppante inspirée par la métaphore du thermomètre. Cet espace matérialisant une échelle de température, exprimée en degrés Celsius et en kelvins, est la colonne vertébrale de l'exposition. On y accède au niveau d'un jalon correspondant à 37 °C (la température interne de notre corps) et on avance jusqu'à

l'extrême limite du froid, celle que l'on ne peut franchir : le zéro absolu (correspondant à - 273,15 °C). Entre ces deux repères, une série de jalons présentent des phénomènes, objets, pratiques ou applications liés à différents types de froid que le public peut explorer dans les trois espaces thématiques de l'exposition, les "défis".

L'asymétrie entre les hautes et les basses températures est portée par deux installations aux extrémités de l'échelle :

- un "effet miroir" reflétant la perspective des graduations de température signifiant la continuité de l'échelle vers les hautes températures ;
- une installation graphique lumineuse symbolisant le zéro absolu et suggérant qu'il s'agit d'une limite infranchissable.

QUELQUES EXEMPLES DE JALONS DE TEMPÉRATURE

- 37 °C : température interne du corps humain
- 12 °C : température la plus basse enregistrée chez l'être humain
- 4 °C : température moyenne à l'intérieur d'un réfrigérateur
- - 18 °C : température réglementaire à l'intérieur d'un congélateur
- - 93,2 °C : température la plus basse enregistrée sur Terre, en Antarctique
- - 182,96 °C : température à laquelle l'oxygène devient liquide sous pression atmosphérique
- - 270,42 °C : température moyenne du fond diffus cosmologique
- - 273,15 °C : zéro absolu



Des effets lumineux et sonores, évoluant selon la gamme de température, transforment cette allée en une expérience sensorielle. Un éclairage dynamique traduit dans l'espace la diminution de l'agitation thermique à mesure de la progression vers le zéro absolu, la limite infranchissable du froid. Le cheminement dans l'allée est accompagné également par une création sonore qui plonge les visiteur.euse.s dans une ambiance particulière atteignant son point culminant à l'arrivée au zéro absolu.

ESPACES DÉFIS

Trois espaces thématiques présentent les défis relevés grâce au froid par rapport à trois registres : le corps humain et le vivant, la vie quotidienne et les applications industrielles et, enfin, la science et la recherche.

DÉFIS POUR LES HUMAINS

Face au froid, comment réagissent les êtres vivants ? Quels sont les dégâts pour notre organisme ? Les effets sur les plantes ? Comment certains animaux peuvent-ils survivre là où le froid est le plus extrême ?

Comment utiliser le froid pour guérir, conserver ou étudier le vivant ? Peut-on cryoconserver un humain ? Le froid permet-il au vivant de repousser certaines limites ? Lesquelles ?

Dans cet espace, composé de trois îlots thématiques, le public découvre ce qui se cache sous la notion de "froid ressenti", pour les humains, les animaux ou les plantes. L'eau étant le principal constituant des organismes vivants, leurs cellules risquent d'être endommagées par la formation de cristaux de glace dès lors que la température descend au-dessous de 0 °C. Cependant, certains organismes très particuliers semblent échapper à cette fatalité...

Humains face au froid

Ce premier îlot décortique les mécanismes du corps humain face à une baisse de température, présente les astuces pour s'en protéger (comportement, vêtements...) et met en scène l'ingéniosité et la créativité de l'être humain face au froid qui le menace.

Les humains sont des organismes endothermes : nos organes vitaux ne fonctionnent normalement que lorsque notre température



corporelle reste constante. Notre corps est doté de thermorécepteurs qui s'activent lorsque la température extérieure varie. Des mécanismes, comme les frissons ou la chair de poule, se déclenchent ainsi, tentant de produire plus de chaleur et d'équilibrer notre température interne autour de 37 °C. Cependant, l'exposition prolongée de notre corps à des températures extérieures en dessous de 0 °C peut provoquer des dégâts irréversibles et même conduire à la mort. Les explorateurs des pôles connaissent bien ces dangers ; ils ont une relation particulière avec le froid dont des récits témoignent.

Regarde-toi quand t'as froid !

La thermorégulation représente l'ensemble des processus permettant à l'homme de maintenir sa température interne dans des limites normales quel que soit son niveau métabolique ou la température du milieu ambiant. Cette température se situe normalement entre 36,5 °C et 37,5 °C et repose sur un équilibre constant entre

les apports et les pertes de chaleur. Son contrôle est assuré principalement par une partie du cerveau appelée l'hypothalamus, qui est le centre de contrôle de la thermorégulation et qui réagit aux fluctuations de température provenant de divers récepteurs présents dans notre organisme, tel que la peau.

Les visiteur.euse.s sont invité.e.s à vivre une expérience corporelle : ils.elles entrent dans une cabine dans laquelle la température est de l'ordre de 5 °C. Un audiovisuel les interpelle et leur explique les mécanismes déclenchés dans notre corps humain lorsque la température extérieure baisse.

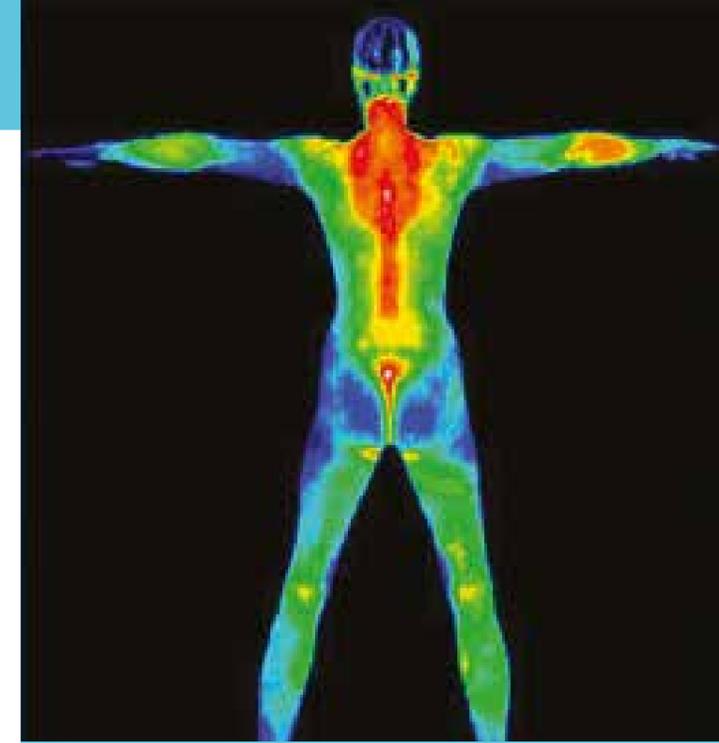
Le vent, un ennemi redoutable

Notre corps dépense de l'énergie pour maintenir une pellicule d'air chaud à la surface de notre peau. Celle-ci isole notre corps de l'extérieur et permet de conserver une partie de notre chaleur corporelle. Mais si le vent se lève, cette pellicule d'air est balayée et notre corps, directement en contact avec l'air extérieur, n'a pas le temps de réchauffer – d'où la sensation de froid. L'humain utilise donc des vêtements réalisés dans différents matériaux pour se protéger du froid et du vent.

Une manipulation interactive invite le public à essayer différentes matières afin de tester leurs propriétés coupe-vent et/ou coupe-froid. Pour cela, il choisit et enfle les "manchons" réalisés en coton, laine, nylon, etc. et glisse ses avant-bras dans un décor extérieur dans lequel il fait environ 5 °C, sans ou avec un vent de 30 km/h.

Écouter les explorateurs

Certains humains sont ou ont été confrontés au grand froid. Il s'agit de températures allant jusqu'à - 52 °C. Quelles sensations ont-ils ? Quels sont les changements qu'ils ont pu percevoir dans leur corps et dans leur quotidien ? Que faut-il faire, minute par minute, pour survivre et continuer ? Une installation sonore et des photographies permettent au public de découvrir



l'expérience de Jean-Louis Etienne, aventurier et explorateur des pôles. Elle relate quelques morceaux de vie quotidienne lors de son expédition en 1986 où il a marché 63 jours, seul sur la banquise, pour atteindre le pôle Nord. Persévérance et ténacité : la vie au grand froid demande de repousser ses propres limites à chaque instant. La moindre erreur peut être fatale et chaque geste du quotidien doit être calculé et adapté.

■ Animaux et plantes : composer avec le froid

Lorsque l'on s'intéresse aux animaux face au froid, on doit distinguer les endothermes des ectothermes. La température corporelle et les fonctions vitales des premiers ne se modifient pas selon la température extérieure. Leurs caractéristiques physiques leur permettent de maintenir leur température interne stable : couche de graisse et fourrure (isolation thermique), rapport surface/volume le plus bas possible, petite taille des extrémités, comportement collectif, etc.

Quant aux ectothermes, leur température corporelle suit la température ambiante et ils survivent grâce à plusieurs réactions physiologiques : diminution du métabolisme



avec l'abaissement de la température, synthèse d'antigel, déshydratation, etc.

