



The Questionable Case of Quantum Quinn



Your friend, the world-renowned research scientist Quantum Quinn, has vanished! You visited her lab this morning and found it was unlocked and emptied, with Quinn herself nowhere to be found!

Quinn was working on a very secret experiment on how to build new kinds of **computers** using **quantum mechanics**. There are only a few scientists she would have trusted enough to work with her, and some of the materials she needed can only be obtained from special sources. If you want to find Quinn, you'll need to figure out what her breakthrough was, what materials she needs, and who she was working with.

You have a few pieces of evidence that you found in the lab, including a stray hair, a mysterious diary entry, and a sample of contaminated air. You will need to use the rules of quantum mechanics to solve this case!

At the first station, you will explore the polarization of light and use it to examine Quinn's mysterious diary entry. At second station, you will learn about interference and diffraction, using light's wave-like properties to measure the width of a hair. And at the third station, you will be investigating the colours of light emitted by different atoms and using them to identify mystery substances.



Le curieux cas de Kim Quantique



Votre amie Kim Quantique, la scientifique de renommée mondiale, a disparu! En visitant son laboratoire ce matin, vous avez découvert que la porte était ouverte, que tout avait été vidé, et que Kim avait disparu sans laisser de trace!

Kim travaillait sur une expérience ultra-secrète pour créer de nouveaux types d'ordinateurs en utilisant la mécanique quantique. Il n'y a qu'une poignée de scientifiques en qui elle avait suffisamment confiance pour collaborer sur le projet, et certains des matériaux dont elle avait besoin ne peuvent être obtenus qu'auprès de sources spéciales. Si vous voulez retrouver Kim, vous devez déterminer ce qu'elle a découvert, de quels matériaux elle avait besoin et qui étaient ses collaborateurs.

Vous disposez de quelques indices trouvés dans le laboratoire, notamment un cheveu tombé, un mystérieux extrait de journal et un échantillon d'air contaminé. Vous devez utiliser les lois de la mécanique quantique pour résoudre cette affaire!

À la première station, vous étudierez la polarisation de la lumière et l'utiliserez pour examiner le mystérieux extrait de journal de Kim. À la deuxième station, vous découvrirez les interférences et la diffraction en utilisant les propriétés ondulatoires de la lumière pour mesurer la largeur d'un cheveu. Enfin, à la troisième station, vous étudierez les couleurs de la lumière émise par différents atomes et les utiliserez pour identifier des substances mystérieuses.

Polarization Hidden Messages

Polarisation et messages cachés

This kit should contain:
La trousse doit contenir :



Polarized light source
Sources de lumière polarisée



Taped surface / strips
Surface couverte de ruban adhésif



Polarizers (alternative: sunglasses)
Polariseurs ou lunettes de soleil



ASCII reference sheets
Tableaux de décodage ASCII



Mica mineral sample
Échantillon de mica



Transparent object samples
Objets transparents



Evidence: Quinn's diary
Indice : Journal de Kim

Space requirements

Plugs or batteries for light sources.

If available, other common transparent objects to examine from the room.

À prévoir sur place

Prises ou piles pour les sources de lumière.

Autres objets courants transparents, s'il y en a dans la pièce.

Safety

Do not use the polarizer to look at the sun;
it does not block UV light.

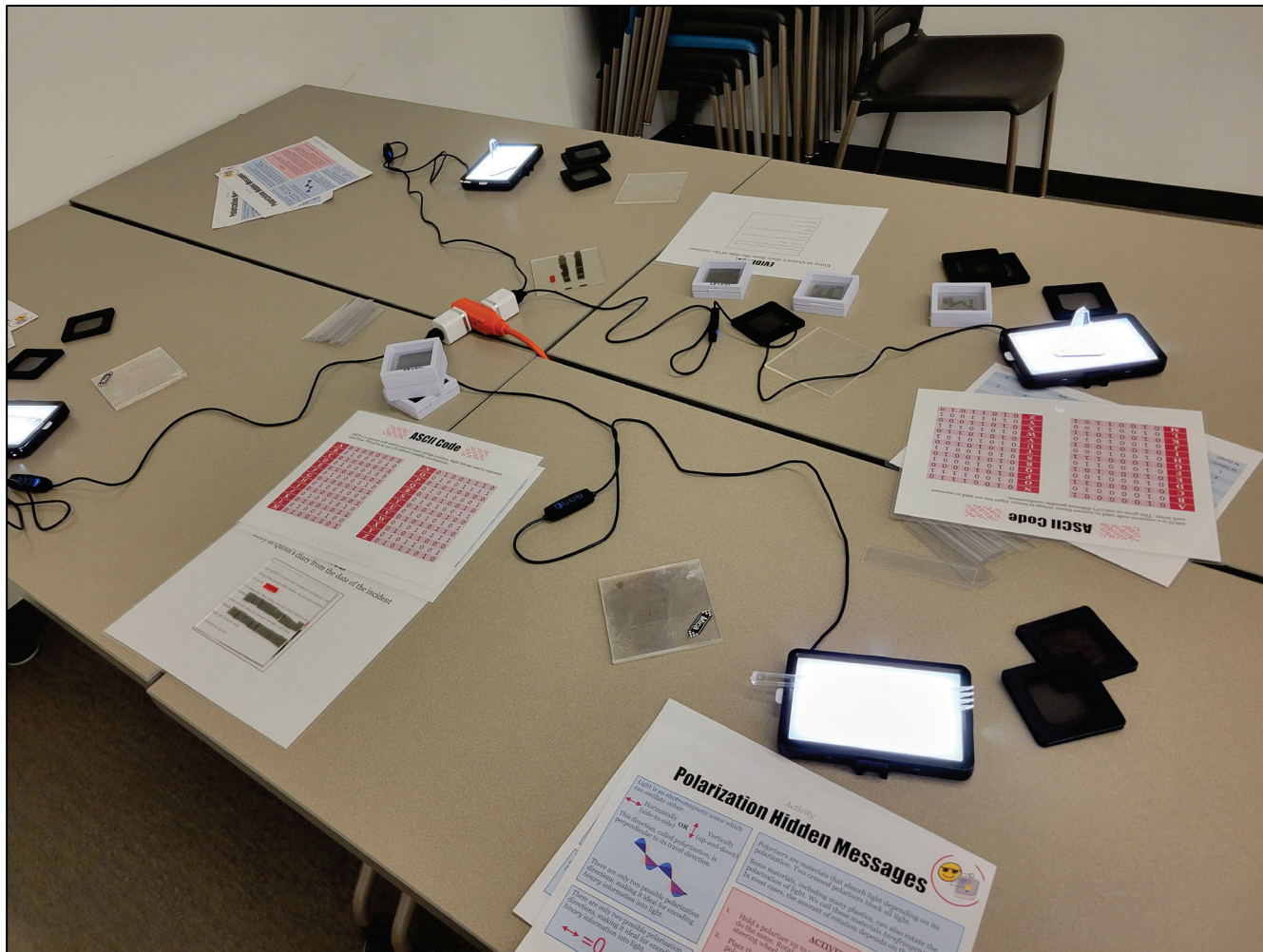
Sécurité

N'utilisez pas le polariseur pour regarder le soleil. Il ne bloque pas les rayons UV.

