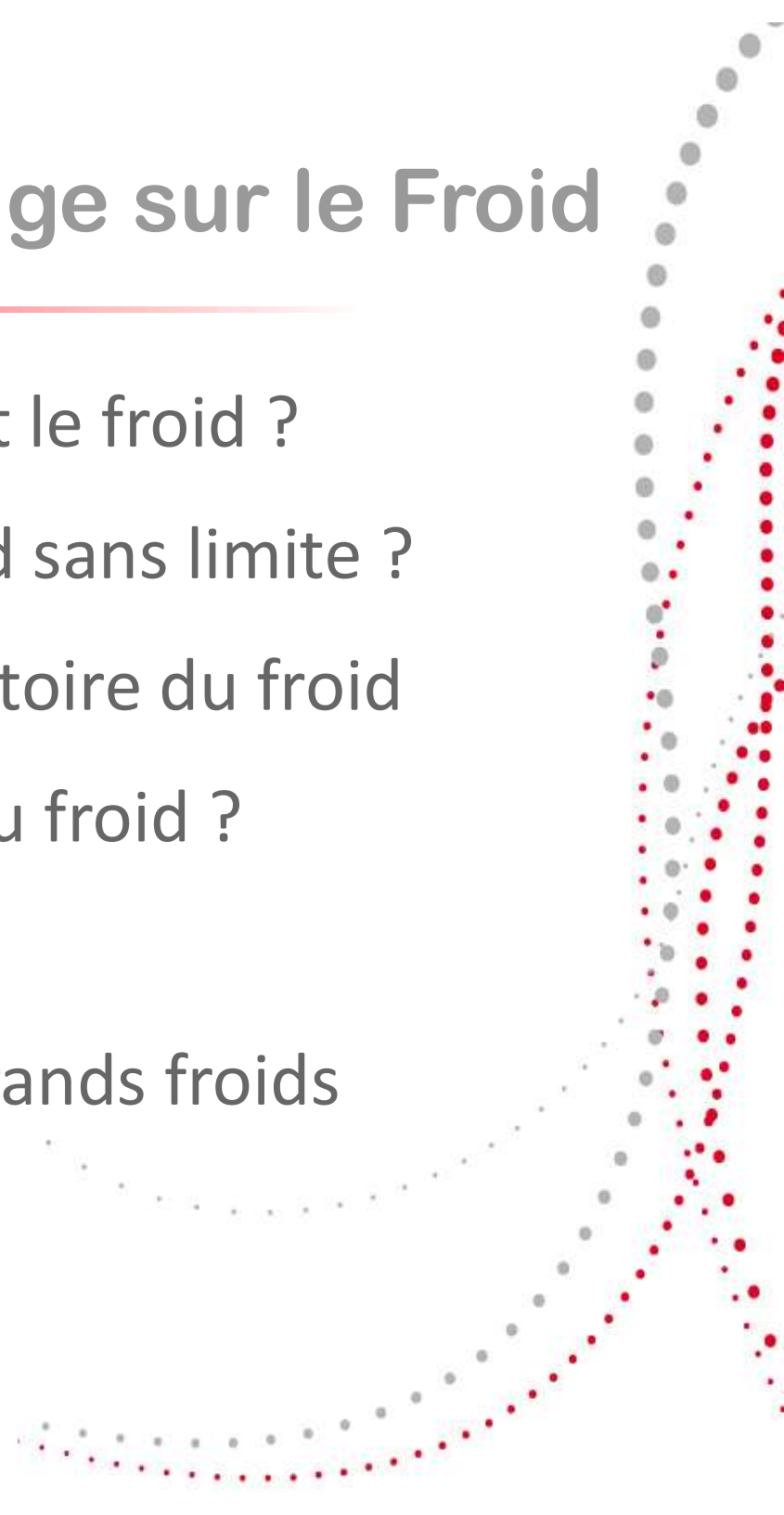


Une histoire de Froid



Contenu de cet échange sur le Froid

- Comment nos ancêtres voyaient le froid ?
- Peut-il faire de plus en plus froid sans limite ?
- Les étapes principales dans l'histoire du froid
- Comment a-t-on pu fabriquer du froid ?
- A la recherche du graal
- Les applications actuelles des grands froids



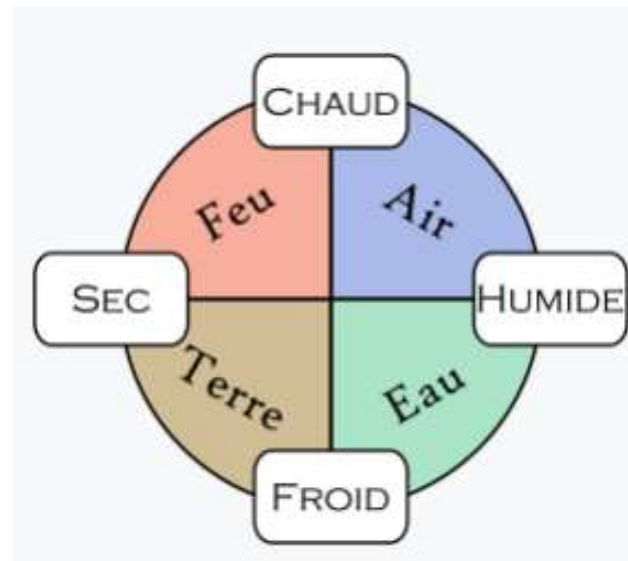
Nos ancêtres et le froid

- D'après vous, pour nos ancêtres éloignés, le froid c'était quoi ?
 - Jusqu'au 16eme siècle !



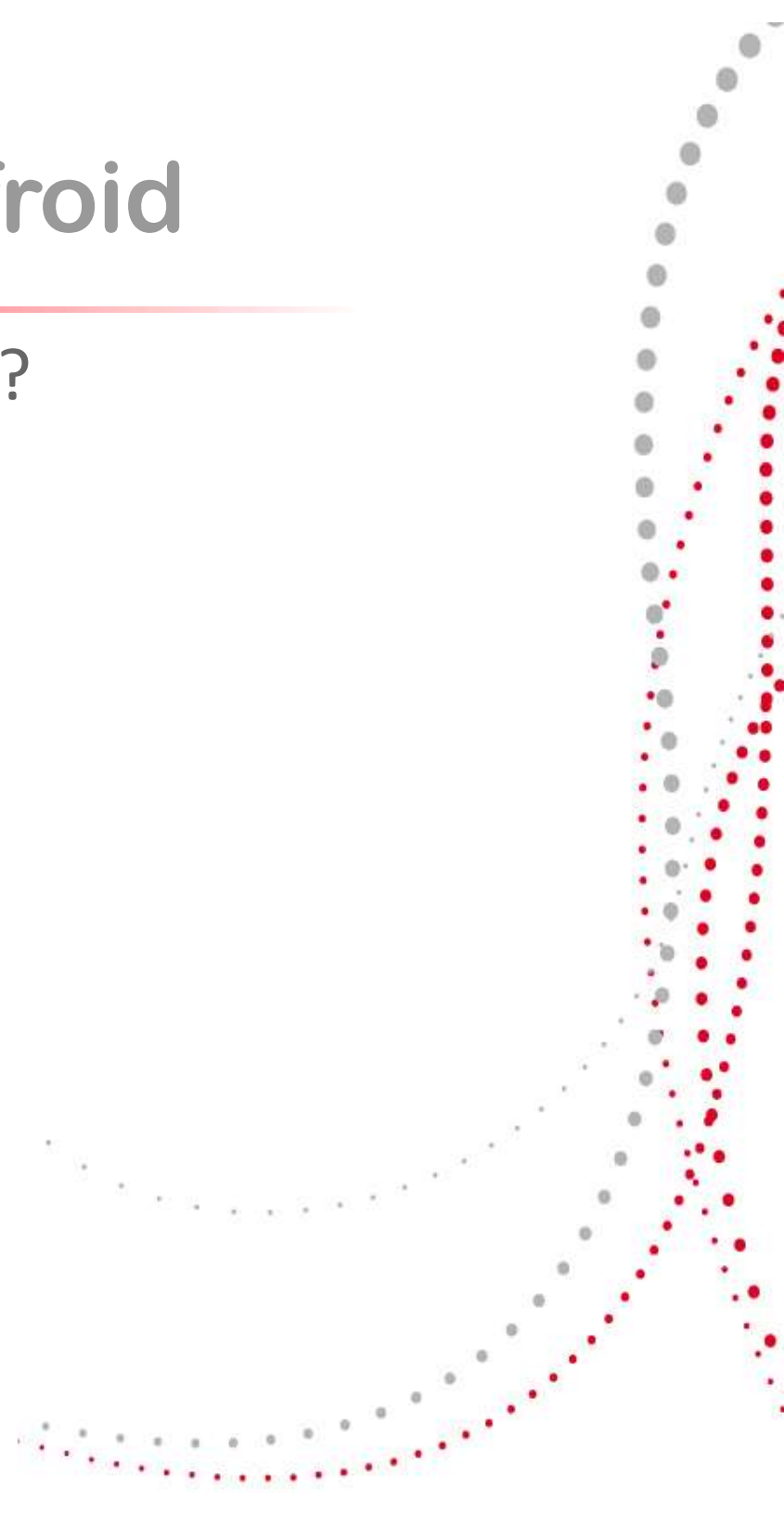
Nos ancêtres et le froid

- Nos ancêtres pensaient que le froid était une substance, qui pénétrait la matière pour la transformer.
- Pour Aristote (350 avant JC), le froid était un état des choses fondamentales



Nos ancêtres et le froid

- D'après vous, le froid, c'était utile ?