De la même manière, les plantes possèdent des mécanismes garantissant leur survie et leur développement quand la température baisse. Mais le froid n'est pas forcément un ennemi à combattre. Certaines plantes, même placées dans des conditions favorables, sont incapables de fleurir si elles n'ont pas subi l'influence du froid.

L'endurcissement au gel

En climat tempéré, les plantes vivaces et les arbres se préparent au gel chaque année, grâce à des mécanismes induits par la fraîcheur de l'automne. L'endurcissement au gel est progressif. Une plante qui n'aurait pas supporté -2 °C au printemps ou en été survivra par -10 °C l'hiver venu. Cette résistance disparaît très rapidement dès que la température s'élève, en fin d'hiver. C'est pourquoi les gels de printemps,

même de faible intensité, sont plus dangereux pour les végétaux que des températures hivernales bien plus rigoureuses.

Une installation poétique illustrant les quatre saisons explique l'endurcissement au gel d'un cerisier. Les visiteurs peuvent ainsi suivre l'évolution d'un bourgeon au fil de l'année et comprendre le rôle des basses températures dans l'évolution de l'arbre.

Les plantes face au froid

Fleurir au printemps exige souvent que les plantes subissent un séjour au froid. De nombreux arbres et arbustes ne fleuriront qu'à cette condition : forsythias, lilas, marronniers, hêtres, pommiers, poiriers... De même les bulbes, comme les tulipes. En effet, pour les espèces de climat tempéré, le froid hivernal a un effet favorable sur le cycle de développement : il lève la dormance des bourgeons. Ce besoin d'un froid de l'ordre de $3\text{ à }6\text{ °C}$ peut varier de 2-3 semaines à 2 mois selon les espèces.



Endotherme ou ectotherme ?

La température corporelle des animaux ectothermes suit celle de leur environnement : ils ne peuvent la réguler en produisant ou en libérant de la chaleur, comme les humains. À l'inverse, les animaux endothermes régulent leur température interne : leur métabolisme leur permet de la maintenir dans une étroite fourchette, celle de la survie.

Une fresque graphique oppose les ectothermes et les endothermes, développant un certain nombre de leurs mécanismes physiologiques d'adaptation ou de leurs comportements face aux basses températures.

Un ensemble d'éléments sur deux animaux ectothermes incluant une sculpture, un audiovisuel et un graphisme en relief détaille les mécanismes qui leur permettent de résister aux températures négatives et de ne pas laisser les cristaux de glace détruire leurs cellules.



■ Le tardigrade a une capacité à se déshydrater et à entrer dans un état de cryptobiose, ce qui lui permet de survivre à des températures extrêmement basses.

■ La grenouille des bois peut survivre congelée pendant l'hiver. Son sang ne circule quasiment plus, mais il est chargé de glucose, un sucre qui agit comme un cryoprotecteur : il évite la dégradation des cellules quand l'eau qu'elles contiennent gèle et dégèle.

Un ensemble d'éléments sur deux animaux endothermes incluant une sculpture, un audiovisuel et un graphisme en relief présente les mécanismes qui leur permettent de maintenir leur température stable malgré une température ambiante basse.

■ L'ours polaire possède des caractéristiques physiques qui le protègent du froid : isolant thermique (trois couches : graisse, sous-poils et poils), corpulence (rapport surface volume, loi de Bergman), taille des extrémités (petites oreilles et queue, loi d'Allen). La morphologie de l'ours polaire est comparée à celle de l'ours brun.

■ Le manchot empereur résiste au froid grâce à l'isolation thermique (graisse, plumes), sa corpulence, son système sanguin particulier, ses ligaments et son comportement.

Guérir grâce au froid ?

Dans certaines conditions, le froid se transforme de menace à allié pour la vie. En 2003, les scientifiques ont découvert un virus dans le sol de la Sibérie congelé depuis 30 000 ans, et ont réussi à le "ressusciter" après décongélation. Les scientifiques sont déjà parvenus à cryoconserver des organes d'animaux, puis à les ramener à température ambiante pour les greffer avec succès ; ils ont même réussi à faire revenir à la vie des larves de mouches ou des tardigrades congelés. Divers cellules et tissus sont aujourd'hui cryoconservés et utilisés dans des contextes cliniques chez l'homme (spermatozoïdes, cellule de moelle osseuse, peau,...).

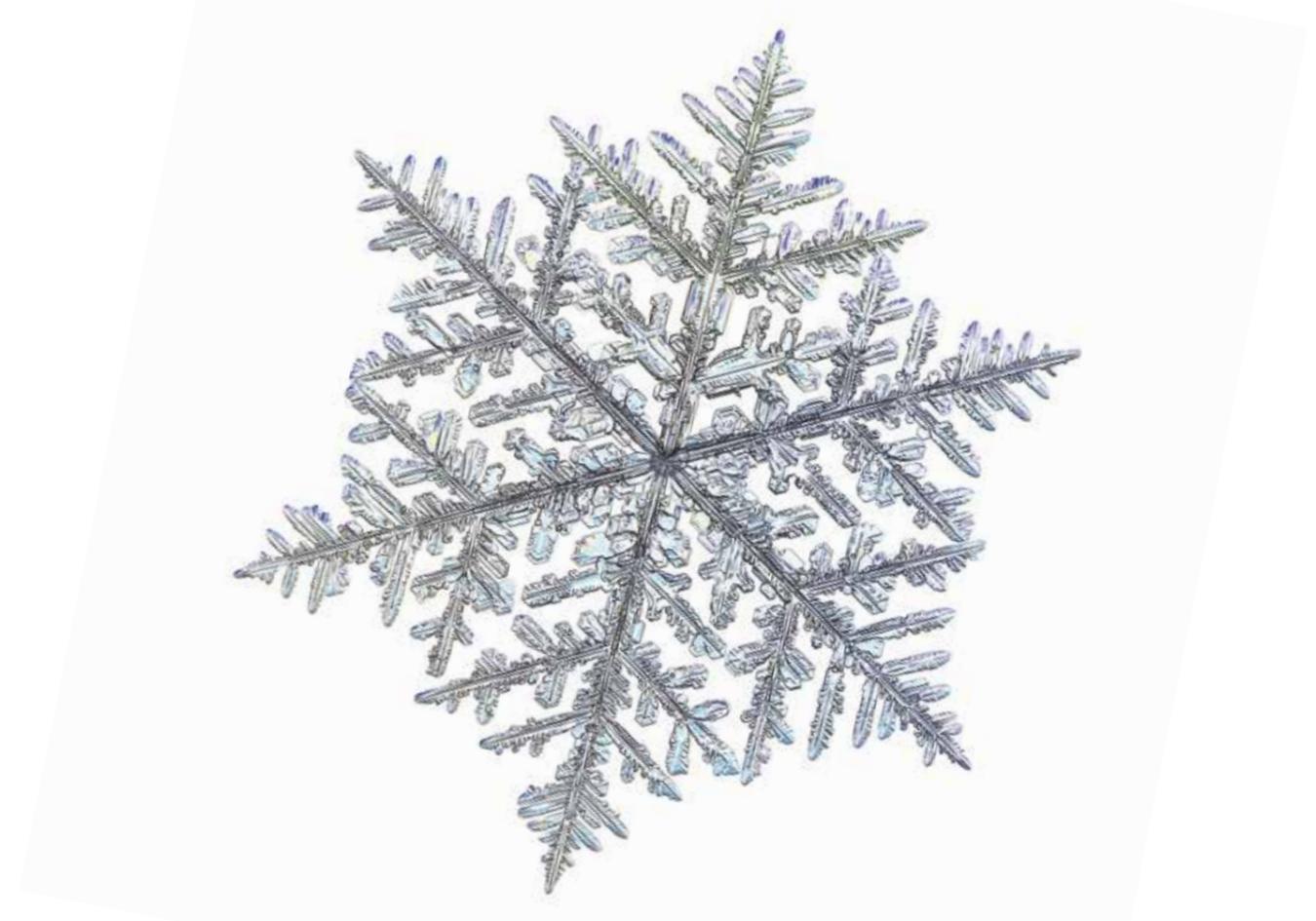


En médecine, l'hypothermie thérapeutique (de l'ordre de 32 °C) est aujourd'hui utilisée en réanimation médicale. Un froid plus intense (toujours positif) est également utilisé pour ses propriétés antalgiques, antihémorragiques et anti-inflammatoires. Quant au froid négatif, il est un outil indispensable en chirurgie (cryo-destruction de lésions). Enfin, le froid permet d'étudier le vivant dans d'autres contextes : grâce à son pouvoir "conservateur" les scientifiques obtiennent des renseignements sur les conditions de vie et de mort d'organismes (y compris l'humain), ayant vécu des milliers d'années avant notre ère.

Cryomédecine

Le froid est très sollicité dans le monde médical. Les techniques utilisées vont du froid positif au froid négatif et les usages sont variés : cryochirurgie, cryoconservation, cryodestruction, hypothermie thérapeutique...

Un jeu multimédia permet au visiteur de s'occuper de plusieurs patients ayant besoin de techniques médicales utilisant le froid. Pour cela, il doit procéder étape par étape et découvrir au passage des usages du froid, des gammes de température et des outils innovants du monde



médical. Des explications sont données sous forme d'images et de courtes séquences audiovisuelles.