Station setup / Installation

Polarization Hidden Messages

Polarisation et messages cachés



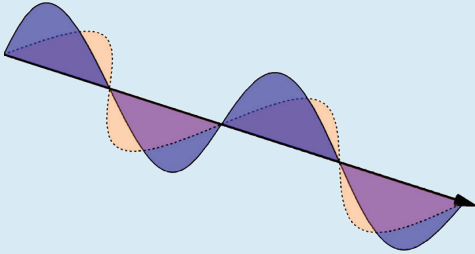
Polarization Hidden Messages

Background

Light is an *electromagnetic wave* which can be oriented in two directions:

↔ Horizontally (side-to-side) **OR** ↔ Vertically (up-and-down)

This direction, called *polarization*, is at a right angle to its travel direction.



There are only two possible polarization directions, making it ideal for encoding *binary* information into light, as:

↔ = 0 , ↔ = 1

Polarizers are materials that absorb light depending on its polarization. Two crossed polarizers block all light.

Some materials, including many plastics, can also rotate the polarization of light. We call these materials *birefringent*. In most cases, the amount of rotation depends on the colour.

Activity

1. Hold a polarizer up to your eye and ask a group member to do the same. Rotate one of the two polarizers like a steering wheel. What do you notice?
2. Place the transparent objects in the kit on the polarized light source. What can you see when looking through the polarizer? What happens if you rotate the object?
3. Look at the plastic rectangular slides, which have tape on them. What do you notice when you stack them together and place them between the polarizers? What do you notice when you bend the slide?
4. Can you find objects in the room with similar properties?



Polarization Hidden Messages

The scraps of polarized materials scattered about the lab don't seem to be connected to whatever Quinn was working on. Maybe it was just a hobby for Quinn, or maybe there's a deeper connection.

Searching the lab, you stumbled across a strange diary entry in a drawer. There are some symbols on it that don't make sense to you, but perhaps there's another way to look at them...

Can you decode the message to determine what Quinn was building in her experiment?

HINT

ASCII can be used to encode one letter into 8 bits. Notice that the first bit of every letter is "0".

Extension

How could you communicate in binary over long distances using polarized light?
Draw a sketch of your scheme.

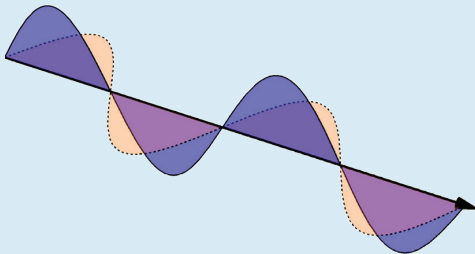
Polarisation et messages cachés

Contexte

La lumière est une onde électromagnétique qui peut osciller dans deux directions :

↔ Horizontalement **OU** ↑ Verticalement

Cette direction, appelée polarisation, est perpendiculaire à la direction de propagation.



Comme il n'existe que deux directions de polarisation possibles, on peut encoder des informations binaires dans la lumière, par exemple :

↔ = 0 , ↑ = 1

Les *polariseurs* sont faits de matériaux qui absorbent la lumière en fonction de leur polarisation. Deux polariseurs croisés bloquent toute la lumière.

Certains matériaux, dont de nombreux plastiques, peuvent également faire tourner la polarisation de la lumière. Nous appelons ces matériaux *biréfringents*.

Activité

1. En binômes, tenez les polariseurs devant vos yeux tout en vous regardant l'un l'autre. Faites tourner l'un des deux polariseurs comme le volant d'une voiture. Que remarquez-vous?
2. Placez les objets transparents biréfringents devant la source de lumière polarisée. Que voyez-vous lorsque vous regardez à travers le polariseur? Que se passe-t-il si vous faites pivoter l'objet?
3. Observez les diapositives en plastique avec du ruban adhésif. Que remarquez-vous lorsque vous les superposez et les placez entre les polariseurs? Que remarquez-vous lorsque vous pliez la diapositive?
4. Pouvez-vous trouver d'autres objets dans la pièce qui pourraient avoir le même effet?



Polarisation et messages cachés

Les bouts de matériaux polarisés éparpillés dans le laboratoire ne semblent pas avoir de rapport avec le projet de Kim. Servaient-ils simplement de passe-temps à Kim, ou ont-ils un lien plus profond avec notre mystère?

En fouillant le laboratoire, vous avez trouvé un étrange extrait de journal intime dans un tiroir. Il contient des symboles qui semblent incompréhensibles, mais il existe peut-être une autre façon de les lire...

Pouvez-vous décoder le message afin de déterminer ce que Kim était en train de construire pour son expérience?

INDICE : Le code ASCII peut être utilisé pour encoder une lettre en 8 bits. Notez que la chaîne de bits d'une lettre commence toujours par un « 0 ».

Extension : Comment pourriez-vous communiquer en binaire sur de longues distances à l'aide de lumière polarisée? Dessinez un croquis de votre schéma.

Polarization Evidence: Diary Entry

- Print single-sided. Lamination recommended.
- Choose English, French, or bilingual.
 - The hidden code translates to “BIT”, regardless of language.
- Attach adhesive polarizer in the blank space to make the hidden message, as detailed in the assembly instructions.

0	1	0	0	0	0	1	0	= B
0	1	0	0	1	0	0	1	= I
0	1	0	1	0	1	0	0	= T

EVIDENCE

Entry in Quinn's diary

We've struggled for years to try to figure out how to build a quantum computer, when the answer was right in front of us the whole time! The polarization of a photon, the energy levels of an atom, even the electric current in a superconductor! It doesn't matter which one, they can all be used as a quantum...

I can't let my rivals figure this out, but I'm sure they could never break my code!

EVIDENCE

Entry in Quinn's diary

We've struggled for years to try to figure out how to build a quantum computer, when the answer was right in front of us the whole time! The polarization of a photon, the energy levels of an atom, even the electric current in a superconductor! It doesn't matter which one, they can all be used as a quantum...

I can't let my rivals figure this out, but I'm sure they could never break my code!

PIÈCE À CONVICTION

Extrait du journal de Kim

Cela fait des années que nous cherchons comment construire un ordinateur quantique, alors que la réponse était sous nos yeux depuis le début! La polarisation d'un photon, les niveaux d'énergie d'un atome, même le courant électrique dans un supraconducteur! Peu importe lequel : ils peuvent tous être utilisés comme un QU...

Je ne peux pas laisser mes adversaires découvrir ça, mais je suis certain qu'ils ou elles ne réussiront jamais à déchiffrer mon code!

PIÈCE À CONVICTION

Extrait du journal de Kim

Cela fait des années que nous cherchons comment construire un ordinateur quantique, alors que la réponse était sous nos yeux depuis le début! La polarisation d'un photon, les niveaux d'énergie d'un atome, même le courant électrique dans un supraconducteur! Peu importe lequel : ils peuvent tous être utilisés comme un QU...

Je ne peux pas laisser mes adversaires découvrir ça, mais je suis certain qu'ils ou elles ne réussiront jamais à déchiffrer mon code!

EVIDENCE

Entry in Quinn's diary

We've struggled for years to try to figure out how to build a quantum computer, when the answer was right in front of us the whole time! The polarization of a photon, the energy levels of an atom, even the electric current in a superconductor! It doesn't matter which one, they can all be used as a quantum...