Nos ancêtres et le froid

- Oui ! Pour conserver par exemple les aliments quand il fait chaud !
 - En Iran, en 6eme siècle avant JC, on construisait des « yakhtchal », sorte de glacière, pour conserver en été les produits fragiles !

Yakhtchal en Iran (Perse)

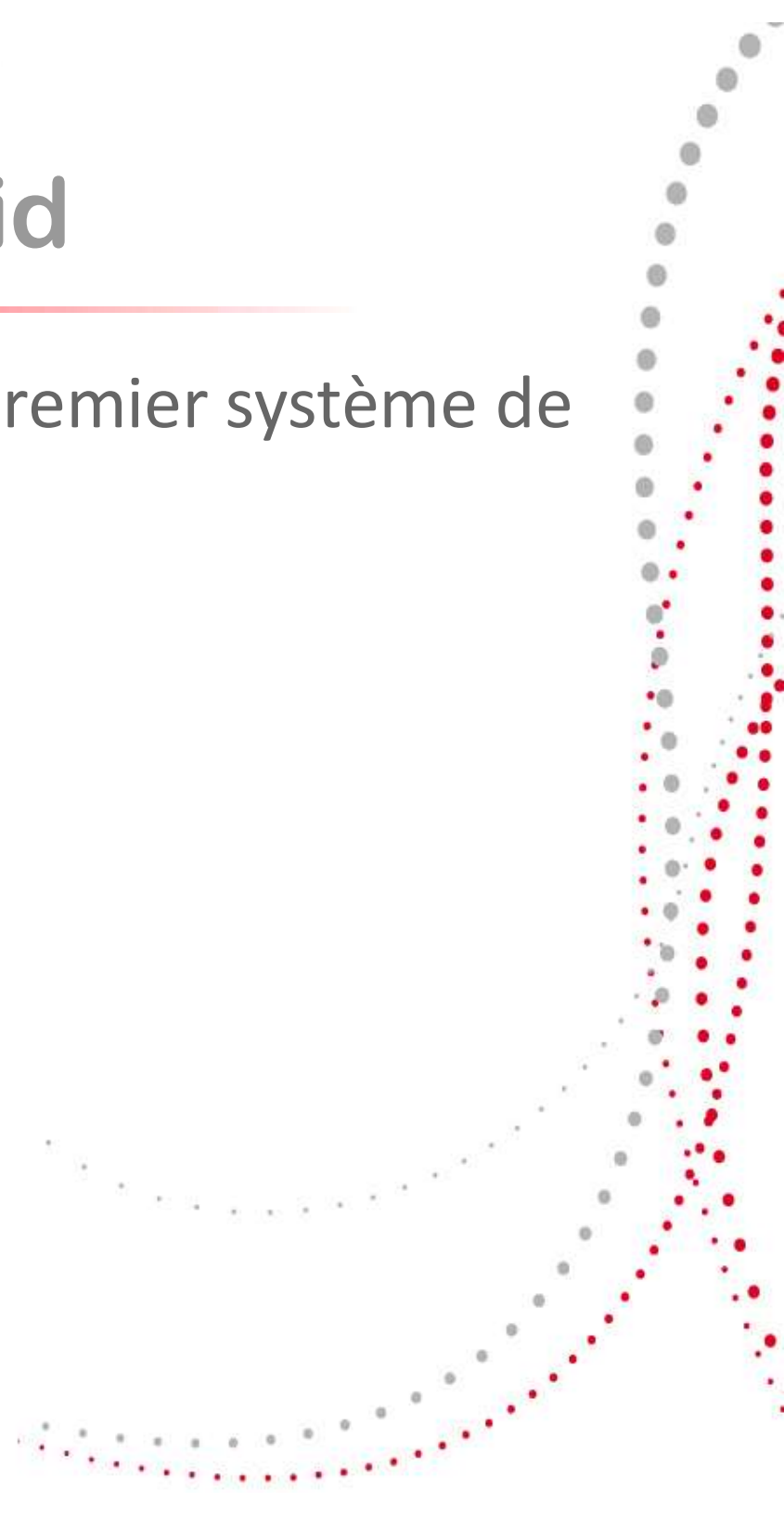


Glacière en France



Nos ancêtres et le froid

- D'après vous, de quand date le premier système de « climatisation » ?



Nos ancêtres et le froid

- 1620 !!!!
 - Le Physicien Hollandais Cornelis Drebbel arrive à refroidir le palais de Westminster pour le roi Jacques 1^{er} !

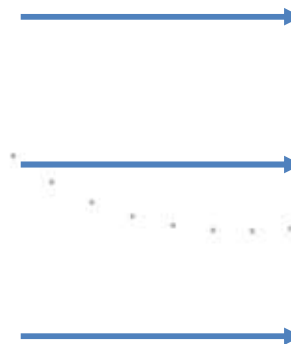
Des centaines de
containers en verre remplis
de glace et de sel

Ajouter du sel sur de la
glace permet de
descendre à -19° , le
point de fusion de la
glace est abaissé
fortement.