Cryoconservation humaine : mythe ou réalité ?

La cryoconservation est le procédé où des cellules ou tissus entiers sont conservés en les refroidissant à très basse température. Les partisans de la cryonie prétendent qu'il serait possible d'employer les techniques actuelles afin de préserver des corps humains dans l'optique de les ramener à la vie quand les progrès auront permis d'inverser le processus de mort...

À l'heure actuelle, on arrive à cryoconserver de façon réversible uniquement les cellules, les tissus, les vaisseaux sanguins ou de petits organes d'animaux : il est impossible de faire revenir un corps humain à la vie après une cryoconservation, celui-ci étant bien trop complexe. Un audiovisuel au style décalé et au ton humoristique explique pourquoi "cryoconserver les humains ? On n'y est pas encore !"

et permet de soulever des questions d'ordre socio-anthropo-éthique qu'amène le désir de la cryoconservation humaine.

Point commun : l'eau

Bactérie, violette, girafe ou champignon, les êtres vivants sont surtout composés d'eau. Leurs cellules baignent dans ce liquide qui les irrigue, les nourrit et les débarrasse de leurs déchets. Que nous soyons végétariens ou carnivores, nous mangeons donc surtout de l'eau ! Or c'est dans l'eau que se développent les microbes qui, parfois, dégradent la qualité des aliments au point de nuire à la santé du mangeur...

Lorsque la température baisse et franchit les 0 °C, l'eau gèle, mais elle ne le fait pas d'un bloc. Les molécules s'organisent en formant des cristaux aux arêtes parfois tranchantes. Plus le refroidissement est lent, plus le cristal a de temps pour croître, plus il sera grand. Lorsqu'il se forme à l'intérieur d'un organisme vivant, il risque fort de faire éclater les cellules ou de percer leur fragile paroi !

Quand l'eau contenue dans les aliments gèle, la multiplication des microbes diminue fortement et s'arrête à - 18 °C. La dégradation de l'aliment est suspendue. Toutefois, une congélation trop lente peut détériorer la qualité du produit. Pour l'éviter, on cherchera à atteindre le plus rapidement possible - 18 °C au cœur du produit, grâce aux procédés de surgélation.

Un cristal de glace sculpté est au cœur d'une composition graphique. Cet ensemble explique le rôle de l'eau dans les organismes vivants et à l'intérieur des aliments. Elle se trouve au croisement des espaces "Les défis pour le vivant" et "Les défis pour la société".

Dégeler le passé

Les températures négatives bloquent l'activité et la multiplication microbienne. Ainsi, les organismes momifiés par le froid des dizaines de milliers d'années avant notre ère sont extrêmement bien conservés dans des régions du globe où la glace et le sol ne dégèlent jamais et permettent aux chercheurs de remonter dans le

temps. Si les humains pris dans les glaces sont rares, d'autres animaux ayant habité les régions froides comme le mammoth en Sibérie sont plus fréquemment retrouvés. Le froid conserve étonnamment bien le vivant qui est mort !

Le public se trouve face à un gros bloc de glace factice dans lequel se trouvent emprisonnés des objets représentant un mammoth, un humain et un virus. Il s'informe sur les vraies découvertes de ce type d'organismes ayant vécu de milliers d'années avant notre ère.

DÉFIS POUR LA SOCIÉTÉ

Comment utilisait-on le froid avant les machines frigorifiques ? Comment fonctionnent-elles ? Pourquoi le frigo chauffe-t-il notre cuisine ? Pourquoi ne faut-il pas rompre la chaîne du froid ? Quelle est la différence entre congélation et surgélation ? Quelles sont les applications du froid dans les différents secteurs de l'activité humaine et de la vie quotidienne ?



LE FROID, DE L'ANTIQUITÉ À NOS JOURS

Depuis la haute antiquité, les Hommes se sont servis du froid naturel pour conserver ou pour refroidir leurs aliments. Les Egyptiens (- 3000 av. J.-C.) conservaient des denrées alimentaires dans des amphores enterrées, pour profiter de la température plus fraîche sous terre qu'en surface. Les Chinois (- 1100 av. J.-C.) stockaient la glace dans des fosses afin de l'utiliser pour élaborer des desserts glacés. Dans la Rome antique, on transportait les poissons du Rhin ou les huîtres d'Armorique dans de la neige ou de la glace naturelle que l'on pouvait trouver dans des boutiques. Puis, du Moyen-Âge jusqu'au XIX^e siècle, on les stockait dans des glaciers. Jusqu'au début du XX^e siècle, le marché de la glace naturelle était encore plus important que celui de la glace artificielle. La glace naturelle était soit issue des régions froides de façon permanente, soit issue des régions tempérées de manière discontinue à partir des pièces d'eau gelées par le froid hivernal. Le froid pouvait également être fabriqué en ayant recours à des phénomènes naturels (et non par une machine). L'évaporation, la fusion et les mélanges réfrigérants sont trois techniques anciennes encore utilisées.



Cet espace, composé de trois îlots thématiques, s'intéresse à la quête du froid "fabriqué" et à son utilisation tant dans la vie quotidienne que dans les différents secteurs de l'industrie.

■ Froid naturel, froid fabriqué

Après un historique de l'utilisation du froid naturel jusqu'à l'invention des machines frigorifiques, cet îlot présente des phénomènes naturels qui permettent d'abaisser la température grâce à des échanges de chaleur importants entre un objet et son environnement (changement de phase, détente d'un gaz, mélanges réfrigérants).

Histoires de froid

À travers une présentation d'objets et d'images d'archives, cette vitrine retrace les grandes étapes de l'histoire de l'utilisation du froid naturel et "fabriqué" depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui selon plusieurs thématiques : la glace naturelle, les premières machines frigorifiques et leurs utilisations, le transport frigorifique et les réfrigérateurs domestiques.





Froid sans frigo

On a conservé des aliments grâce au froid bien avant les premières machines frigorifiques. On utilisait surtout de la glace formée naturellement, mais d'autres phénomènes étaient mis à contribution. Outre la fusion de la glace, l'évaporation de l'eau et les mélanges réfrigérants en sont des exemples : ils provoquent des échanges de chaleur importants entre un objet et son environnement. Ces techniques ancestrales sont toujours utilisées aujourd'hui, faute de frigo ou pour un besoin de refroidissement ponctuel.

Le public découvre des objets et des techniques ancestrales utilisant des phénomènes naturels permettant d'abaisser la température des aliments et de les conserver plus longtemps : frigo du désert, *botijo*, glacière...

Faire du froid au naturel

La fusion (passage d'un corps de l'état solide à l'état liquide), l'évaporation (passage d'un corps de l'état liquide à l'état gazeux), la sublimation (passage d'un corps

de l'état solide directement à l'état gazeux), la détente d'un gaz (augmentation du volume d'un gaz comprimé) et l'abaissement cryoscopique (mélanges réfrigérants) sont des phénomènes naturels qui permettent d'abaisser la température d'objets ou de milieux. Ils sont été largement utilisés quand il n'y a pas d'accès à une machine frigorifique ou quand le besoin de refroidir est ponctuel.

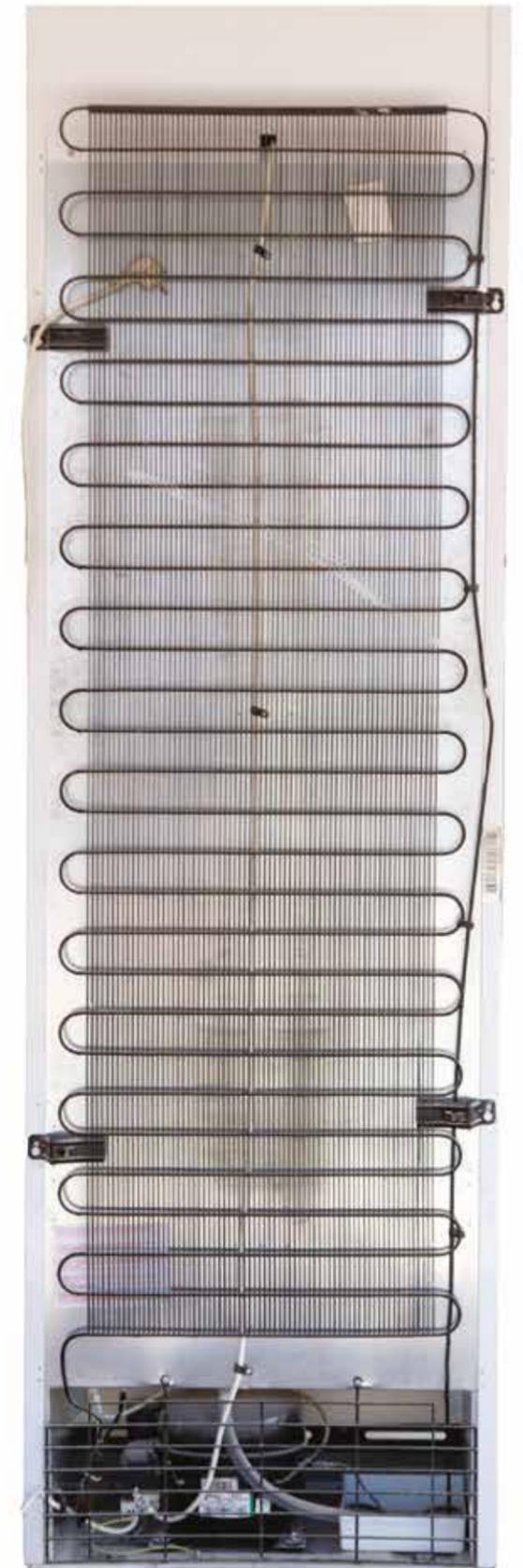
Le visiteur.euse peut choisir un objet fictif parmi cinq différents disposés à côté d'une table tactile : un spray, un seau à glace avec une bouteille, un frigo du désert avec des légumes, une caisse remplie de glace carbonique avec une poche de plasma sanguin, une sorbetière avec du jus de fruit. Il.elle doit trouver quel phénomène est à la base du principe de fonctionnement de chaque objet et explore le phénomène à travers ce média innovant actionné par la manipulation d'objets.