I can't let my rivals figure this out, but I'm sure they could never break my code!

PIÈCE À CONVICTION

Extrait du journal de Kim

Cela fait des années que nous cherchons comment construire un ordinateur quantique, alors que la réponse était sous nos yeux depuis le début! La polarisation d'un photon, les niveaux d'énergie d'un atome, même le courant électrique dans un supraconducteur! Peu importe lequel : ils peuvent tous être utilisés comme un QU...

Je ne peux pas laisser mes adversaires découvrir ça, mais je suis certain qu'ils ou elles ne réussiront jamais à déchiffrer mon code!

EVIDENCE

Entry in Quinn's diary

We've struggled for years to try to figure out how to build a quantum computer, when the answer was right in front of us the whole time! The polarization of a photon, the energy levels of an atom, even the electric current in a superconductor! It doesn't matter which one, they can all be used as a quantum...

I can't let my rivals figure this out, but I'm sure they could never break my code!

PIÈCE À CONVICTION

Extrait du journal de Kim

Cela fait des années que nous cherchons comment construire un ordinateur quantique, alors que la réponse était sous nos yeux depuis le début! La polarisation d'un photon, les niveaux d'énergie d'un atome, même le courant électrique dans un supraconducteur! Peu importe lequel : ils peuvent tous être utilisés comme un QU...

Je ne peux pas laisser mes adversaires découvrir ça, mais je suis certain qu'ils ou elles ne réussiront jamais à déchiffrer mon code!

EVIDENCE

Entry in Quinn's diary

We've struggled for years to try to figure out how to build a quantum computer, when the answer was right in front of us the whole time! The polarization of a photon, the energy levels of an atom, even the electric current in a superconductor! It doesn't matter which one, they can all be used as a quantum...

0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	0

I can't let my rivals figure this out, but I'm sure they could never break my code!

PIÈCE À CONVICTION

Extrait du journal de Quinn

Cela fait des années que nous cherchons comment construire un ordinateur quantique, alors que la réponse était sous nos yeux depuis le début! La polarisation d'un photon, les niveaux d'énergie d'un atome, même le courant électrique dans un supraconducteur! Peu importe lequel : ils peuvent tous être utilisés comme un QU...

Je ne peux pas laisser mes adversaires découvrir ça, mais je suis certain qu'ils ou elles ne réussiront jamais à déchiffrer mon code!

SOLUTION

ASCII Decoding Sheets

- Print single-sided.
- Choose either the large sheet or the sheet with three copies of the decoding pattern that can be cut and distributed.

ASCII

ASCII is a common code used to convert binary strings to letters. Eight bits are used to represent each letter. This gives us 256 (2^8) different possible combinations.

Le code ASCII est un code couramment utilisé pour convertir des chaînes binaires en lettres. Chaque lettre est représentée par huit bits. Au total, il y a 256 (2^8) combinaisons possibles.

A	0	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	0	0	0	0	1	0
C	0	1	0	0	0	0	1	1
D	0	1	0	0	0	1	0	0
E	0	1	0	0	0	1	0	1
F	0	1	0	0	0	1	1	0
G	0	1	0	0	0	1	1	1
H	0	1	0	0	1	0	0	0
I	0	1	0	0	1	0	0	1
J	0	1	0	0	1	0	1	0
K	0	1	0	0	1	0	1	1
L	0	1	0	0	1	1	0	0
M	0	1	0	0	1	1	0	1

N	0	1	0	0	1	1	1	0
O	0	1	0	0	1	1	1	1
P	0	1	0	1	0	0	0	0
Q	0	1	0	1	0	0	0	1
R	0	1	0	1	0	0	1	0
S	0	1	0	1	0	0	1	1
T	0	1	0	1	0	1	0	0
U	0	1	0	1	0	1	0	1
V	0	1	0	1	0	1	1	0
W	0	1	0	1	0	1	1	1
X	0	1	0	1	1	0	0	0
Y	0	1	0	1	1	0	0	1
Z	0	1	0	1	1	0	1	0

A	0	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	0	0	0	0	1	0
C	0	1	0	0	0	0	1	1
D	0	1	0	0	0	1	0	0
E	0	1	0	0	0	1	0	1
F	0	1	0	0	0	1	1	0
G	0	1	0	0	0	1	1	1
H	0	1	0	0	1	0	0	0
I	0	1	0	0	1	0	0	1
J	0	1	0	0	1	0	1	0
K	0	1	0	0	1	0	1	1
L	0	1	0	0	1	1	0	0
M	0	1	0	0	1	1	0	1
N	0	1	0	0	1	1	1	0
O	0	1	0	0	1	1	1	1
P	0	1	0	1	0	0	0	0
Q	0	1	0	1	0	0	0	1
R	0	1	0	1	0	0	1	0
S	0	1	0	1	0	0	1	1
T	0	1	0	1	0	1	0	0
U	0	1	0	1	0	1	0	1
V	0	1	0	1	0	1	1	0
W	0	1	0	1	0	1	1	1
X	0	1	0	1	1	0	0	0
Y	0	1	0	1	1	0	0	1
Z	0	1	0	1	1	0	1	0

A	0	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	0	0	0	0	1	0
C	0	1	0	0	0	0	1	1
D	0	1	0	0	0	1	0	0
E	0	1	0	0	0	1	0	1
F	0	1	0	0	0	1	1	0
G	0	1	0	0	0	1	1	1
H	0	1	0	0	1	0	0	0
I	0	1	0	0	1	0	0	1
J	0	1	0	0	1	0	1	0
K	0	1	0	0	1	0	1	1
L	0	1	0	0	1	1	0	0
M	0	1	0	0	1	1	0	1
N	0	1	0	0	1	1	1	0
O	0	1	0	0	1	1	1	1
P	0	1	0	1	0	0	0	0
Q	0	1	0	1	0	0	0	1
R	0	1	0	1	0	0	1	0
S	0	1	0	1	0	0	1	1
T	0	1	0	1	0	1	0	0
U	0	1	0	1	0	1	0	1
V	0	1	0	1	0	1	1	0
W	0	1	0	1	0	1	1	1
X	0	1	0	1	1	0	0	0
Y	0	1	0	1	1	0	0	1
Z	0	1	0	1	1	0	1	0

A	0	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	0	0	0	0	1	0
C	0	1	0	0	0	0	1	1
D	0	1	0	0	0	1	0	0
E	0	1	0	0	0	1	0	1
F	0	1	0	0	0	1	1	0
G	0	1	0	0	0	1	1	1
H	0	1	0	0	1	0	0	0
I	0	1	0	0	1	0	0	1
J	0	1	0	0	1	0	1	0
K	0	1	0	0	1	0	1	1
L	0	1	0	0	1	1	0	0
M	0	1	0	0	1	1	0	1
N	0	1	0	0	1	1	1	0
O	0	1	0	0	1	1	1	1
P	0	1	0	1	0	0	0	0
Q	0	1	0	1	0	0	0	1
R	0	1	0	1	0	0	1	0
S	0	1	0	1	0	0	1	1
T	0	1	0	1	0	1	0	0
U	0	1	0	1	0	1	0	1
V	0	1	0	1	0	1	1	0
W	0	1	0	1	0	1	1	1
X	0	1	0	1	1	0	0	0
Y	0	1	0	1	1	0	0	1
Z	0	1	0	1	1	0	1	0

Interference and Diffraction

Interférence et diffraction

This kit should contain:
La trousse doit contenir :



Red laser pointer
Pointeurs laser rouges



Measuring tape and ruler
Rubans à mesurer et règles



Calculator
Calculatrices (facultatif)



Scissors and tape
Ciseaux et ruban adhésif



Clips, cue cards, and craft supplies
Pinces, fiches et fournitures de bricolage



Objects of varying widths
Objets de largeurs variables



Evidence: "Hair" found at the crime scene
Indice : « Cheveu » de la scène de crime

You must provide :
Vous devrez fournir :



A strand of hair from a teammate
Un cheveu d'un membre du groupe

Space requirements

Long (2m+) space to see the effect, darkened room if possible.