Air chaud



Air refroidi



Salle du Palais
de
Westminster



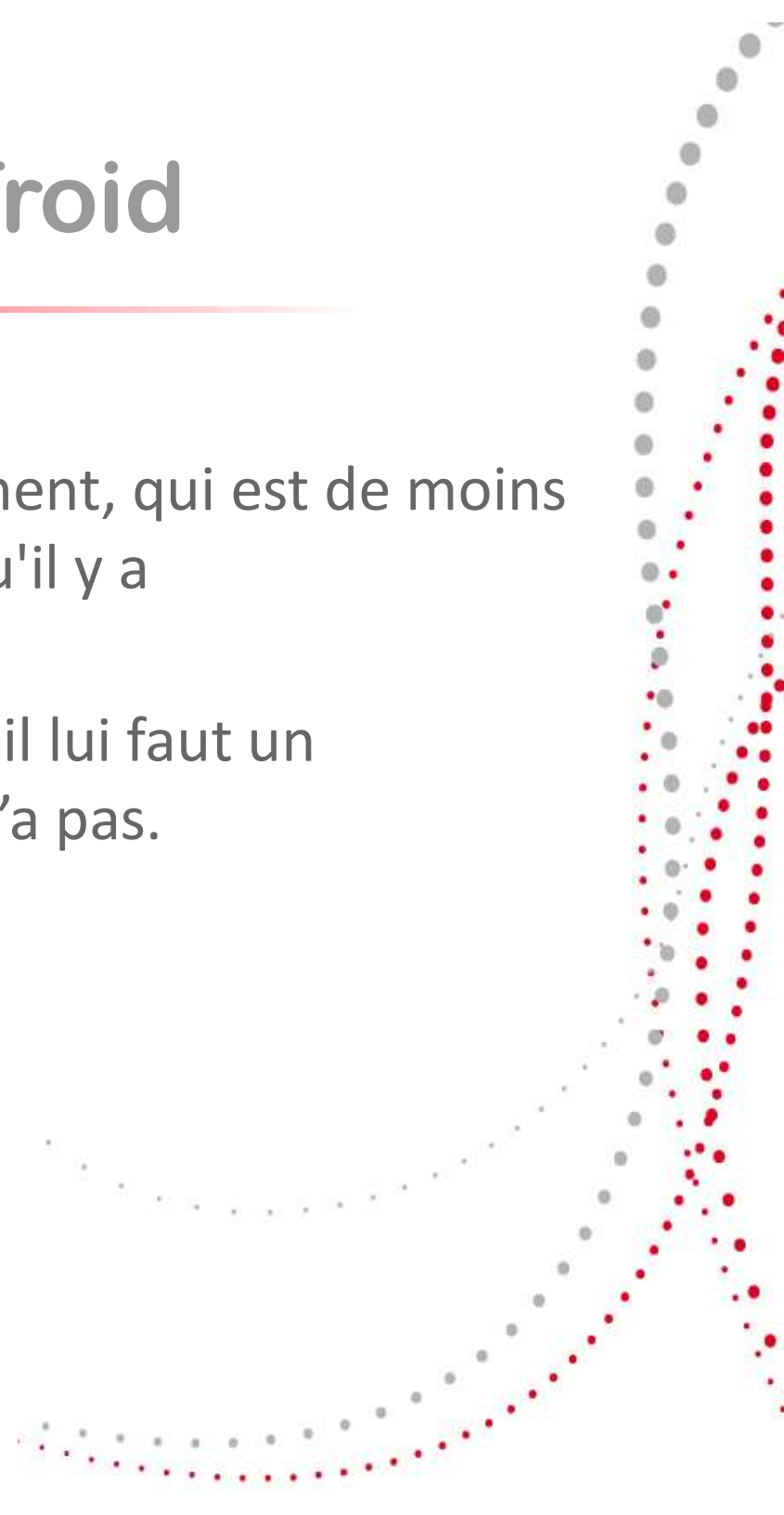
Nos ancêtres et le froid

- En 1650, un physicien, Robert Boyle, tente de prouver que le froid n'est pas une substance :
 - Un hiver, Il pèse un tonneau d'eau
 - Il laisse ce tonneau geler la nuit
 - Le matin, il pèse de nouveau.
 - ~ Résultat : aucune modification de poids !!
 - Il en conclut que le froid n'est pas une substance, et propose
 - ~ Devinette : D'après-vous, quelle est la proposition de Robert Boyle ?



Nos ancêtres et le froid

- Robert Boyle propose que
 - La chaleur est une forme de mouvement, qui est de moins en moins actif au fur et à mesure qu'il y a refroidissement...
 - Mais, pour aller beaucoup plus loin il lui faut un instrument de mesure précis qu'il n'a pas.
 - Quel est cet instrument ?



Nos ancêtres et le froid

- Le thermomètre !!!

- Au 17ème et 18ème siècle, les verriers de Venise commencent à fabriquer des thermomètres à alcool précis..

En 1742, **Anders Celsius** propose une échelle pour se retrouver :

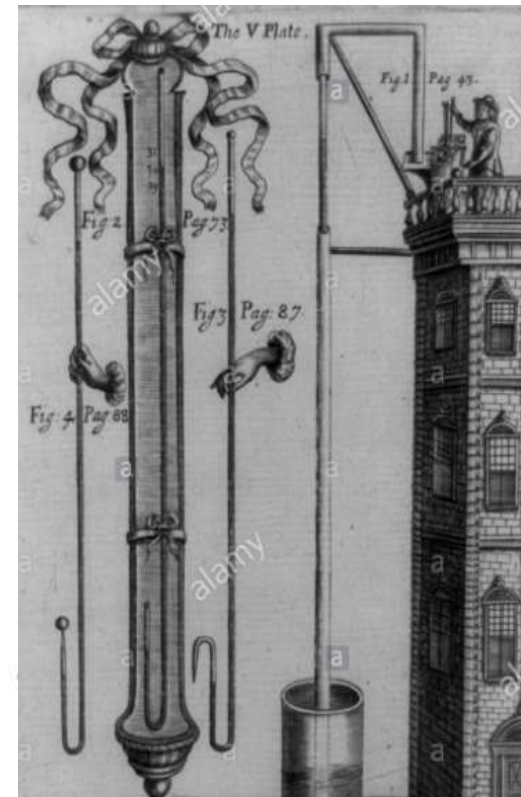
Un point bas : la température de l'eau qui gèle.

Un point haut : la température de l'eau qui bout.

Il divise ces deux points par 100, et on obtient la référence que tout le monde, en Europe, connaît le degré Celsius.

Il fait 25°C, allons à la plage !!

- D'après-vous, le degré Celsius est-il la seule référence pour mesurer une température, froide, chaude ?
 - Connaissez-vous d'autres « sortes » de degrés ?



La prise de conscience du froid

- Oui !

- Aux Etats Unis, on utilise le degré Fahrenheit.

- ~ En 1724, Gabriel Fahrenheit propose un autre référence, toujours très utilisée aux USA :

- Le degré Fahrenheit

- ~ Calculer un degré Fahrenheit à partir d'un degré Celsius :

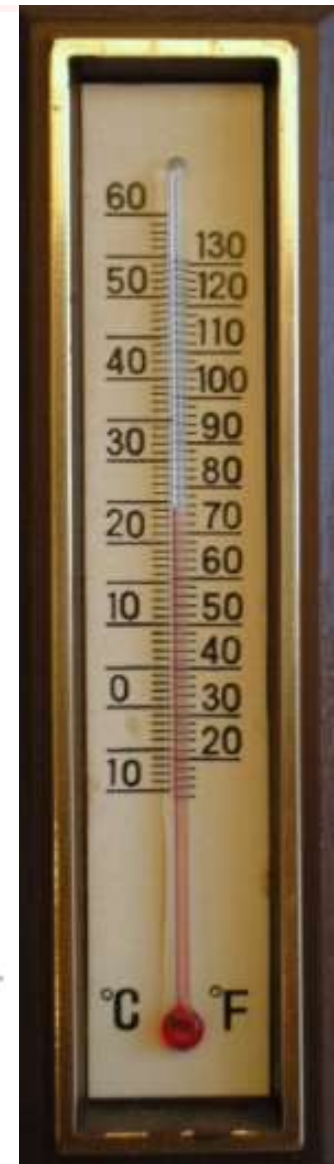
$$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5}T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

- ~ Ou, plus simplement :

- Degré F = (Degré C * 1,8) + 32

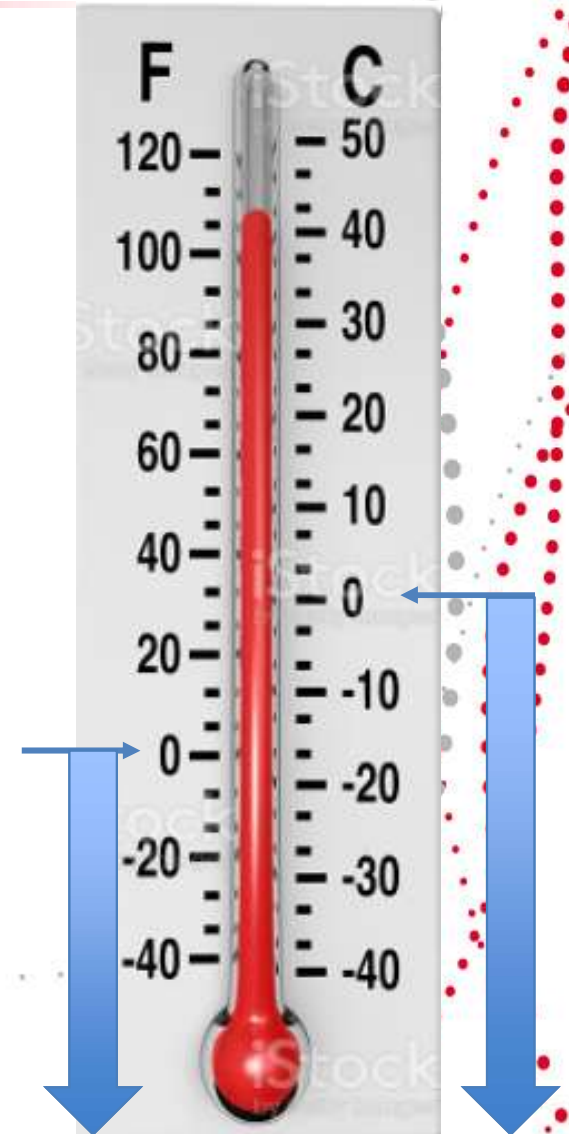
- ~ Et passer d'un degré Fahrenheit au degré Celsius :