Fabriquer et utiliser le froid

Cet îlot thématique donne les clés pour comprendre le principe de fonctionnement des machines frigorifiques et les questions concernant leur amélioration dans une problématique de développement durable. Il existe plusieurs types de machines produisant du froid de façon artificielle. Leur principe réside toujours en un transfert de chaleur à partir du système à refroidir vers l'environnement. Le principe le plus répandu (aussi bien en milieu domestique qu'industriel) est celui des systèmes mécano-frigorifiques à compression de vapeur. Cependant, il existe des systèmes frigorifiques dont le fonctionnement est basé sur d'autres principes comme l'effet thermoélectrique ou magnétique, mais aussi des systèmes thermo-frigorifiques (absorption ou adsorption), etc. Leur utilisation est limitée, soit parce que les températures obtenues ne sont pas assez basses, soit parce que la récupération du froid "utile" n'est pas encore suffisante. Par ailleurs, les visiteurs.euses découvrent le large éventail des applications du froid dans l'industrie et dans la vie quotidienne. À quoi ressemblerait notre monde sans machines frigorifiques ? Alimentation, industrie, médecine, télécommunications, transports... tout serait différent si nous n'étions plus capables de fabriquer du froid. Ses innombrables applications en ont fait une composante essentielle de nos sociétés et un pilier de l'économie mondiale.

Comment marche mon frigo ?

Un film d'animation explique le principe de fonctionnement d'une machine frigorifique : faire subir à la chaleur un parcours contre nature en la forçant à passer d'un objet froid (et le refroidir plus) vers un objet chaud (en le réchauffant encore plus). Le cycle des machines frigorifiques à





compression de vapeur est détaillé à travers l'exemple du réfrigérateur. Le film donne aussi un aperçu du principe de fonctionnement d'autres types de machines frigorifiques.

Anatomie d'un frigo

Une machine frigorifique ne crée pas du froid : elle déplace de la chaleur. Un réfrigérateur est donc une pompe à chaleur qui récupère la chaleur de l'intérieur du frigo et donc des aliments, pour l'évacuer à l'extérieur (c'est pour cela que l'arrière du réfrigérateur est chaud). Plus précisément, il s'agit d'une machine à compression de vapeur : dans un circuit fermé, un fluide (dit "frigorigène") est comprimé, condensé, détendu, puis évaporé, puis comprimé de nouveau...

Le public est devant un éclaté de machine frigorifique à compression mécanique que l'on peut toucher et ainsi sentir la partie chaude et la partie froide. On peut également situer les différentes parties de la machine sur une petite maquette de réfrigérateur.

Projection vers l'avenir

Avec le développement des pays émergents, le rôle de la production de froid dans l'économie mondiale va augmenter dans les années à venir. Il est donc essentiel de limiter son impact sur l'environnement. Cependant, il n'y a pas de solution unique ! Grâce à leur bon rendement énergétique, les machines à compression de vapeur ont encore de l'avenir. Leur efficacité peut être améliorée par le développement de nouveaux constituants et par un meilleur contrôle, mais aussi par les performances du fluide frigorigène qui circule dans la machine. Le fluide doit être bien adapté à chaque application.

D'autres technologies se développent, sans encore concurrencer la compression

de vapeur. Leur avenir dépendra des températures d'utilisation et des puissances souhaitées.

Réduire la consommation d'énergie reposera aussi sur des astuces : par exemple, combiner la production du froid et du chaud.

Une fresque graphique présente les grands enjeux de la production du froid dans les années à venir : l'amélioration des performances des systèmes réfrigérants tout en réduisant leur impact sur l'environnement.

Le froid est partout

Le nombre d'objets quotidiens qui sont passés par la case "froid" est incroyable ! Les réfrigérateurs domestiques, le conditionnement de l'air et les rayons surgelés des grandes surfaces ne sont que la partie visible des applications du froid, un univers qui va de quelques degrés au-dessus de 0 °C à plusieurs dizaines de degrés en dessous. Le froid, positif et négatif, mécanique et cryogénique, est présent dans de multiples secteurs comme le génie civil, chimique, médical, des matériaux et l'industrie. Il est utilisé dans différentes étapes du cycle de vie de plusieurs objets courants et joue un rôle essentiel non seulement dans notre quotidien, mais aussi dans l'économie mondiale. Autant d'applications, autant de métiers du froid, exercés par 12 millions de personnes dans le monde.

Un jeu collectif, permet d'aborder les applications du froid dans différents domaines industriels. Une série de cinq questions est lue par le maître du jeu. Les deux joueurs doivent deviner de quels objets et applications il s'agit en choisissant des photographies dans le bac situé devant eux. À la fin du jeu, les deux joueurs comparent leurs réponses et comptent leurs points.



LE SAVIEZ-VOUS ?

Le bonbon à la menthe rafraîchit-il vraiment la bouche ? Le secret du frigo est-il le même que celui de la transpiration ? Un produit frais est-il de meilleure qualité qu'un surgelé ? Avez-vous déjà accueilli un yaourt espion ?

Un dispositif ludique permet aux visiteur.euse.s de découvrir les réponses à des questions qui les interpellent.

Froid et alimentation

Depuis toujours, les techniques de conservation des aliments ont été une préoccupation majeure pour l'humanité. Le froid a ainsi un rôle central dans le secteur alimentaire, car il permet de consommer des légumes et des fruits plusieurs jours après leur récolte, assure la conservation des viandes, laitages ou poissons, évite le gaspillage et assure la sécurité sanitaire. Mais attention ! Si, en dessous de 4 °C, la croissance des micro-organismes est fortement ralentie, il faut descendre à -18 °C pour la stopper, et elle est prête à reprendre dès que la température redevient favorable.

En France, plus de 60 % des aliments sont passés par le froid avant d'arriver dans l'assiette. Selon le type du produit initial et selon le résultat souhaité pour le produit final, ces différents processus, utilisent le froid mécanique (produit par les machines frigorifiques traditionnelles à cycle de compression) ou le froid cryogénique (obtenu grâce à des fluides cryogéniques). Dans le premier cas, les températures atteintes sont entre -20 °C et -50 °C et, dans le second, les aliments sont plongés ou arrosés avec le fluide cryogénique (températures au-dessous de -70 °C).

Enfin, le grand enjeu est de ne pas rompre la chaîne du froid qui permet de maintenir et de transporter les produits alimentaires aux températures nécessaires pour qu'ils ne s'altèrent pas entre le moment de leur fabrication jusqu'à leur utilisation.

L'usine à froid

L'industrie agroalimentaire est le secteur le plus concerné par l'utilisation du froid. Mis à part la surgélation, le froid est utilisé dans plusieurs processus pour la préparation des aliments (lyophilisation, cryoconcentration, ...).

Une manipulation interactive ayant la forme d'une maquette d'usine et d'un camion frigorifique permet aux visiteur.euse.s de

découvrir comment le froid est utilisé dans plusieurs processus de préparation des aliments et d'expliquer les transformations qu'ils subissent grâce au froid avant d'arriver dans notre assiette.

La chaîne du froid

Le voyage est long, de la récolte ou de la préparation à l'assiette. Entrepôts, plateformes logistiques, transports frigorifiques, chambres froides et meubles de vente des magasins, réfrigérateurs ou congélateurs ménagers... La chaîne du froid est une succession ininterrompue d'opérations diverses qui s'effectuent sous température dirigée au moyen d'équipements frigorifiques et qui se déroulent de la fabrication du produit ou sa transformation industrielle, jusqu'à sa consommation. Ces opérations doivent respecter la stabilité des températures propres aux différents types de produits. L'itinéraire varie avec les produits mais la dernière étape, c'est chez nous, et elle est importante !

La chaîne du froid concerne aussi d'autres produits sensibles : chaque année, 70 % des vaccins produits dans le monde sont malheureusement détériorés parce que leur température de conservation n'a pas été respectée.

Un jeu collectif multimédia invite les visiteur.euse.s à collaborer entre eux pour ne pas rompre la chaîne du froid des différents produits alimentaires (yaourts, éclairs au chocolat, pizzas surgelées) dans différents contextes de la fabrication à la consommation.