À prévoir sur place

*Suffisamment d'espace (2 m ou plus) pour pouvoir voir l'effet.
Une pièce sombre, si possible.*

Safety

Do not point the laser beam at anyone's eyes, including your own.
Be aware of the laser path and keep it below eye level at all times.

Sécurité

Ne pointez jamais le faisceau laser vers vos yeux ou ceux de quelqu'un d'autre. Faites bien attention à la trajectoire du laser, qui doit toujours rester plus basse que les yeux des participants.

Reminder

Remember to always use consistent units in calculations. We recommend always using centimeters for this activity.

Rappel

N'oubliez pas de toujours utiliser les mêmes unités de mesure dans vos calculs. Nous vous recommandons de tout exprimer en centimètres pour cette activité.

Station setup / Installation

Interference and Diffraction

Interférence et diffraction





This experiment uses a laser; keep the beam low to the ground to avoid accidentally shining it in anyone's eyes, including your own.

Task Card

Interference and Diffraction

Background

When a laser beam illuminates a very thin object, it goes around both sides. If we look at the laser spot far away, we'll see a pattern where light can either add up to make a bright spot (constructive interference) or cancel out to make a dark spot (destructive interference). This effect occurs for all waves, including light, sound, and water waves.

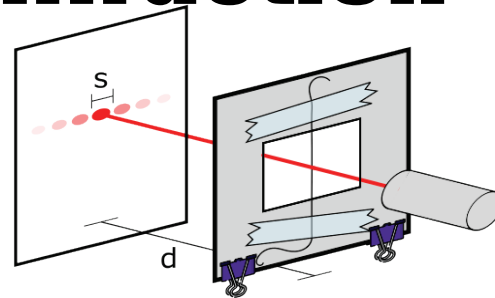
The spacing of the pattern depends on the distance, object size, and colour of the laser. The colour is related to the *wavelength* λ of the light. For red lasers, this is:

$$\lambda = 650 \text{ nm} = 0.0000650 \text{ cm}$$

Dark spot separation "s"

Does a bigger or smaller object cast a larger shadow?
Do we expect the same for interference patterns?

In your kit, you should have a card with objects of varying thickness, from 0.1 mm to 0.5 mm. In the activity, we'll see if bigger or smaller objects result in different interference patterns.



Activity

Work in teams of 2-4

1. Create a safe clear path of at least 2m. Mount the laser and card to make stable measurements.
2. Illuminate each object on the card with the laser. If possible, trace the interference pattern of each. Do bigger or smaller objects result in different interference patterns?
3. Gently take and mount one of your hairs. Illuminate it with the laser beam. Can you tell if it is thicker or thinner than the other objects?
4. If you have time, measure the distance "**d**" from the hair to the wall and the separation "**s**" between the dark spots in the interference pattern. Use the equation $w = \frac{2d\lambda}{s}$ to find your hair's width!

While there is variation, most human hairs are between one-hundredth and one-thousandth of a centimeter.



Interference and Diffraction

The lab is incredibly secure, and Quinn would never let anybody unless they were essential for her research.

Only two people could have been working with Quinn. Superposition Sam is a chemist, always wearing a lab coat and a hat to cover his thin hair. Wavefunction Wendy is a theoretical computer scientist whose thick glasses complement her thick hair.

You find a hair in the mess where the experiment used to be. It can't be Quinn's, since her purple hair could be recognized instantly. It can only belong to Sam or Wendy, but whose is it?

Can you find a method to compare the hair sample from the crime scene with your own? Does the evidence point towards Sam or Wendy as Quinn's collaborator?

Dans cette expérience, vous utiliserez un laser. Gardez le faisceau près du sol pour éviter de le diriger accidentellement vers vos yeux ou ceux des autres.

Fiche de tâches

Interférence et diffraction

Contexte

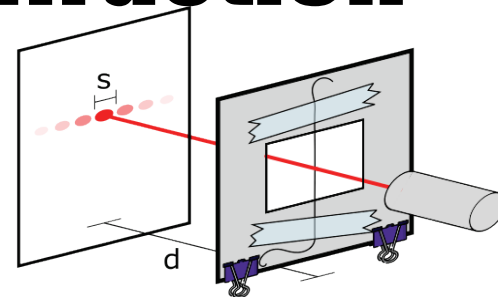
Lorsqu'un faisceau laser illumine un objet très fin, il le contourne des deux côtés. Si l'on observe la projection du laser à une grande distance, on constate que la lumière peut soit se cumuler pour former un point lumineux (interférence constructive), soit s'annuler pour former un point sombre (interférence destructive). Cet effet s'applique à tous les types d'ondes, y compris la lumière, le son et les ondes dans l'eau!

L'espacement dépend de la distance, de la taille de l'objet et de la couleur du laser. La couleur est liée à la longueur d'onde λ de la lumière. Pour les lasers rouges, celle-ci est :

$$\lambda = 650 \text{ nm} = 0.0000650 \text{ cm}$$

$\leftarrow \rightarrow$
Distance entre les taches
sombres = « s »

Un objet plus grand ou plus petit projette-t-il une ombre plus grande ? Peut-on s'attendre à la même chose pour les motifs d'interférence ? Dans votre kit, vous devriez trouver une carte avec des objets d'épaisseur variable, allant de 0,1 mm à 0,5 mm. Au cours de cette activité, nous verrons si des objets plus grands ou plus petits produisent des motifs d'interférence différents.



Activité

1. Dégagez un espace sécurisé d'au moins 2 m de long. Fixez le laser et la diapositive sur un support afin d'obtenir des mesures stables.
2. Pointez le laser sur chaque objet attaché à la diapositive. Tracez la figure d'interférence de chacun d'entre eux. Est-ce que ce sont les objets les plus épais ou les plus fins qui produisent les figures les plus grandes ?
3. Prélevez délicatement un de vos cheveux et fixez-le sur une diapositive. Illuminez-le avec le faisceau laser. Pouvez-vous dire s'il est plus épais ou plus fin que les autres objets ?
4. Si vous avez le temps, mesurez la distance « d » entre le cheveu et le mur, ainsi que la distance « s » entre les taches sombres de la figure d'interférence. Utilisez l'équation $w = 2d\lambda/s$ pour calculer l'épaisseur du cheveu.

Quand vous êtes prêt, tournez la page pour découvrir le mystère ! 