- Degré C = (Degré F – 32) / 1,8



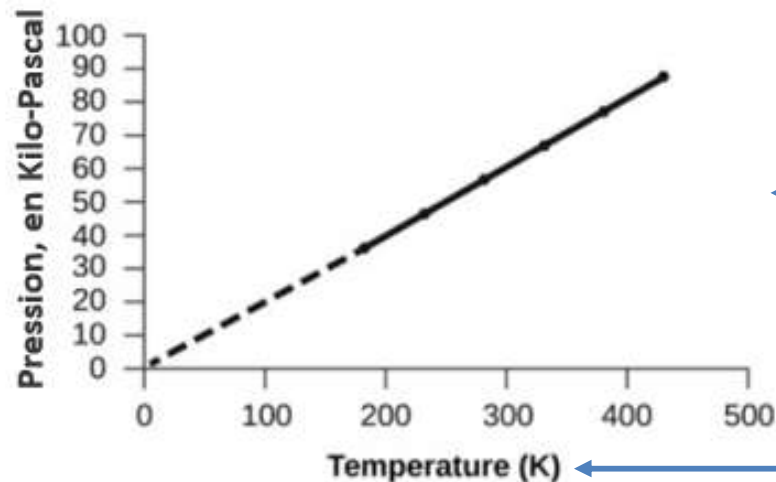
La prise de conscience du froid

- Sur ce vrai thermomètre, on peut voir que le zéro Celsius est beaucoup plus « chaud » que le degré Fahrenheit.
- On voit, à droite, qu'il y a des valeurs négatives au dessous des deux zéro (Fahrenheit et Celsius)
- Question :
 - Autant, on peut augmenter en température sans limite, mais..
 - Peut-on descendre sans limite ??



Peut-on refroidir sans limite ?

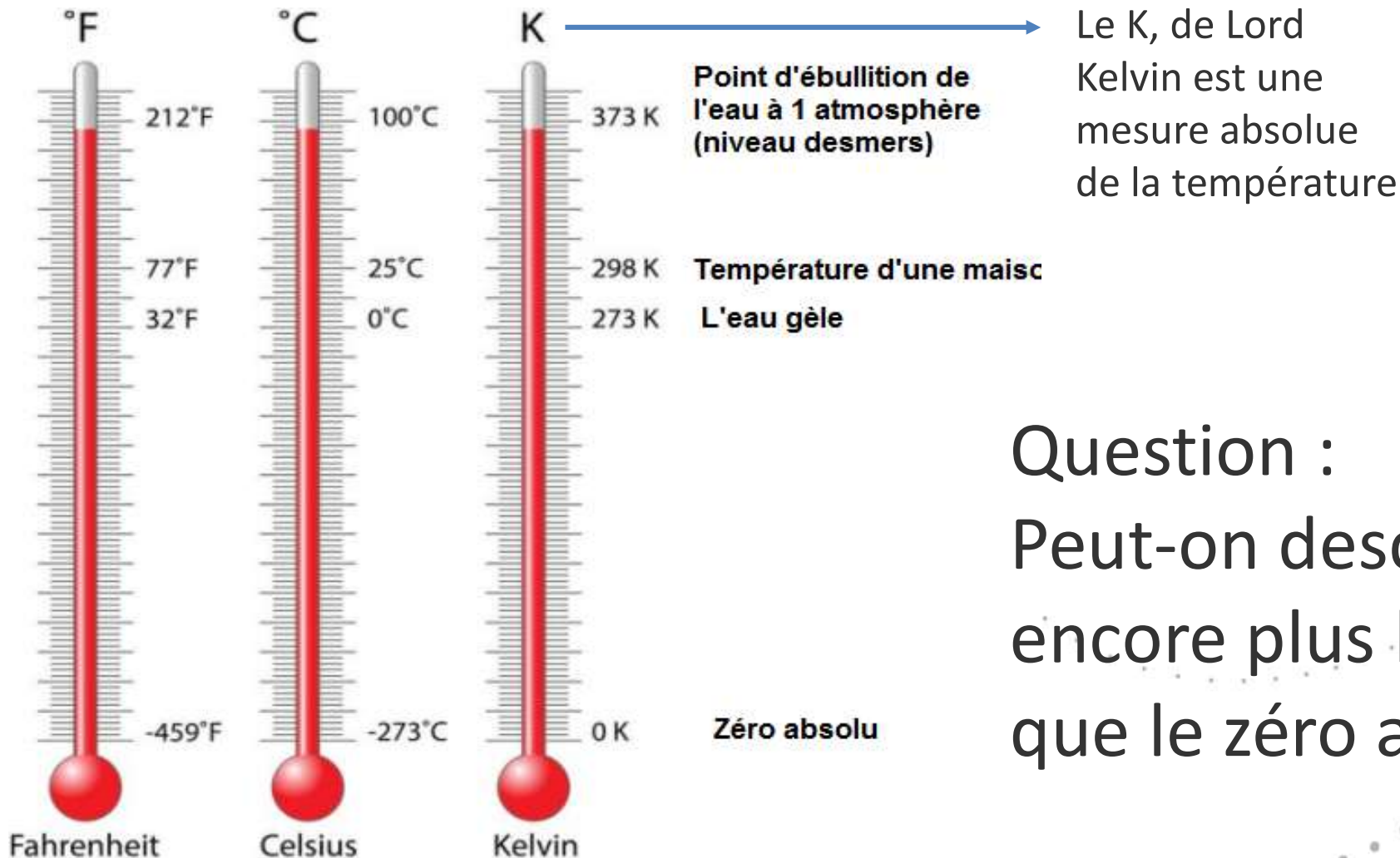
- C'est une question que s'est posée, à la fin du 17^{ème} siècle, le Français Guillaume Amontons.
 - Il découvre qu'en refroidissant un volume d'air, sa pression (la force qu'il exerce sur les parois du conteneur) , diminue.
 - Il se pose cette question :
 - ~ Si la pression tombait à zéro, qu'en serait-il de la température ?
 - Il établit ainsi une relation entre la pression et la température.
 - Ainsi, Amontons propose l'idée d'un « zéro absolu », où, tout, finalement, serait chaud au dessus de cette valeur.



Sur ce schéma, le « zéro »
des températures
correspond à quoi ?
Que veut dire le K ?

Peut-on refroidir sans limite ?

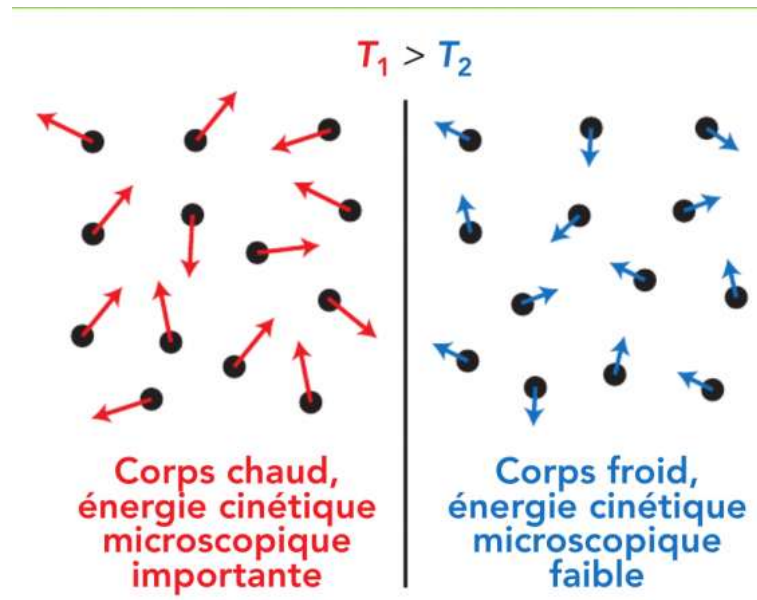
- On a donné le nom de Kelvin (Physicien anglais), la référence absolue de la mesure des températures



Question :
Peut-on descendre
encore plus bas
que le zéro absolu ?