Range ton frigo !

Pourquoi confions-nous au réfrigérateur une grande partie de nos aliments ? Pour les empêcher d'être envahis et détériorés par des microbes, des levures ou des moisissures et éviter ainsi d'éventuelles intoxications alimentaires. Les températures de l'ordre de 0 à 10 °C ralentissent la dégradation des produits fragiles et conservent leurs qualités nutritionnelles. Mais il faut faire attention, car le froid ne détruit pas les toxines, il ne fait que mettre en sommeil les micro-organismes présents dans la nourriture. En cas de réchauffement intempestif, ces indésirables croissent et se multiplient de plus belle ! Quels sont les gestes et les actions des consommateurs pour mieux se servir de leur réfrigérateur ?

Une manipulation interactive incite le visiteur à ranger des aliments factices dans un faux frigo à froid statique (la température n'est pas homogène à l'intérieur) : laitages, légumes, viande, œufs, beurre... Une fois le rangement terminé, il découvre sur un écran ses erreurs éventuelles et des explications sur le rangement, la température idéale de conservation de chaque aliment, les gestes écoresponsables (dépoussiérer le condenseur à l'arrière, ne pas laisser la porte ouverte, ôter les emballages, envelopper les aliments).

Derrière eux, le froid

Le froid est utilisé par l'industrie alimentaire pour la conservation, mais pas seulement. Il intervient aussi dans la fabrication, lors de procédés comme la surgélation, la lyophilisation, la fermentation... Autant de techniques qui utilisent des machines frigorifiques permettant d'obtenir des températures entre - 20 et - 50 °C ou des fluides cryogéniques, comme l'azote liquide maintenu à - 196 °C.

Tous ces processus utilisent des technologies traditionnelles : congélateurs à plaques

LE FROID EN CHIFFRES ET EN LETTRES

- Dans le monde, 12 millions de personnes travaillent dans le secteur du froid.
 - En France, 60 % de nos aliments passent par la chaîne du froid, et 4 millions de vaccins sont détruits pour cause de non-respect de températures de conservation.
 - Le froid, c'est encore 1 million de camions frigorifiques, et 552 millions de m² d'entrepôts.
 - Il représente environ 17 % de la consommation globale d'électricité
- Combien y a-t-il de machines frigorifiques dans le monde ?**
- 90 millions d'équipements de froid commercial.
 - 1,5 milliard de réfrigérateurs et congélateurs domestiques.
 - 4 millions de véhicules frigorifiques de transport routier.
 - 600 millions de systèmes de conditionnement d'air fixes.
 - 700 millions de systèmes de conditionnement d'air mobiles.
 - 50 millions de tonnes de produits surgelés par an dans le monde.

ou à tunnels qui utilisent des cycles à compression mécanique, enrobage cryogénique avec l'utilisation de fluides cryogéniques... Les chercheurs améliorent sans cesse ces procédés. Ils travaillent aussi à en mettre au point de nouveaux : congélation à haute pression, application de bactéries glaçogènes ou de champs électriques... L'innovation s'installe dans notre assiette !

Des magnets sont disposés sur une grande fresque graphique représentant un décor de cuisine. Le visiteur peut attraper chacun des magnets et découvrir, d'un côté, la photo d'un aliment qui a subi une transformation grâce au froid avant de prendre sa forme finale, et de l'autre, la technologie innovante utilisée dans l'industrie agroalimentaire.



DÉFIS POUR LA SCIENCE

Que savons-nous du comportement de la matière à des températures extrêmement basses ? Que se passe-t-il lorsqu'on force des gaz à se liquéfier en les refroidissant ? Pourquoi le fait-on ? Qu'est-ce que le zéro absolu ? Pourquoi ne peut-on jamais l'atteindre ? Comment fait-on pour l'approcher ? Comment se comporte la matière à l'approche du zéro absolu ?

Au XIX^e siècle, on appelait gaz permanents ceux que l'on ne savait pas liquéfier par simple compression à température ambiante : il fallait donc les refroidir. Ce défi scientifique fut enfin vaincu au tournant du siècle. La liquéfaction de tous ces gaz a permis de générer des températures inférieures à 120 K (- 153,15 °C) et de donner naissance à un ensemble de disciplines scientifiques et techniques : la cryogénie. Des outils, appareils et techniques ont été développés, ainsi que des applications industrielles dans de multiples secteurs.

En laboratoire, les scientifiques peuvent aujourd'hui frôler cette limite absolue à quelques millièmes de degrés près grâce à des dispositifs cryogéniques astucieux. Sans aller aussi loin, les basses températures sont un vrai défi pour ceux qui les manipulent : le froid doit être confiné, maîtrisé et mis en œuvre avec les plus grandes précautions, sous peine de nous échapper ! Mais les applications sont étonnantes : les très basses températures sont un fantastique outil pour transformer la matière. L'industrie les utilise de plus en plus souvent pour de nombreux usages.

Cet espace, au décor inspiré des laboratoires des basses températures, permet au public de se familiariser avec les outils et les travaux des chercheurs. Le visiteur explore des phénomènes liés à l'effet du froid sur la matière à travers l'expérience et l'observation et découvre des applications du froid dans le secteur industriel.

Les pouvoirs de l'azote liquide

Qu'arrive-t-il à la matière plongée dans l'azote liquide à - 196 °C ? Des gaz se liquéfient, des liquides se solidifient, des solides se rétractent, des propriétés mécaniques, électriques et magnétiques des corps sont modifiées... Chacune de ces transformations peut déboucher sur une application industrielle.

Une série de courts audiovisuels présentent des expériences avec divers matériaux plongés dans l'azote liquide et révèlent les propriétés de la matière aux basses températures. Chaque phénomène est accompagné d'un schéma graphique expliquant le comportement des particules de la matière à l'échelle microscopique et d'un livret présentant les applications dans le secteur industriel.

Plongées à - 196 °C ?

Un multimédia sous forme de quiz invite le visiteur à choisir à l'écran un objet à plonger dans l'azote liquide et à deviner ce qu'il va se passer. Il a le choix entre : un ballon gonflé, une fleur, un kiwi, une peluche, du café chaud, un bonbon... La réponse est donnée par un film.

Mesurer, manipuler, conserver le froid

Un liquide cryogénique, c'est un gaz liquéfié. La température de liquéfaction de ces gaz (par exemple l'argon, l'oxygène, l'azote, l'hydrogène ou l'hélium) est inférieure à - 150 °C, ce qui nécessite des réservoirs adaptés. En laboratoire, il sera transféré avec précaution dans un cryostat, pour refroidir par évaporation l'expérience en cours. Le gaz ainsi produit peut être récupéré et liquéfié pour une nouvelle utilisation. Lors des expériences, des appareils de mesure contrôlent en continu la température, la pression et, selon le cas, d'autres paramètres comme la résistance ou la capacité thermique de l'échantillon.



Une présentation de l'équipement des laboratoires des basses températures permet aux visiteurs de découvrir les outils des chercheurs.

Galerie de portraits

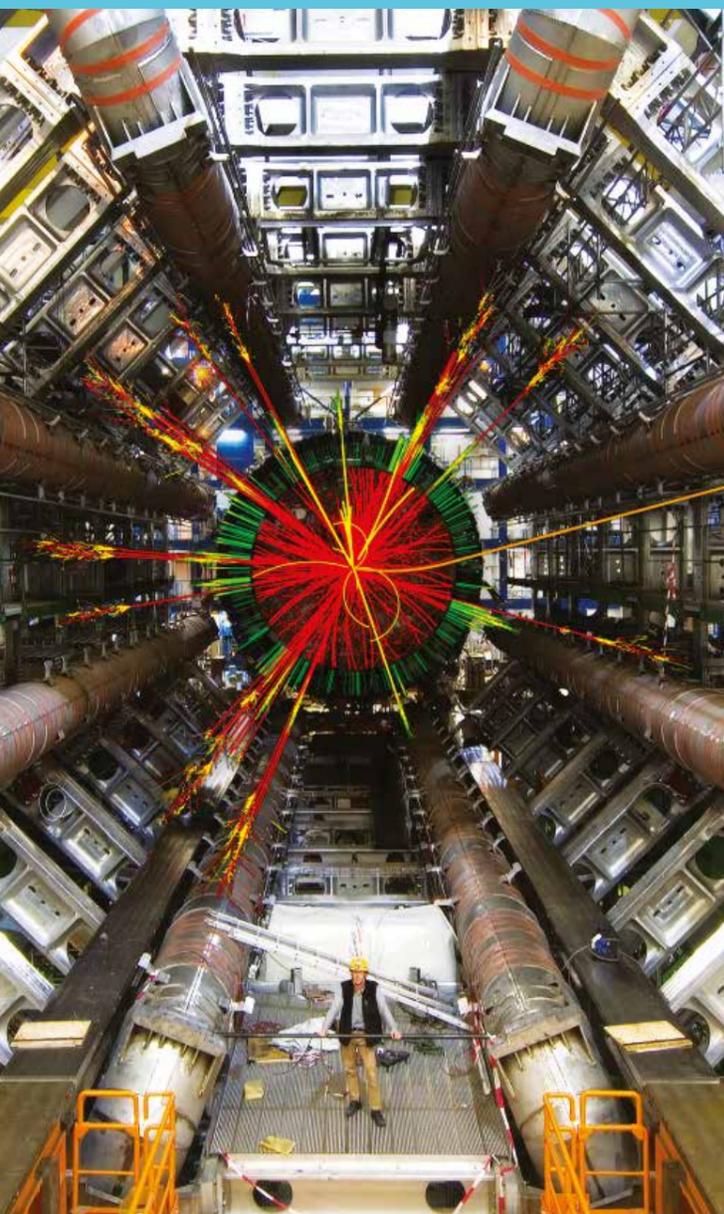
Six chercheurs d'aujourd'hui présentent leur sujet de recherche. Le public découvre et que les basses températures sont un domaine en pleine effervescence où beaucoup reste encore à découvrir.