Interférence et diffraction

Le laboratoire est extrêmement sécurisé, et Kim ne laisserait jamais entrer quelqu'un qui ne joue pas un rôle essentiel dans ses recherches.

Seules deux personnes auraient pu travailler avec Kim. Simon Superposition est un chimiste qui porte toujours une blouse de laboratoire, ainsi qu'un chapeau pour cacher ses cheveux fins. Léa Longueur-d'Onde est une chercheuse en informatique théorique dont les lunettes sont à l'image de sa chevelure : épaisses.

Parmi les débris éparpillés dans le laboratoire où Kim menait son expérience, vous trouvez un cheveu. Il ne peut pas appartenir à Kim : ses cheveux sont violets, vous l'auriez reconnu tout de suite. Il ne peut donc provenir que de la tête de Simon ou de Léa. À qui appartient-il ?

Connaissez-vous une méthode pour comparer le cheveu trouvé sur la scène du crime avec le vôtre ? Avec les indices, pouvons-nous deviner qui, de Simon ou Léa, collaborait avec Kim ?

Printing Instructions

Width of Hair Worksheets

- Print double-sided.
- Cut six per sheet.

All numbers must be in the same units! Tous les nombres doivent être exprimés dans la même unité!	
Hair Width (Épaisseur du cheveu) = $w = \frac{2d\lambda}{s}$	
Wavelength (λ) Longueur d'onde (λ)	= 0.0000650 cm
Distance to wall (d) Distance jusqu'à mur (d)	=
Dark spot separation (s) Espace entre les franges sombres (s)	=
Hair width (w) Épaisseur du cheveu (w)	=

All numbers must be in the same units! Tous les nombres doivent être exprimés dans la même unité!	
Hair Width (Épaisseur du cheveu) = $w = \frac{2d\lambda}{s}$	
Wavelength (λ) Longueur d'onde (λ)	= 0.0000650 cm
Distance to wall (d) Distance jusqu'à mur (d)	=
Dark spot separation (s) Espace entre les franges sombres (s)	=
Hair width (w) Épaisseur du cheveu (w)	=

All numbers must be in the same units! Tous les nombres doivent être exprimés dans la même unité!	
Hair Width (Épaisseur du cheveu) = $w = \frac{2d\lambda}{s}$	
Wavelength (λ) Longueur d'onde (λ)	= 0.0000650 cm
Distance to wall (d) Distance jusqu'à mur (d)	=
Dark spot separation (s) Espace entre les franges sombres (s)	=
Hair width (w) Épaisseur du cheveu (w)	=

All numbers must be in the same units! Tous les nombres doivent être exprimés dans la même unité!	
Hair Width (Épaisseur du cheveu) = $w = \frac{2d\lambda}{s}$	
Wavelength (λ) Longueur d'onde (λ)	= 0.0000650 cm
Distance to wall (d) Distance jusqu'à mur (d)	=
Dark spot separation (s) Espace entre les franges sombres (s)	=
Hair width (w) Épaisseur du cheveu (w)	=

All numbers must be in the same units! Tous les nombres doivent être exprimés dans la même unité!	
Hair Width (Épaisseur du cheveu) = $w = \frac{2d\lambda}{s}$	
Wavelength (λ) Longueur d'onde (λ)	= 0.0000650 cm
Distance to wall (d) Distance jusqu'à mur (d)	=
Dark spot separation (s) Espace entre les franges sombres (s)	=
Hair width (w) Épaisseur du cheveu (w)	=

All numbers must be in the same units! Tous les nombres doivent être exprimés dans la même unité!	
Hair Width (Épaisseur du cheveu) = $w = \frac{2d\lambda}{s}$	
Wavelength (λ) Longueur d'onde (λ)	= 0.0000650 cm
Distance to wall (d) Distance jusqu'à mur (d)	=
Dark spot separation (s) Espace entre les franges sombres (s)	=
Hair width (w) Épaisseur du cheveu (w)	=

Trace the pattern here! / Tracez votre observation ici!



Do not point the laser at anyone.
Ne pointez pas le laser vers quelqu'un.

Trace the pattern here! / Tracez votre observation ici!



Do not point the laser at anyone.
Ne pointez pas le laser vers quelqu'un.

Trace the pattern here! / Tracez votre observation ici!



Do not point the laser at anyone.
Ne pointez pas le laser vers quelqu'un.

Trace the pattern here! / Tracez votre observation ici!



Do not point the laser at anyone.
Ne pointez pas le laser vers quelqu'un.

Trace the pattern here! / Tracez votre observation ici!



Do not point the laser at anyone.
Ne pointez pas le laser vers quelqu'un.

Trace the pattern here! / Tracez votre observation ici!



Do not point the laser at anyone.
Ne pointez pas le laser vers quelqu'un.

Spectral Fingerprints

Empreintes spectrales

This kit should contain:
La trousse doit contenir :



Neon emission indicator bulb
Lampes néon



LED bulbs, orange/red and white
Lampes DEL (oranges ou rouges et blanches)



Diffraction grating
Réseaux de diffraction



Measured spectra reference cards
Cartes de référence avec spectres prémesurés
Air, Ne, He, Ar, N, O



Known spectra transparent mask cards
Masques de spectres d'émission transparents
Ne, He, Ar, N, O



Evidence: Measured spectra of air sample from lab|
Indice : Spectre mesuré à partir de l'échantillon prélevé au laboratoire

Space requirements

Darkened room, if possible.

À prévoir sur place

Une pièce sombre, si possible.

Safety

Do not leave the neon bulb on for more than 1-2 minutes to avoid overheating.

Don't look at the sun with the diffraction grating.

Sécurité

Ne laissez pas la lampe néon allumée pendant plus de 1 ou 2 minutes afin d'éviter qu'elle ne surchauffe.

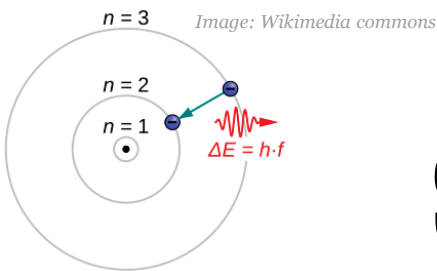
Ne regardez pas le soleil à travers le réseau de diffraction.

Station setup / Installation

Spectral Fingerprints

Empreintes spectrales





Task Card

Spectral Fingerprints

Background

Inside an atom, you'll find electrons, protons, and neutrons. The protons and neutrons are tightly packed in the centre of the atom, while the electrons are on the outside. But just because they are outside the centre doesn't mean the electrons are completely free!

The amounts of energy that the electrons are allowed to have depends on the specific atom. When an electron loses energy, it releases that energy as a single particle of light (a photon). Since the colour of light depends on its energy, we can learn a lot about the atom by looking at the colours of light it releases. This technique is called *emission spectroscopy*.

Activity Part One

1. Use the diffraction grating square in your kit to split up the colours of light. Test it with the lights in the room by holding the card between your eye and a light source. You should see the colours separated to your left and right. We call this distribution of colours a *spectrum*.
2. Look at the orange/red and white LEDs through the card. What do you notice about their spectra?
3. Look at the neon light through the card. What do you expect to see compared to the LEDs? What do you notice about its spectrum through the card?
4. Can you find other light sources in the room to test?