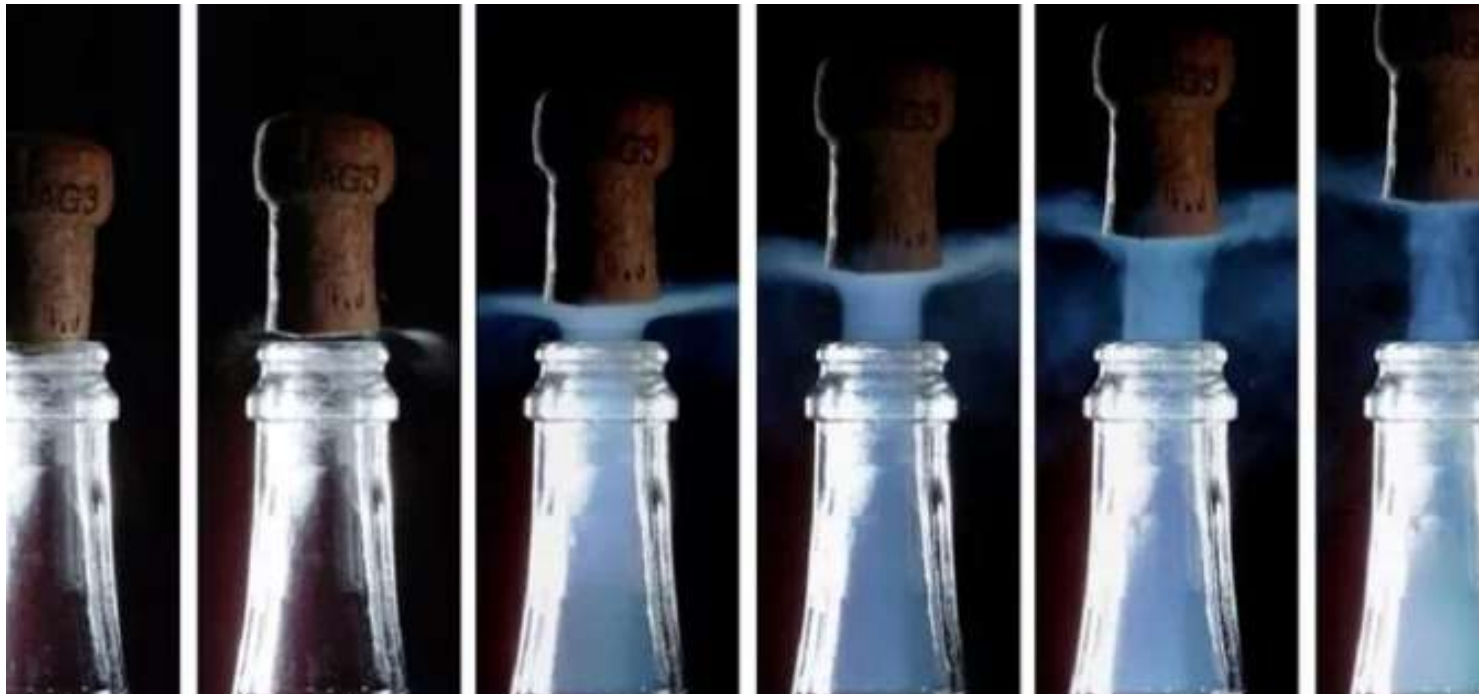
Peut-on refroidir sans limite ?

- Pour les physiciens, on ne peut pas descendre en dessous du zéro absolu ($-273,15^{\circ}$ Celsius, ou 0 degré Kelvin) car, cela correspondrait à une **immobilité totale des atomes**.
- Ainsi, moins les atomes sont agités, plus leur température baisse.



Créer du froid, expériences chez soi

- On se rappelle que Guillaume Amontons avait trouvé une relation entre pression et température.
- Expérience de la bouteille de champagne qu'on ouvre :
 - Avez-vous déjà observé le nuage blanc qui apparaît sur le goulot de la bouteille de champagne que l'on ouvre ?
 - D'après-vous, que se passe-t-il ci-dessous ?



Créer du froid, expériences chez soi

- Lorsque l'on ouvre une bouteille de champagne (ou autre vin effervescent !) :
 - Le gaz (CO_2) dans le col de la bouteilles est très comprimé.
 - A l'ouverture, le gaz se détend très rapidement (la pression chute), le CO_2 sous forme gazeuse gèle, provoquant cette « neige ».
- Prenons une bouteille de champagne stockée à température ambiante (20°C), ouvrons la.
 - D'après-vous, quelle est la température au niveau du col lorsque le nuage se forme ???

Louv'Science

Créer du froid, expériences chez soi

- -90 ° C !!!!!

- Le CO₂ gèle à -78° !

- Et l'humidité présente dans l'air à 0° !



Le CO₂ refroidit l'air

↳ L'air se condense ...

↳ D'où le « nuage blanc »

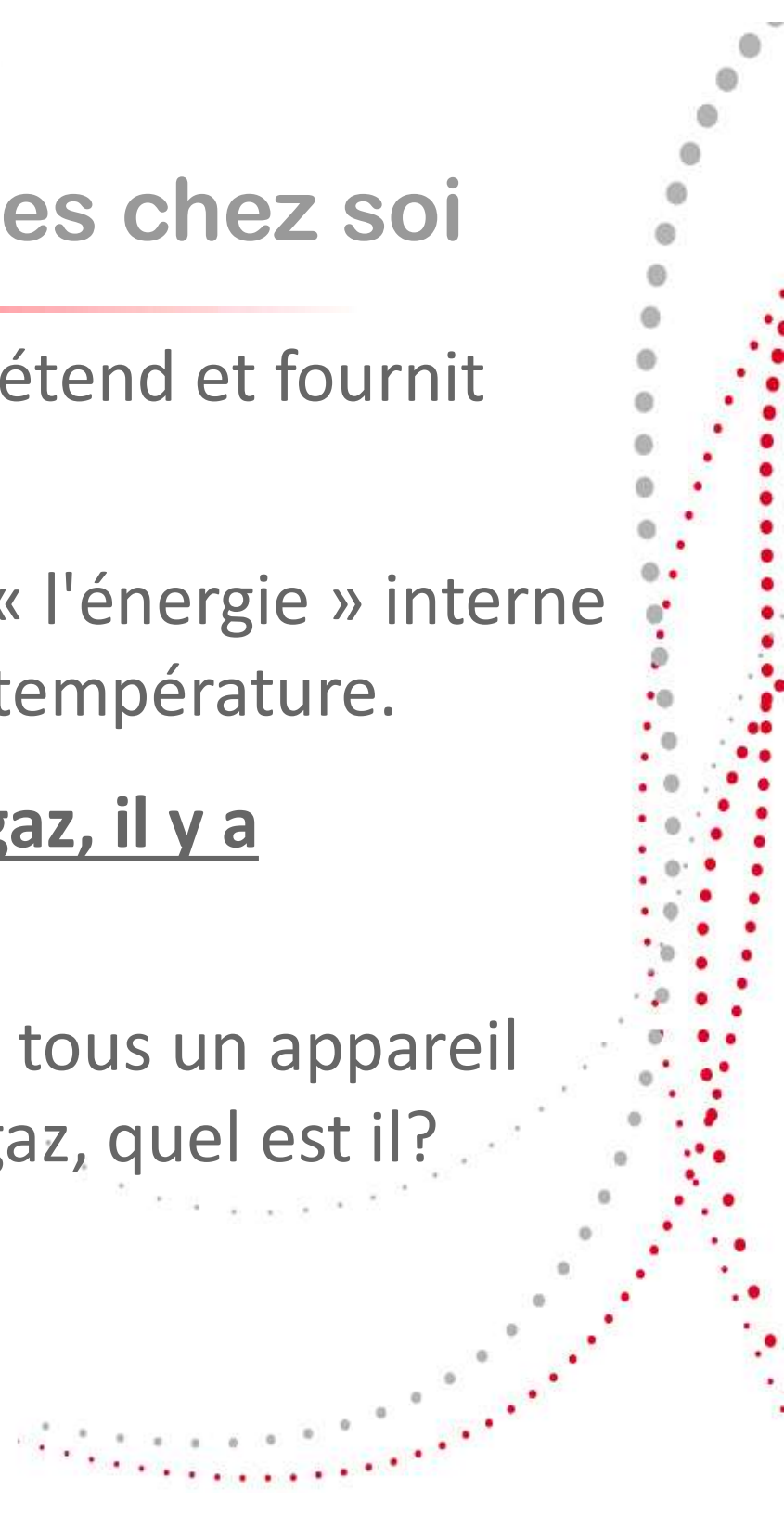
Créer du froid, expérience chez soi

- Autre expérience (Demandez aux parents !!) :
 - Prenez une bombe de laque par exemple, et appuyez commencez à la vider
 - Que remarquez-vous pour la température de la bombe ?