De grandes énigmes explorées grâce au froid

La cryogénie trouve aujourd'hui de nombreuses applications dans plusieurs domaines, car elle a permis la mise au point d'outils, d'appareils ou de techniques. Ainsi, le champ d'utilisation de la cryogénie s'étale dans un large spectre de différents domaines de recherche, d'apparence éloignés. Leur point commun ? Leur sujet ne pourrait pas être étudié sans la maîtrise des très basses températures.

Les grandes énigmes explorées grâce au froid sont illustrées par de belles et grandes images accompagnées d'explications sur les techniques ou les outils utilisés en lien avec les basses températures. Le public y découvre les images :

- du fond diffus cosmologique : les satellites qui ont permis de capter ce type de données sont équipés de bolomètres. Ces détecteurs, pour bien fonctionner, doivent être refroidis à des températures de l'ordre de 0,01 K, soit environ - 273 °C;
- d'une collision de particules élémentaires prise au LHC (Cern) : les accélérateurs de particules utilisent des supraconducteurs refroidis par de l'hélium superfluide à des températures allant jusqu'à 1,8 K (- 271,35 °C) ;
- du cerveau humain en imagerie par résonance magnétique (IRM) : ce type d'appareil utilise un aimant supraconducteur refroidi à une température de l'ordre de - 269 °C ;



■ de la distribution des vitesses des atomes d'un gaz de sodium lors de la condensation de Bose-Einstein : il s'agit d'un phénomène purement quantique qui a lieu à une température de l'ordre de quelques millièmes de degré au-dessus du zéro absolu. Cette expérience permet d'obtenir un nouvel état de la matière ;

■ des atomes d'une puce de silicium détectés par un microscope à effet tunnel : ce type de microscope est équipé d'une pointe métallique qui balaie la surface du matériau. À très basse température (- 269 °C), la pointe peut attraper et déplacer des atomes. Ces manipulations sont la base de l'électronique moléculaire et des nanotechnologies.

Descendre vers le zéro absolu

En 1848, Lord Kelvin établit qu'il existe une température à laquelle la matière se fige et ne présente plus aucun mouvement. C'est le zéro absolu ! Il correspond à - 273,15 °C. Cette température est une limite : on ne peut pas l'atteindre dans la réalité. Mais depuis deux siècles, des séries d'expériences ont été menées pour s'en approcher et ont permis d'accéder à des températures de plus en plus basses en permettant de liquéfier ainsi des gaz comme l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, l'hélium.

Au voisinage du zéro absolu, des phénomènes étranges apparaissent. La matière manifeste sa nature quantique, à la fois onde et particule. Certains matériaux deviennent supraconducteurs et se mettent à faire léviter au-dessus les aimants. L'hélium liquide en dessous de - 271,4 °C, devient superfluide et perd toute viscosité : ses atomes peuvent traverser la matière, qui ne lui oppose plus aucune résistance, ou même tourner indéfiniment dans un anneau. Cette étonnante nature quantique de la matière est en réalité toujours présente, mais elle est en général imperceptible, car brouillée par l'agitation des atomes. Grâce à des procédés toujours

plus puissants, il est aujourd'hui possible d'atteindre 0,0000000035 Kelvin, soit à 0,35 milliardièmes de degré du zéro absolu ! La matière obéit alors aux seules lois de la physique quantique.

À travers l'aventure de la quête du zéro absolu, un film montre les enjeux de cette exploration, la notion de cette limite et les surprises quantiques qui se révèlent à son voisinage.

Le zéro absolu

Qu'on l'exprime en kelvins ou en degrés Celsius, le zéro absolu est la température la plus basse imaginable. C'est une valeur théorique : elle n'existe pas dans la nature et n'a jamais pu être atteinte expérimentalement.

Selon la physique classique, qui décrit le monde à l'échelle humaine, à - 273,15 °C les atomes ne se déplaceraient plus, ne vibreraient plus, ne tourneraient plus. Leur énergie serait nulle. Froid absolu, calme absolu. Descendre plus bas est impossible ! La physique quantique, elle, décrit des phénomènes qui échappent à l'intuition humaine. Elle prévoit qu'à l'approche du zéro absolu, les atomes adoptent des comportements collectifs étonnants.

Expérimentalement, on constate en effet des états de la matière inédits, comme la supraconductivité et la superfluidité, des phénomènes que notre intuition peine à appréhender ! Les très basses températures sont un fascinant domaine de recherche, riche en phénomènes surprenants non encore élucidés.

Un panneau graphique, associé au précédent film, permet au public d'apprivoiser la notion du zéro absolu et les sujets passionnants de la recherche dans ce domaine.

AUTOUR DE L'EXPO

LES MÉDIATIONS SCIENTIFIQUES

Pour ressentir le frisson du direct et vivre de "vraies" expériences spectaculaires avec du "vrai" froid, plusieurs interventions sont régulièrement proposées par les médiateur.trice.s scientifiques.

GROUPE SCOLAIRES

■ Mission arctique

Les élèves expérimentent en petits groupes certains phénomènes physiques (effet albedo, fonte des glaces). Ils.elles analysent ensuite différents indices du dérèglement climatique au niveau des pôles. Enfin, ils.elles découvrent les conséquences de ces phénomènes pour la vie terrestre.

Atelier / Du CE2 à la 6^e / Du 5 décembre 2017 au 13 avril 2018 / Durée : 1h

■ Faire du froid ? C'est chaud !

Vous êtes-vous déjà demandé ce qu'est le froid et comment on s'y prend pour en fabriquer ? Durant cette animation les élèves découvrent les notions de froid, d'échelles de températures, de changements d'états... Les très basses températures sont aussi abordées avec l'utilisation de carboglace et d'azote liquide.

Exposé / De la 6^e à la 3^e / À partir du 5 décembre 2017 / Durée : 45 min

■ La valse des glaciations

Il y a 700 millions d'années, notre planète bleue était complètement recouverte de glace. Pourrions-nous de nouveau entrer en glaciation ? Les élèves découvrent au travers d'un quiz la face glacée et méconnue des climats de la Terre.

Exposé / De la 4^e à la Terminale / À partir du 5 décembre 2017 / Durée : 45 min

■ Quand la mer monte

Climat et océan : un couple fascinant et indissociable qui, de tous temps, régule le niveau des mers. Après s'être interrogés sur les facteurs à l'origine de l'élévation actuelle du niveau marin, les élèves s'intéressent ensuite au passé climatique de la Terre et à ses moyens d'étude : interroger le passé pour mieux comprendre le futur. Le débat s'ouvre sur les conséquences futures d'une montée des eaux.

Exposé / De la 3^e à la Terminale / Du 9 janvier au 13 avril 2018 / Durée : 45 min

■ Sous 0°C, parlons kelvins !

Pendant des siècles, le froid fut un mystère... Est-ce une substance ? Un état de la matière ? Comment le mesurer ? Et surtout, comment le fabriquer ? Au cours de cette animation où sont abordés les changements d'états et les très basses températures, le froid est aussi traité avec un regard historique en cherchant notamment à comprendre pourquoi l'Homme a voulu maîtriser les basses températures et comment il y est parvenu.

Exposé / De la 2nde à la Terminale / À partir du 5 décembre 2017 / Durée : 45 min

■ Le rendez-vous du froid

Changements d'états, changement de climat, recherche, applications... Une démonstration proposée par les médiateur.trice.s pour enrichir la visite de l'exposition !

Animation / À partir du CM1 / Tous les jours à 15h / Durée : 30 min / En accès libre, sans réservation, dans la limite des places disponibles.

PUBLICS INDIVIDUELS

■ À la recherche du flocon perdu

Au travers l'histoire d'une reine des neiges qui s'est envolée vers des contrées moins froides que son royaume, une voyageuse – médiatrice scientifique – embarque les enfants dans une aventure où elle doit comprendre comment se forment les cristaux de neige pour pouvoir en fabriquer elle-même !

Médiation théâtralisée / Pour les 2-7 ans / Du 9 décembre 2017 au 7 janvier 2018 / Au cours de la séance de la Cité des enfants 2-7 ans / Durée : 15 min.

■ Supra froid !

Qu'est-ce que le froid ? Et le "SUPRA froid" alors ? Liquide, solide, gazeuse, (volante ?), à une température de -196 °C la matière devient spectaculaire !