Scientists will study the spectra of various elements and molecules and use them to identify their presence in a sample. This is used in MRIs, environmental monitoring, astronomy, food safety, forensics and more.

Activity Part Two

1. Below are three images taken with a spectroscope for three different elements: neon, argon, and helium. Can you identify which is neon based on what you saw in Part One?



Image: M. Richmond, RIT.

2. Open the envelope with spectra cards and filters. Show that the gaps in the neon filter match the neon spectrum.
3. Find the "air" card. Air is a mixture of many elements. Show that Neon is not present in air using the filter. What elements are present in air?

When you are ready, turn the page for the mystery!

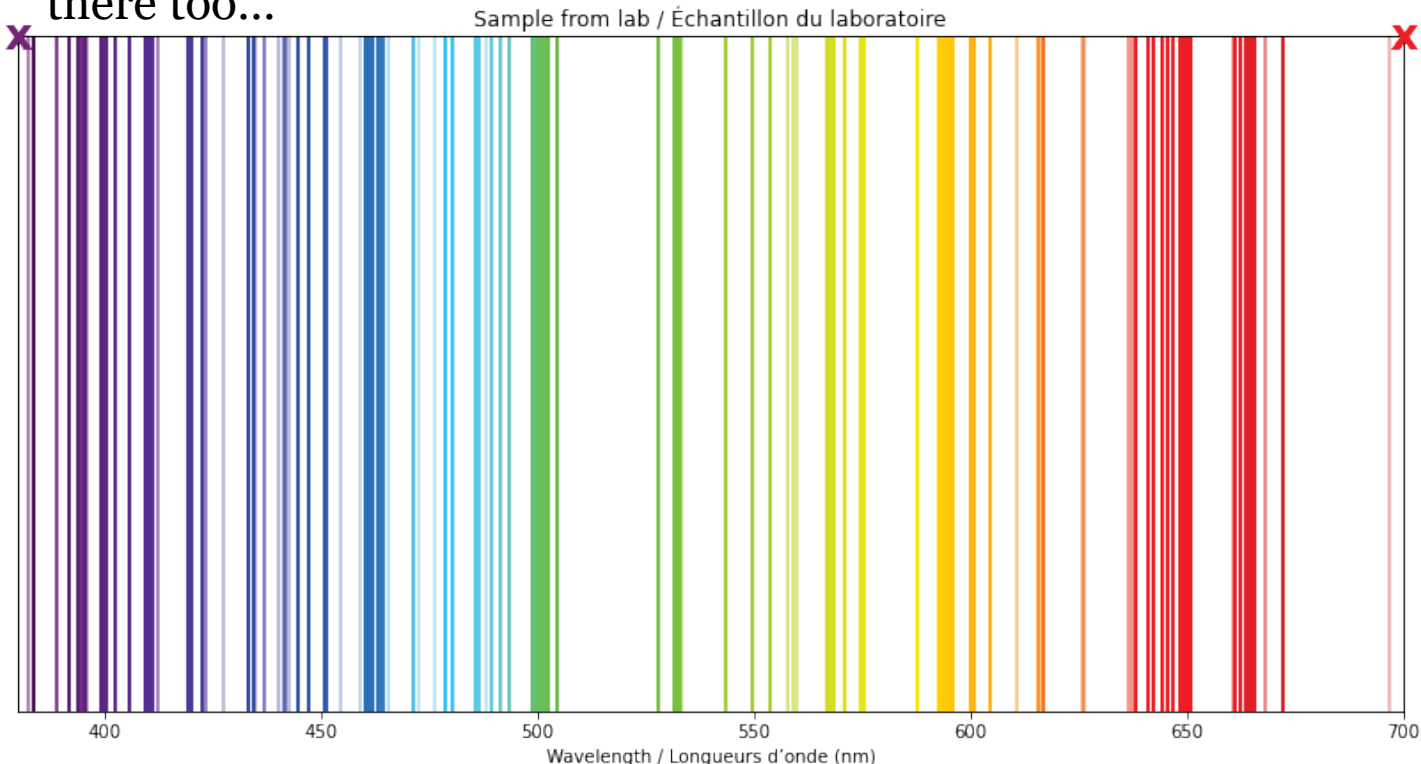


The Questionable Case of Quantum Quinn

Spectral Fingerprints

Why was Quinn so secretive about her experiment? Perhaps there were some special materials she needed that others might not know the value of, something important for the whole process to work.

There was a chill in the air when you entered the lab and a strange smell. You took a sample of the air and measured the emission spectrum below. It had exactly what you expected to find in normal air, but something else was there too...



What mystery element is in the lab's air?

Empreintes spectrales

Contexte

Les atomes sont composés d'électrons, de protons et de neutrons. La quantité d'énergie que peuvent avoir les électrons dépend de l'atome. Lorsqu'un électron perd de l'énergie, il la libère sous la forme d'une particule de lumière (un photon). Comme la couleur de la lumière dépend de son énergie, on peut en apprendre beaucoup sur un atome en observant les couleurs de la lumière qu'il émet. Cette technique s'appelle la spectroscopie d'émission.

Activité

1. Faites le test avec les lumières de la pièce en tenant le réseau de diffraction entre votre œil et une source de lumière. Vous devriez voir les couleurs se séparer vers la gauche et la droite. Cette répartition des couleurs s'appelle un spectre.
2. Comparez le spectre des lampes DEL orange, rouge et blanche aux cartes de références. Que remarquez-vous?

Les scientifiques étudient les spectres de divers éléments et molécules et les utilisent pour détecter leur présence dans des échantillons. Cette technique est utilisée dans l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la surveillance de l'environnement, l'astronomie, la salubrité alimentaire, les sciences judiciaires et plus encore.

Activité

3. Regardez le spectre de la lampe néon à travers le réseau. Que remarquez-vous?
4. Voici trois images, représentant trois éléments différents, prises à l'aide d'un spectroscopie : le néon, l'argon et l'hélium. Pouvez-vous identifier celle du néon?

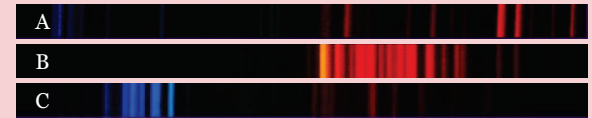


Image: M. Richmond, RIT.