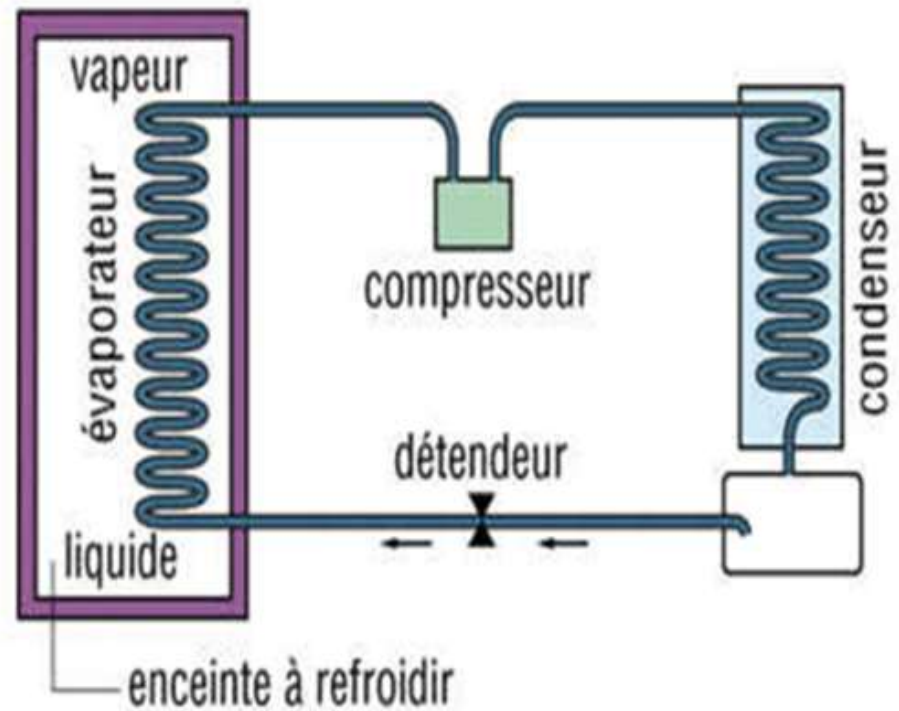
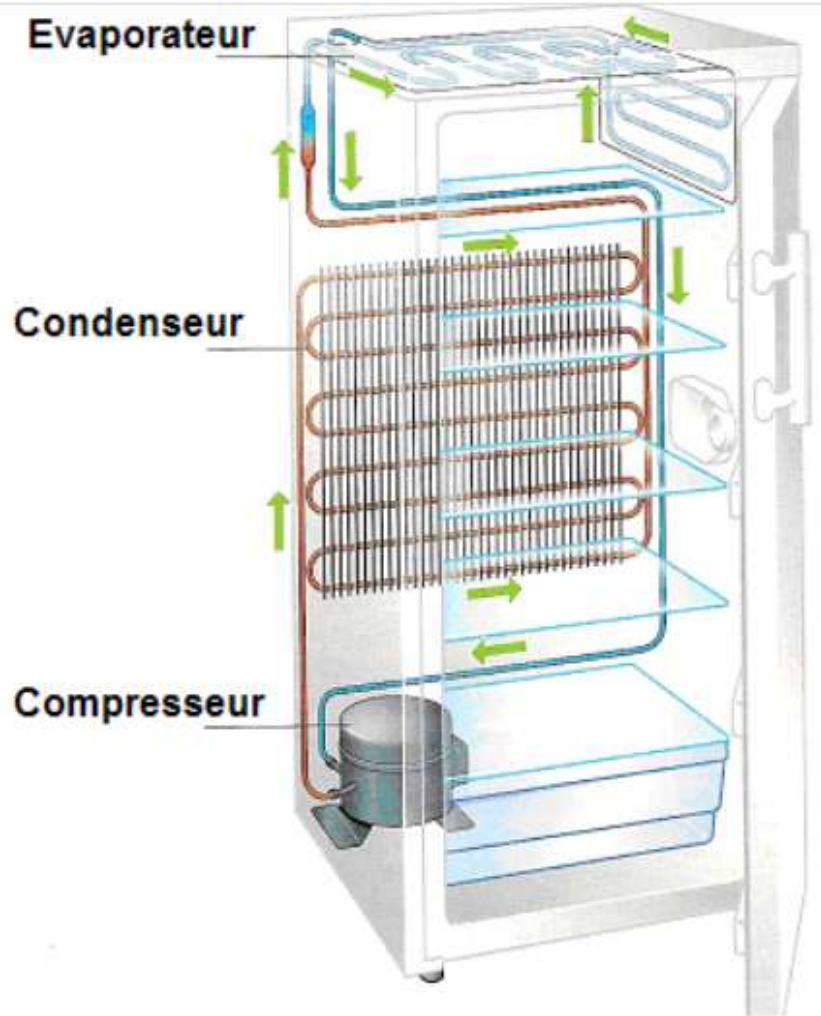


Créer du froid, expériences chez soi

- La bombe refroidit car le gaz se détend et fournit « un travail » en « poussant ».
- Fournissant un travail, il perd de « l'énergie » interne qui est justement mesuré par sa température.
- Ainsi, lorsqu'il y a détente d'un gaz, il y a refroidissement.
- Chez vous, vous avez assurément tous un appareil qui n'arrête pas de détendre un gaz, quel est il?



Le réfrigérateur !! Le congélateur !



Petit retour sur l'histoire du froid

- La conquête des grands froids a été une grande bataille que se sont livrés beaucoup de scientifiques.
- Faraday, qui, en 1823, découvre par hasard que la décompression soudaine du gaz ammoniac crée un grand froid.
- Les -130°C sont atteints au milieu du 19ème siècle
- **A partir de 1880, on vend plus de froid fabriqué que de froid naturel**
 - Qui était extrait des lacs gelés et envoyés dans les pays chauds

Petit retour sur l'histoire du froid

- En 1877, le Français Louis Paul Cailletet liquéfie l'oxygène à -182°C
- Puis il liquéfie l'azote, à -196°C
- En 1898, James Dewar liquéfie l'hydrogène, à -250°
- James Dewar croit alors que le dernier gaz vient d'être liquéfié (Hydrogène), mais on découvre à l'époque un nouveau gaz qui se liquéfie à 5° au dessus du zéro absolu, donc encore plus froid
- Quel est ce gaz, très très rare sur terre, mais très présent dans le soleil ???