Animation / À partir de 7 ans / Tous les jours pendant les vacances de Noël à 14h et 15h / Durée : 25 min.

■ Des carottes à Vostok

Deux personnages loufoques et attendrissants quittent leur rayon de produits surgelés pour embarquer les enfants vers des contrées extraordinaires : l'Arctique et ses mystères.

Médiation théâtrale / Pour les 5-12 ans / Tous les jours pendant les vacances de Noël / Au cours de la séance de la Cité des enfants 5-12 ans / Durée : 15 min.

■ Trotinette supraconductrice

Grâce à cette animation, les visiteur.euse.s peuvent glisser en lévitation sur une trottinette refroidie à -196 °C !

À partir de 12 ans / Tous les jours pendant les vacances de Noël / En continu.

■ Expériences à (très) basses températures

Une animation permettant de découvrir grâce à l'azote liquide le monde de la cryogénie et des très basses températures !

À partir de 9 ans / Tous les jours pendant les vacances de Noël / Durée : 45 min.

LES ÉDITIONS

■ Carnet d'activités "Froid"

Un carnet d'activités très illustré accompagne l'exposition et propose à ses lecteur.trice.s une quinzaine de jeux pour se plonger dans les différents univers du froid tout en s'amusant. Jeux des 7 erreurs, mots mêlés, labyrinthe, puzzle, devinettes, mots croisés permettent aux enfants d'explorer les multiples facettes du froid tout au long de trois chapitres : "Les humains et les animaux", "Le froid et la physique", "Le froid et les aliments".

Pour les 7 à 10 ans / 15x21 cm / 32 pages / 4,95€ / En vente à la boutique, à la billetterie et sur la billetterie en ligne.



LE SERIOUS GAME DE L'EXPO

LE FROID ? C'EST CHAUD !

Destiné aux jeunes de 9 à 13 ans et aux scolaires du CM1 à la 5^e, le serious game pour tablettes et navigateurs web "Le froid ? C'est chaud !" accompagne l'exposition.

Avec un graphisme épuré aux couleurs du froid, des animations rigolotes et très fluides, un design sonore cristallin, l'ambiance est posée. Les enfants sont ainsi invités à explorer les contenus éducatifs et interactifs suivants :

■ **Le film d'animation "Plus c'est chaud, plus ça bouge !"** d'environ 3 minutes, traite de la différence entre température et chaleur, deux notions abstraites expliquées avec simplicité et humour ;

■ **Le jeu "Plutôt froid ou plutôt chaud ?"** consiste à trouver la température d'une trentaine d'objets, d'êtres vivants ou de phénomènes scientifiques, et à les placer sur une échelle allant du zéro absolu (- 273,15 °C) à dix milliards de degrés celsius ;

■ **Le jeu "Fabrique un frigo du désert"** permet de découvrir le principe de refroidissement par évaporation en simulant la fabrication d'un frigo du désert ;

■ **Le jeu "Les animaux face au froid"** propose de classer des animaux selon qu'ils sont endothermes ou ectothermes, puis d'associer à chacun, les caractéristiques morphologiques, physiologiques ou comportementales qui leur permettent de s'adapter au froid ;

■ **Le quiz** (en 10 questions aléatoires parmi une cinquantaine) incite à tester ses connaissances sur les sujets abordés dans le film et les jeux.

Le serious game est disponible sur :
<http://www.cite-sciences.fr/juniors/froid-chaud/>

L'ÉQUIPE PROJET

COMMISSARIAT DE L'EXPOSITION

Evanthia Ioannidou, commissaire et chef de projet

Géraldine Attié, coordination muséographique

Sophie Manoff, muséographe

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Hayat Benkhelifa, physicienne, enseignante-chercheuse, maître de conférences, AgroParitech

Julien Bobroff, physicien, enseignant-chercheur et professeur des universités au Laboratoire de Physique des solides (CNRS / université Paris-Sud Orsay)

Daniella Cerqui, maître d'enseignement et de recherche en anthropologie, Laboratoire Théma à l'Institut des Sciences sociales de l'université de Lausanne

Evelyne Derens-Bertheau, ingénieure de recherche à d'Irstea - Unité Génie des procédés frigorifiques

Jean-Louis Etienne, explorateur, médecin

Laurence Fournaison, physicienne, docteure (HDR) en énergétique, directrice de recherche d'Irstea - responsable de l'Unité de recherche du génie des procédés frigorifiques

Philippe Gandit, physicien, directeur de recherche au CNRS, Institut Néel

Philippe Lebrun, physicien, président de la Conférence générale de l'Institut international du Froid

Michèle Leduc, physicienne, directrice de recherche émérite CNRS au laboratoire **Kastler-Brossel**, directrice du Gis-Ifraf l'Institut francilien de Recherche sur les Atomes froids

Séverine Pilloud, historienne, Ph.D., professeure HES-SO

Marie-France Terrier, ingénieure de recherches au laboratoire CMGPCE du Cnam, professeure à l'Institut français du froid Industriel

Yann Voituron, écophysiologiste, professeur à l'université Lyon 1, chercheur au CNRS au Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes naturels et anthropisés

Mohammed Youbi-Idrissi, Groupe R&D Science de la Vie, expert international, Air liquide

LES PARTENAIRES

AVEC LE SOUTIEN DE



Partenaire historique d'Universcience, le CNRS, centre national de la recherche scientifique, est un organisme public de recherche, placé sous la tutelle du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Avec près de 32 000 personnes et fort d'une implantation sur l'ensemble du territoire national, il produit du savoir et des connaissances au service de la société. Principal organisme de recherche à caractère pluridisciplinaire en Europe, il mène des recherches dans tous les champs de la connaissance.

Cette pluridisciplinarité permet d'aborder des questions sous toutes ses dimensions et d'apporter des réponses adaptées aux questions de société. Le CNRS mobilise notamment plusieurs de ses équipes autour du froid. Partout autour de nous, de notre quotidien au cosmos, le froid relève d'un principe de physique : un transfert d'énergie, qui permet de faire du froid avec du chaud. Le CNRS développe des travaux sur les très basses températures qui ouvrent notamment la voie à l'exploration de la matière, jusqu'à la plus petite échelle. D'autres recherches sont conduites afin de sonder l'effet du froid sur le vivant, tant animal que végétal, sur l'humain, sa santé et sa survie.

Le CNRS est le partenaire scientifique de cette exposition à laquelle il a contribué en apportant son expertise sur le sujet. Des chercheur.euse.s CNRS ont ainsi participé à l'élaboration des contenus, et du matériel

(un réservoir d'hélium et un cryostat) a été mis à disposition. Pour le CNRS, l'exposition "Froid" est une belle occasion de partager le savoir scientifique avec le public.



Association française du froid (AFF)

L'AFF, une association plus que centenaire. L'Association française du froid (AFF), loi 1901, reconnue d'utilité publique est née en 1908. Elle rassemble tous les acteur.rice.s du froid : les syndicats, les fédérations, les associations professionnelles d'une part, les entreprises, les universités, les centres techniques, les laboratoires et les experts du froid d'autre part.

L'AFF porte la voix de la filière du froid auprès des pouvoirs publics. Elle défend et valorise ses usages. Elle offre aux professionnels et utilisateur.trice.s du froid un lieu d'échanges techniques et scientifiques ainsi que de prospective. Elle contribue à faire progresser la science et la technique mais aussi la qualité, l'efficacité et l'efficience du froid. L'AFF vise enfin à mieux faire connaître le froid sous ses multiples facettes.

L'Association promeut ses missions à l'aide de sa *Revue générale du froid* (RGF) bimestrielle, d'une plate-forme collaborative dédiée (aff-froid.com) mais aussi à travers la publication de guides techniques et pratiques, l'organisation de conférences, de journées techniques et d'expositions.

En août 2013, l'Association française du froid et les Entreprises des glaces et surgelés (EGS) émettent l'idée d'une exposition sur le froid. L'idée germera. L'exposition

conçue par Universcience aura lieu à la Cité des sciences et de l'industrie. L'AFF s'engage à rechercher des partenariats avec les entreprises de l'univers du froid motivées par le projet. Par ailleurs, plusieurs chercheur.euse.s et enseignant.e.s associé.e.s au comité scientifique de l'exposition sont des membres actifs de l'AFF.

L'AFF est fière d'être à l'initiative de cette exposition qui montre la modernité de toutes les filières du froid, leurs caractères indispensables, mais aussi l'innovation dans la recherche scientifique et toutes les applications techniques au service de l'humanité et de la planète.



Les entreprises des glaces et surgelés (EGS)

Le syndicat "Les Entreprises des Glaces et Surgelés" (Les EGS) fédère les fabricants de produits alimentaires conservés à température négative (-18 °C).

Son rôle est de représenter les entreprises du secteur et de promouvoir la surgélation alimentaire et ses produits.

Les EGS ont participé dès l'origine à la construction du projet d'exposition sur la technologie du froid, aujourd'hui proposée par la Cité des sciences et de l'industrie. En présentant de manière didactique et détaillée la technologie du grand froid et ses applications, dont la surgélation alimentaire, l'exposition rentre pleinement dans la perspective des EGS.