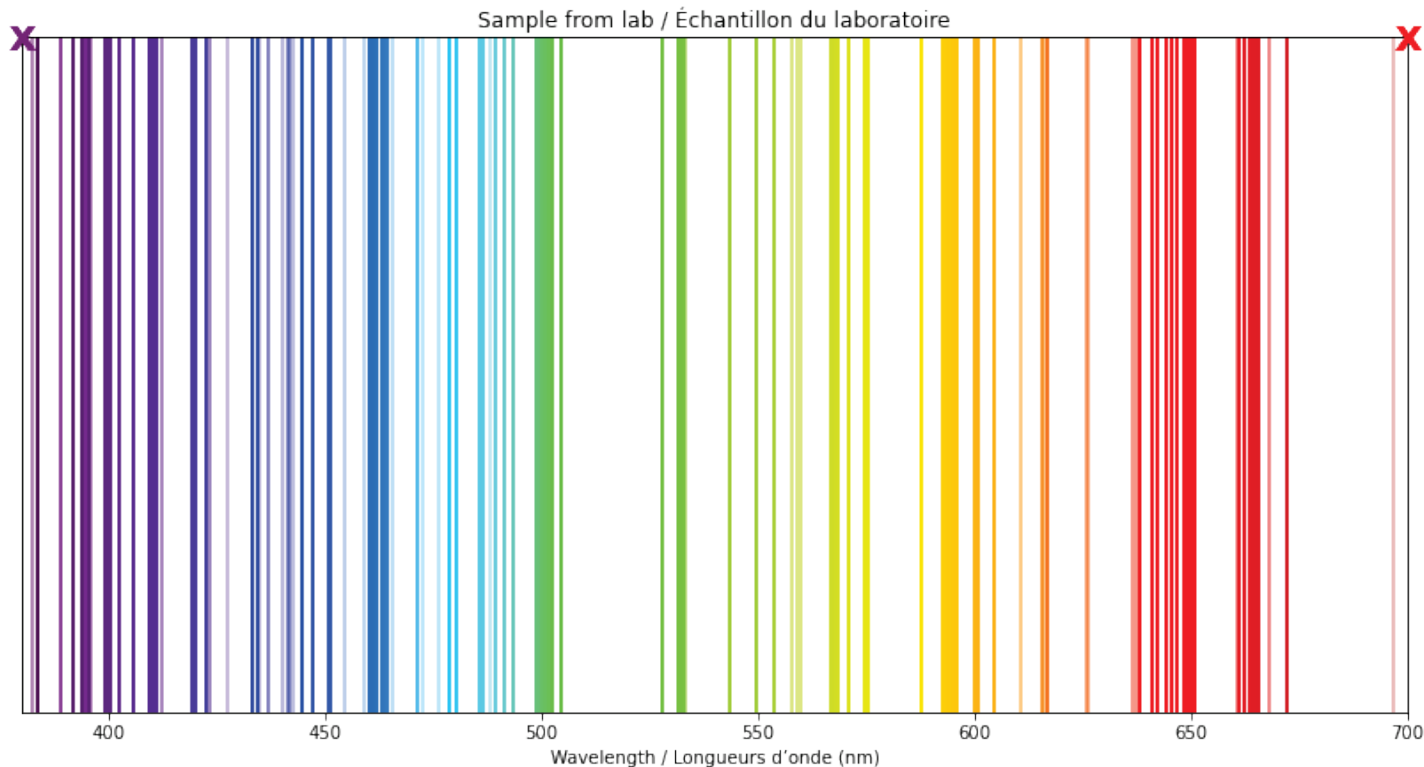
5. À l'aide de la carte de référence de l'air et du filtre du néon, montrez que le néon n'est pas normalement présent dans l'air. Quels sont les éléments qui le sont?
6. Pouvez-vous trouver d'autres sources lumineuses dans la pièce pour faire le test?



Empreintes spectrales

Pourquoi Kim était-elle si discrète au sujet de son expérience? Peut-être avait-elle besoin de matériaux spéciaux dont personne d'autre ne connaissait la valeur, quelque chose d'essentiel au bon déroulement de son projet.

Lorsque vous avez mis les pieds dans le laboratoire, vous avez eu un frisson et senti une odeur étrange. Vous avez prélevé un échantillon d'air et mesuré son spectre d'émission. Il contenait exactement ce que vous vous attendiez à trouver dans l'air normal, mais avec un petit quelque chose en plus...