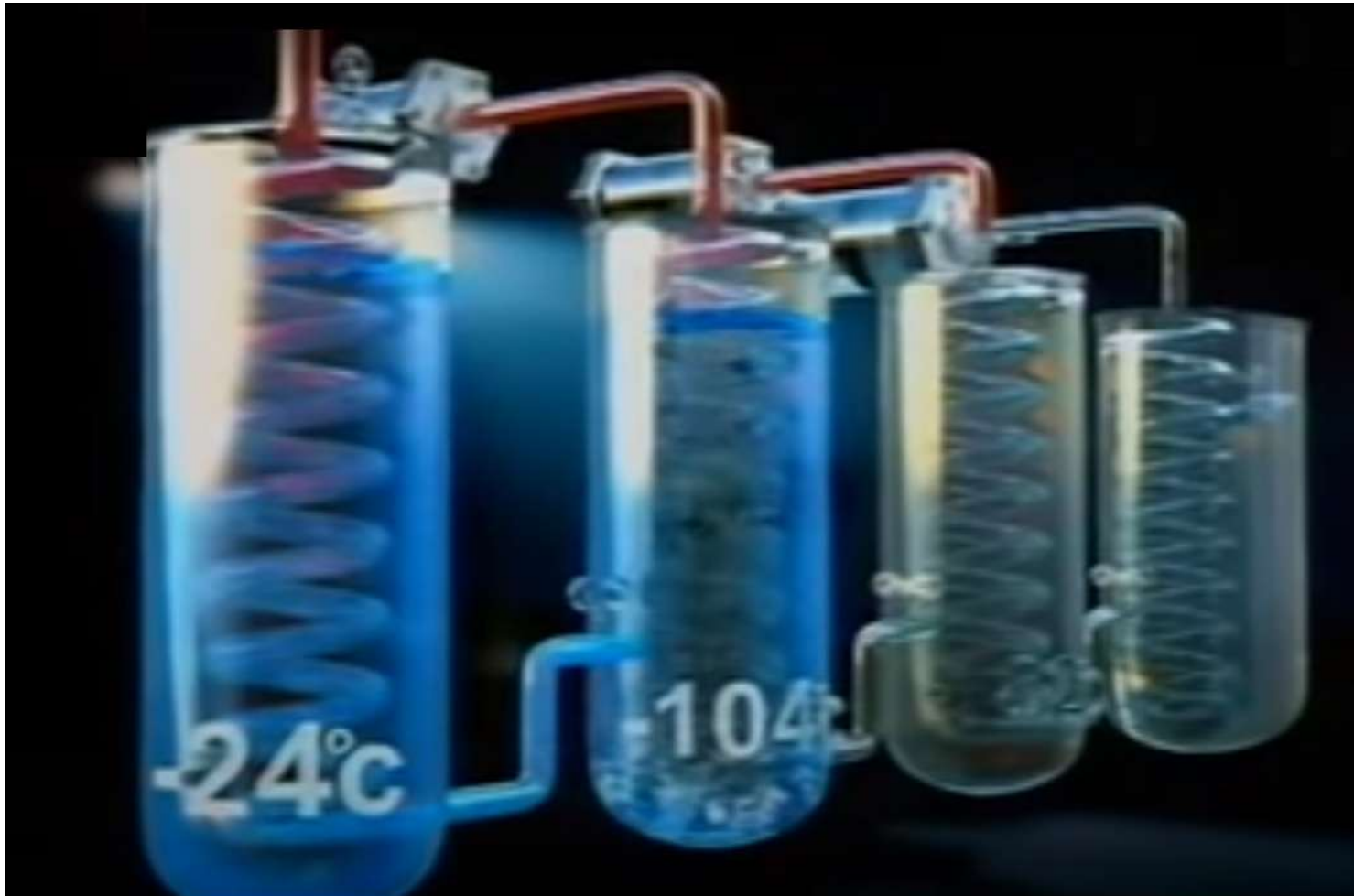
Petit retour sur l'histoire du froid

- L'hélium !
- Il est liquéfié par en 1908 par Kamerlingh Onnes, à -268°C , soit 5° au dessus du zéro absolu
- Mais comment a-t-on pu descendre à ces températures aussi basses ?



Petit retour sur l'histoire du froid

- L'idée est de descendre en température par étape en utilisant plusieurs gaz en cascade qui se liquéfient à des températures de plus en plus froides.

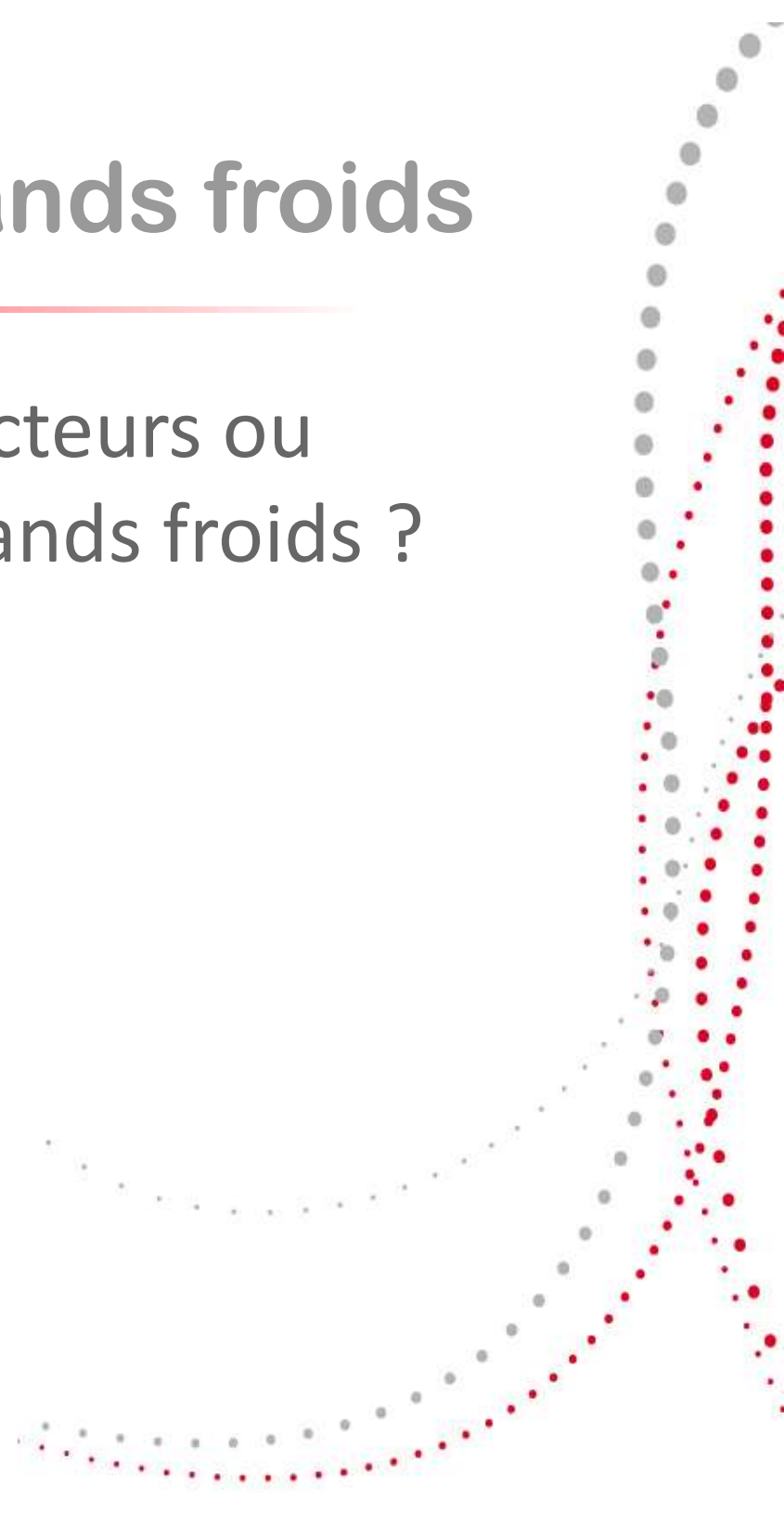


Comment obtenir de tels froids ?

- 1 On comprime un 1er gaz, on le détend, dans un serpentin réfrigéré, il se liquéfie, et devient très froid
- 2 Ce gaz liquéfié pénètre dans un autre vase, il sert alors de réfrigérant à un 2eme gaz.
- 3 On comprime alors ce deuxième gaz et on le détend dans le serpentin réfrigéré.
- Ce 2eme gaz se liquéfie alors et tombe à une température encore plus basse.
- Ce deuxième gaz liquide refroidit alors le gaz suivant, qui est comprimé puis détendu, et tombe encore à une température plus basse.
 - Et on arrive à l'hélium liquide, qui est impossible, lui, de rendre solide, même en s'approchant encore plus du zéro absolu.

L'utilisation des grands froids

- D'après-vous, dans quels secteurs ou domaines utilise-t-on les grands froids ?



L'utilisation des grands froids

- On utilise le froid pour la conservation des aliments
 - Des mammouths vieux de 50000 ans ont été retrouvés dans le permafrost, avec leurs organes !
 - C'est bien que le froid conserve !



L'utilisation des grands froids

- Pour l'alimentaire
 - La congélation
 - ~ Passage des aliments à -18° pour conserver nos aliments
 - On le fait tous les jours !
 - La surgélation
 - ~ Passage à -50° afin que le cœur du produit passe à -18° en une heure
 - Utilisé dans l'industrie alimentaire



L'utilisation des grands froids

- Domaine médical (La cryothérapie) :
 - Par exemple, pour brûler des verrues!
 - ~ A l'azote liquide (-196°C)
 - ~ Au protoxyde d'azote (-89°), c'est le gaz que l'on trouve dans les petites bombes en pharmacie !