Si la surgélation était déjà utilisée par nos ancêtres des régions froides pour conserver le fruit de leurs chasses et de leurs pêches, elle est aussi extraordinairement moderne et contemporaine. L'abaissement rapide de la température, combiné à la conservation à une température plus basse que -18 °C, permet de conserver toutes les qualités gustatives et nutritionnelles des produits alimentaires. Les produits de haute qualité restent ainsi disponibles sur des périodes plus étalées dans le temps, à des prix financièrement accessibles à tous.

En permettant de conserver pendant de longs mois les produits de l'agriculture et de la pêche, et de les mettre à disposition des consommateur.trice.s sous toutes présentations et tous formats, la chaîne du froid constitue un outil très efficace pour la lutte contre le gaspillage alimentaire.

Les Entreprises des Glaces et Surgelés sont fières de participer à cette exposition sur le froid, qui démontre l'intérêt de cette technologie par ses nombreuses et larges applications au bénéfice des citoyens du monde.



Créée en 1983, Marie est une entreprise agro-alimentaire française spécialisée dans la fabrication et la distribution de plats préparés frais et surgelés.

Depuis plus de 30 ans, la marque facilite le quotidien des consommateur.trice.s dans la préparation de repas de qualité. Elle accompagne les Français dans l'évolution de leurs goûts et leurs attentes en matière de qualité, d'équilibre alimentaire et de composition.

Marie est la marque qui incarne, aux yeux des consommateur.trice.s (selon une étude TNS de 2017), le Bien-Manger. Pourquoi ? Parce qu'elle lie le plaisir de la bonne cuisine à l'exigence que celle-ci requiert à chaque instant : l'association harmonieuse des saveurs, des textures et des couleurs dans la conception des recettes, le choix d'ingrédients naturellement délicieux, sélectionnés pour leur origine, leurs qualités gustatives et nutritionnelles, la délicatesse et la précision dans leur mise en œuvre, la maîtrise des cuissons, la justesse des assaisonnements et cette touche culinaire singulière et moderne qui donne à chaque plat élaboré par Marie une personnalité unique.

Marie propose une cuisine made-in-France créative et accessible, avec de bons petits plats à savourer en toutes circonstances et en toute confiance.

Présente dans les rayons frais et surgelés

avec près de 200 recettes, c'est tout naturellement que Marie a choisi de s'associer à l'exposition "Froid" avec pour objectifs de contrer les idées reçues et de souligner les bienfaits de la surgélation : qualités nutritionnelles des aliments conservés, saveurs préservées, conservations sécurisées... L'occasion de comprendre, à travers le cheminement de l'exposition, comment le froid s'impose en véritable allié du quotidien.

Avec 210 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2016, 6 sites de production dédiés en France et plus de 600 collaborateurs, Marie SAS est présente en GMS avec ses 3 marques : Marie, Weight Watchers et Traditions d'Asie.

Air Liquide Air liquide

Air Liquide est le leader mondial des gaz, technologies et services pour l'industrie et la santé. Oxygène, azote et hydrogène sont des petites molécules essentielles à la vie, la matière et l'énergie. Elles incarnent le territoire scientifique d'Air Liquide et sont au cœur du métier du groupe depuis sa création en 1902.

Air Liquide maîtrise la cryogénie depuis sa création en 1902. Ces techniques de refroidissement sont alors utilisées pour réfrigérer l'air liquide pour produire de l'oxygène : le début d'une formidable aventure scientifique et d'une longue série d'inventions. Au fil des années, Air Liquide n'a jamais cessé de développer des solutions cryogéniques pour ses clients : le Groupe est spécialisé dans l'ensemble de la chaîne de cryogénie industrielle, de l'approvisionnement en gaz liquide à la conception et la fabrication d'équipements cryogéniques. Partenaire historique du programme spatial, Air Liquide a développé une expertise unique en matière de cryogénie spatiale qui lui permet d'accompagner le programme Ariane dans toutes les phases de développement des lanceurs. Air Liquide participe également aux grands projets

scientifiques internationaux qui dessinent notre futur, et contribue au développement des solutions énergétiques de demain.

C'est tout naturellement qu'Air Liquide a décidé d'être partenaire d'Universcience dans le cadre de l'exposition "Froid" pour permettre aux visiteurs de découvrir les multiples applications du froid.

Climalife, groupe Dehon

Depuis plus d'un siècle, Climalife est le spécialiste européen des fluides frigorigènes pour les métiers du froid et de la climatisation. Son dynamisme et ses engagements en matière de qualité et de protection de l'environnement lui ont aussi permis d'acquérir une expertise de pointe dans les domaines du chauffage et des énergies renouvelables.

Formulateur de solutions innovantes et durables pour les systèmes thermiques, Climalife partage au quotidien son savoir-faire sur les marchés de l'industrie, du commerce (grandes surfaces, commerces de proximité, ...), de l'habitat individuel et collectif, et du tertiaire (bureaux, hôpitaux, aéroports, ...). Pour accompagner les professionnels du froid dans le choix du fluide le plus adapté à leurs attentes et le plus efficace énergétiquement, plus de 250 collaborateurs proposent des produits et services dans le monde entier grâce à un réseau de distribution international formé de filiales et de représentants dans une quinzaine de pays. Des services novateurs développés pour la sécurité et l'environnement, des informations techniques et réglementaires régulières, ainsi que des outils performants complètent l'offre globale. Acteur historique et incontournable dans le domaine de l'industrie du froid, Climalife a naturellement décidé de soutenir cette initiative de la Cité des sciences et de l'industrie qui vise à valoriser et démocratiser cet univers ainsi que ses multiples applications et bénéfices pour notre société.

Darégal

Depuis 130 ans, Darégal, cultive et commercialise une large gamme d'herbes aromatiques en préservant leurs aspects visuels, leurs notes olfactives et leurs puissances gustatives. Grâce à une offre 100 % Nature à destination des industriels, des restaurateurs et du grand public, cette entreprise familiale est devenue au fil des générations leader mondial.

L'utilisation des herbes aromatiques est de plus en plus prisée des consommateurs "cordons bleus" pour apporter la touche gustative et originale à leurs plats. Ils privilégient le naturel tout en exigeant qualité, praticité et sécurité. Prêtes à l'emploi et 100 % naturelles, les herbes aromatiques surgelées Darégal sont conditionnées dans leur célèbre petite boîte refermable.

Entreprise innovante, Darégal n'a cessé de préserver et d'améliorer la restitution des propriétés gustatives naturelles des herbes aromatiques. À date, la surgélation est la meilleure technologie pour préserver l'authenticité de leurs goûts et ainsi offrir aux consommateurs le meilleur de la nature, créateur de sensations, de plaisirs et d'émotions.

Darégal est fier de s'associer à l'exposition "Froid", témoignage des enjeux d'aujourd'hui et riche de nombreuses perspectives technologiques pour notre futur.



Espace des sciences Pierre-Gilles de Gennes (ESPGG)

Passerelle entre la cité et le monde scientifique imaginée en 1994 par Pierre-Gilles de Gennes, l'Espace des sciences, rebaptisé Espace des Sciences Pierre-Gilles de Gennes (ESPGG) en juin 2007, est l'espace grand public de l'ESPCI Paris et de PSL. Entre espace d'animation grand public et laboratoire d'innovation pour la médiation scientifique, il se situe à l'interface entre science, culture, art et société. Il constitue

un lieu ouvert pour favoriser les échanges, les rencontres et les réflexions communes entre chercheurs, enseignants, journalistes, artistes, narrateurs, curieux des sciences et des cultures.

Les objectifs de l'Espace des Sciences Pierre-Gilles de Gennes consistent essentiellement en la mise en culture des recherches menées à l'ESPCI Paris et de PSL, ainsi qu'en leur mise en perspective du point de vue des relations science-technologie-société.

Exposition "Le livre le plus froid du monde"

Du 14 novembre au 23 décembre à l'Espace des Sciences Pierre-Gilles de Gennes L'illustratrice Marjorie Garry de l'École Estienne et le chercheur Julien Bobroff de l'équipe "la Physique Autrement" (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud et CNRS) sont parvenus à créer "Le livre le plus froid du monde" (à -196 °C). L'ESPGG expose la réalisation de ce projet qui explore la physique du froid et ses grands découvreurs. À mi-chemin entre cuve à expériences, livre scientifique et recueil d'images, "Le livre le plus froid du monde" mêle l'art et la science en toute subtilité.

AVEC LE SOUTIEN DE



**30, avenue Corentin-Cariou
75019 Paris**

(M) Porte de la Villette

(BUS) 139,150, 152 (T) T3b

**Ouvert tous les jours, sauf le lundi :
de 10h à 18h et le dimanche de 10h à 19h**

- **Plein tarif : 12e€**
- **Tarif réduit : 9e**
(+ de 65 ans, enseignant.e.s, – de 25 ans,
familles nombreuses et étudiant.e.s)
- **Le billet inclut l'Argonaute et le planétarium.**
- **Gratuit pour les – de 2 ans, les demandeur.euse.s d'emploi**
et les bénéficiaires des minimas sociaux,
les personnes en situation de handicap et
accompagnateur.trice

cite-sciences.fr

#Froid