- Avec l'azote liquide (-196°) :



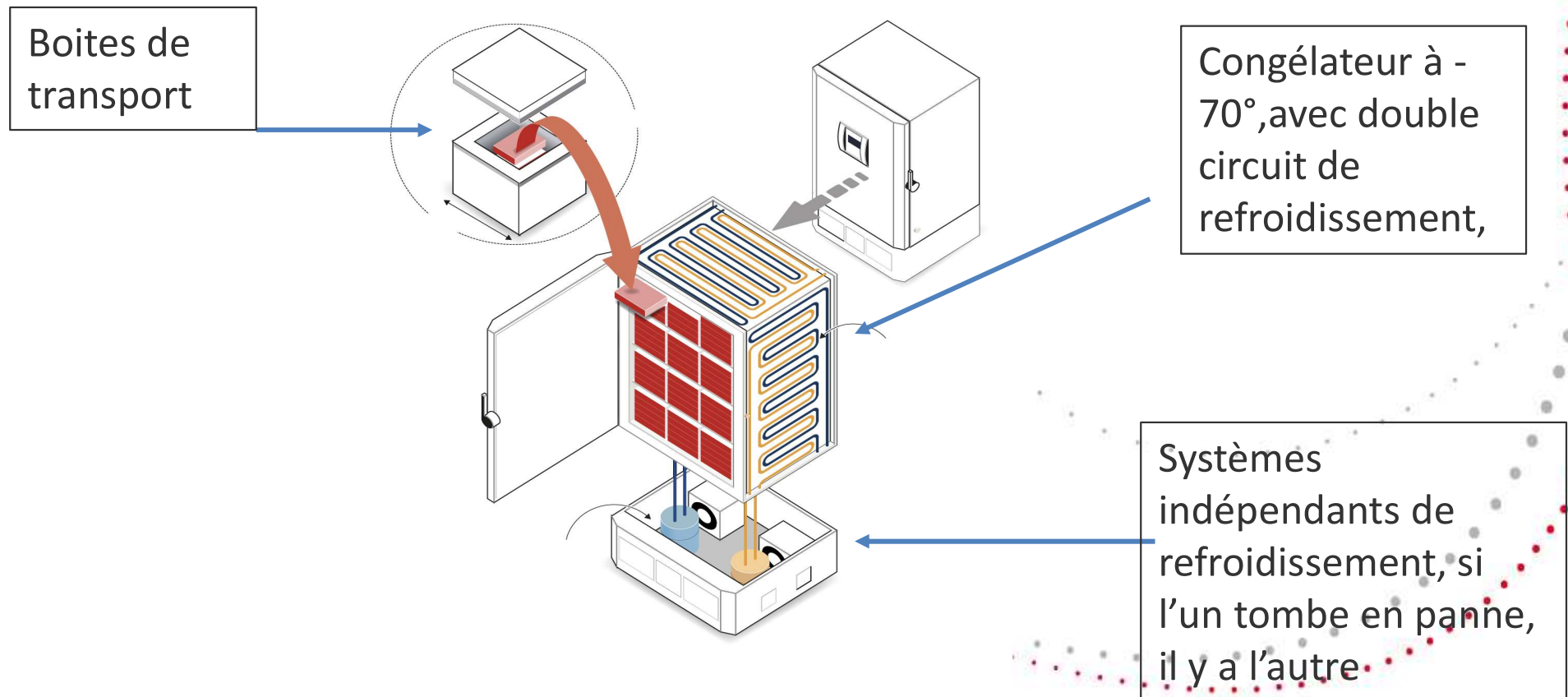
- Pour brûler certains cancers
- Pour conserver des tissus, ovules, embryons, moelle osseuse, etc..

Mais il faut, pour chaque tissu, descendre en température à des vitesses différentes, alors c'est impossible de conserver intact un corps entier !!!



L'utilisation des grands froids

- Médical :
 - Pour la conservation des vaccins, dont ceux contre le COVID !!

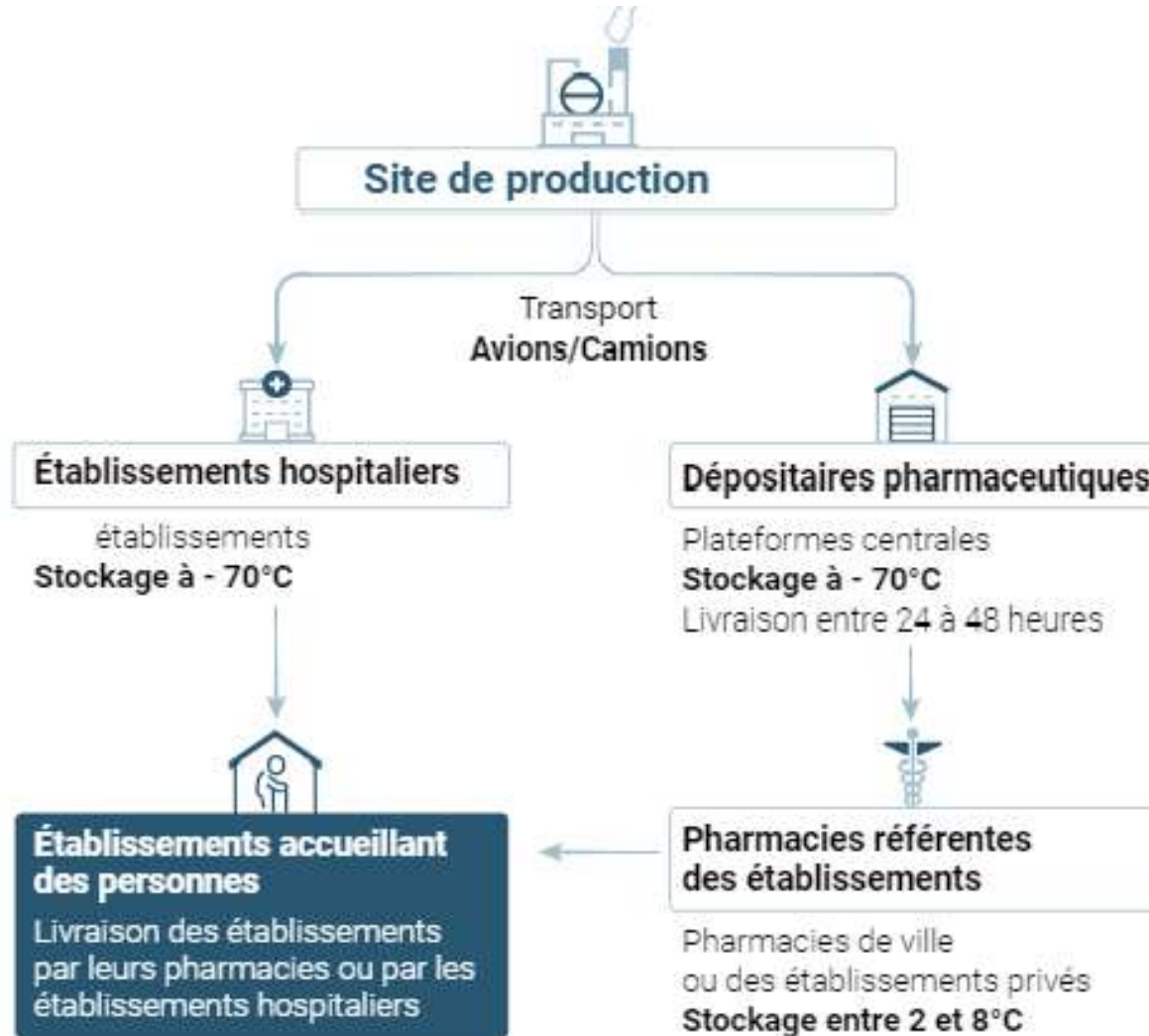


L'utilisation des grands froids

- Médical : respect de la chaîne du froid
 - Il est nécessaire de conserver ces températures à -70° pendant les transports et le stockage.
 - Ainsi, il est ajouté dans les boîtes contenant les fioles de vaccin, du CO₂ décomprimé, donc très froid, qui se transforme en blocs solides très froids. On choisit ce gaz, car il passe de l'état solide à gazeux directement, sans passer par l'état liquide, qui pourrait endommager les vaccins.
 - Chaque boîte de vaccin affiche sa température interne avec une alarme si la température limite est dépassée

L'utilisation des grands froids

- La chaîne du froid dans le domaine du vaccin



Utilisation des grands froids

- Médical : L'hélium liquide (-279°C , ou un peu plus de 4° Kelvin) est utilisé dans les IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), qui permet d'étudier finement l'intérieur du corps.
- La particularité de l'hélium liquide est qu'il n'oppose plus aucune résistance au passage d'un courant électrique, il devient « supraconducteur ».
- Cette caractéristique est utilisée dans les électro-aimants des IRM.



Utilisation des grands froids

- Pour les travaux publics :
 - Pour creuser des tunnels sous les fleuves par exemple !
 - ~ On congèle les sols et on peut travailler !
 - ~ Souvent, avec de l'azote liquide !



Utilisation des grands froids

- Au final, presque tous les secteurs de l'industrie utilisent les grands froids.
- Vous en connaissez d'autres ?



Merci !!!