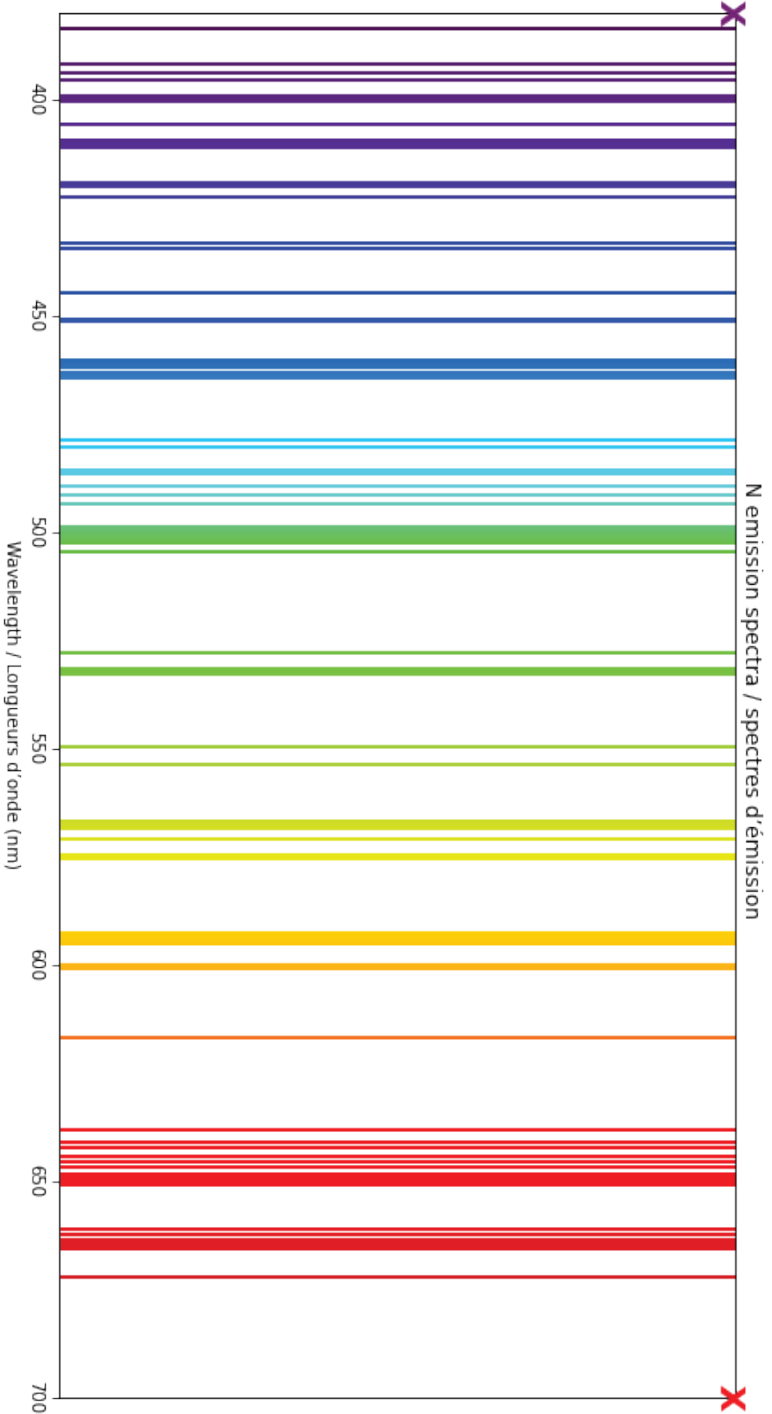


**Quel est
l'élément
mystère
présent dans
le laboratoire?**

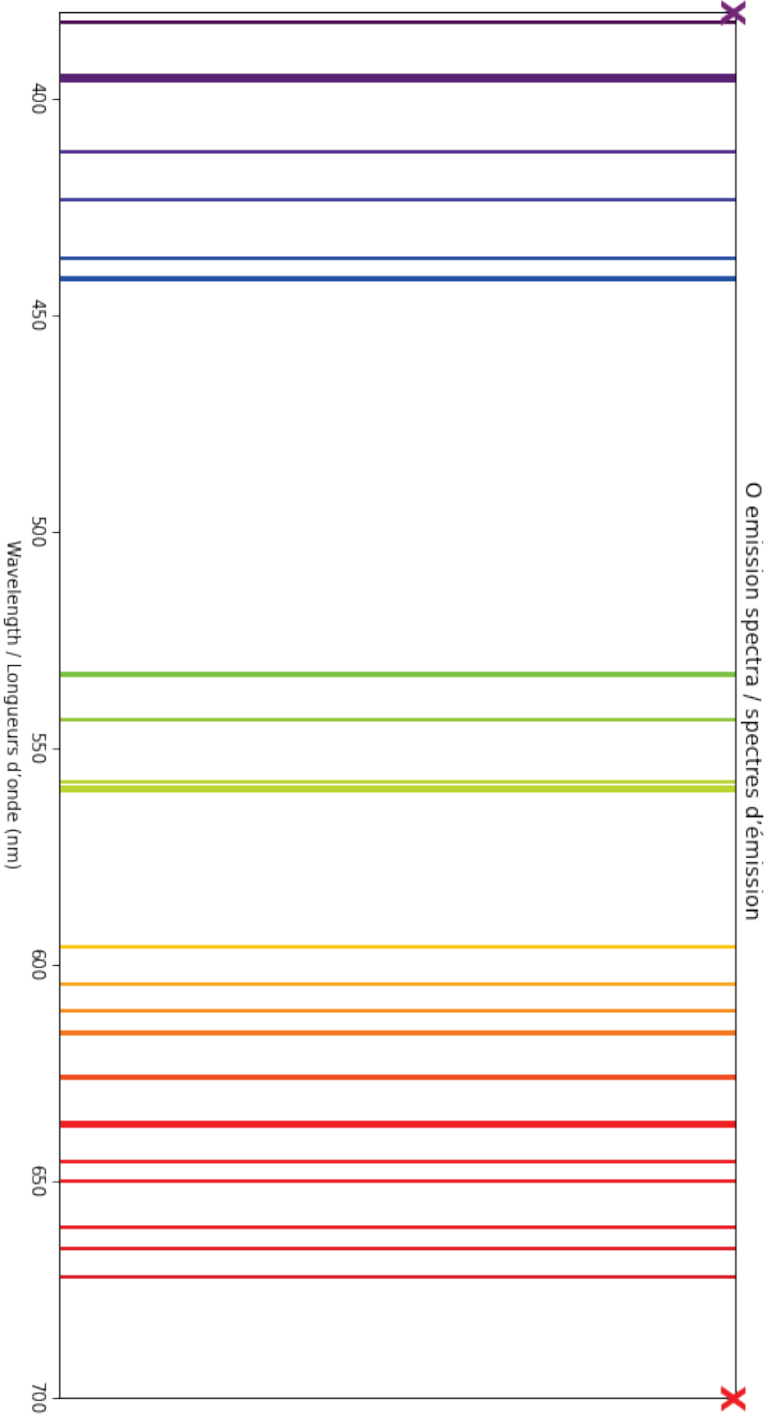
Spectra References and Masks

- Print single-sided.
- Print references (coloured lines) on white paper.
- Print masks (black-and-white) on transparent paper.
- Lamination highly recommended, especially for the transparent masks which can easily scratch.
- Ensure that the masks and references are printed with the same settings to ensure that they fit over each other perfectly.

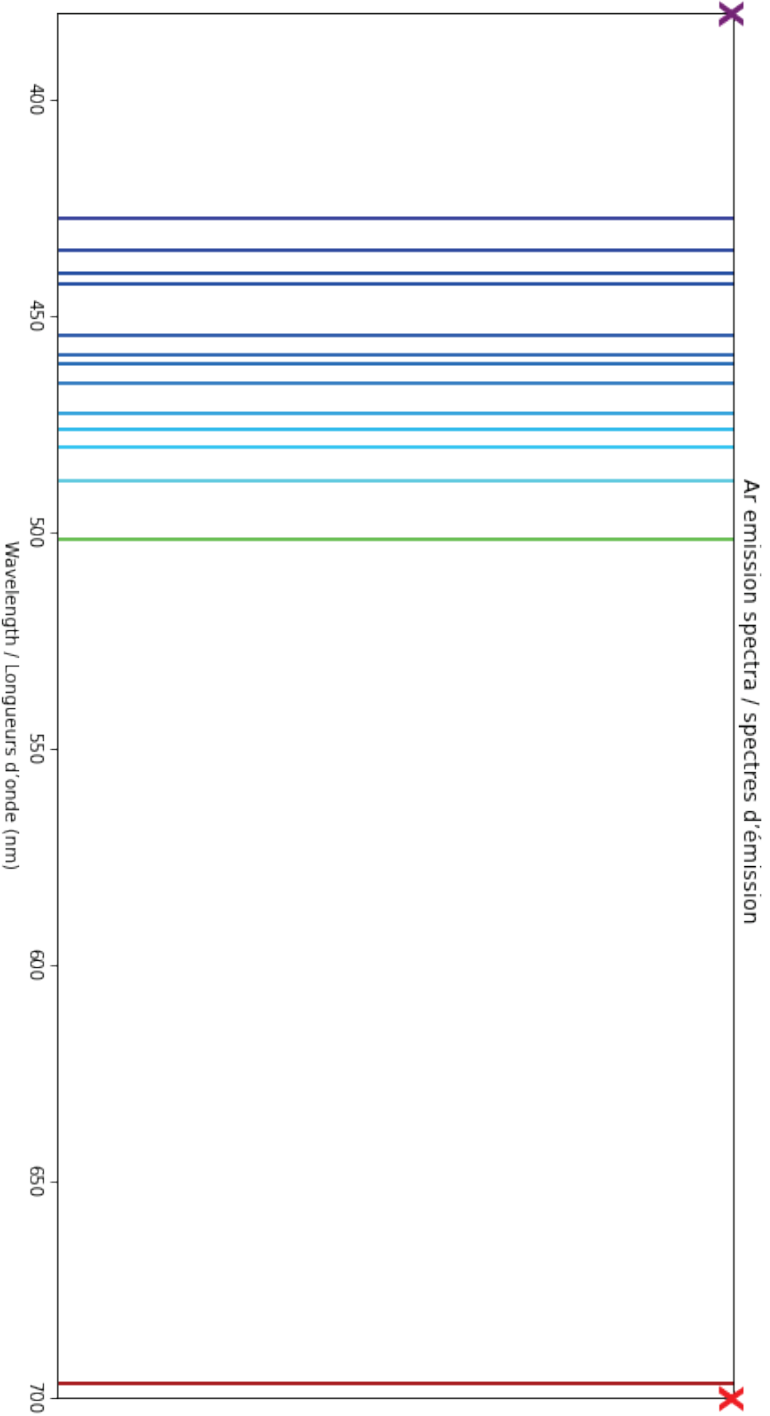
#7 – N (Nitrogen / Azote)



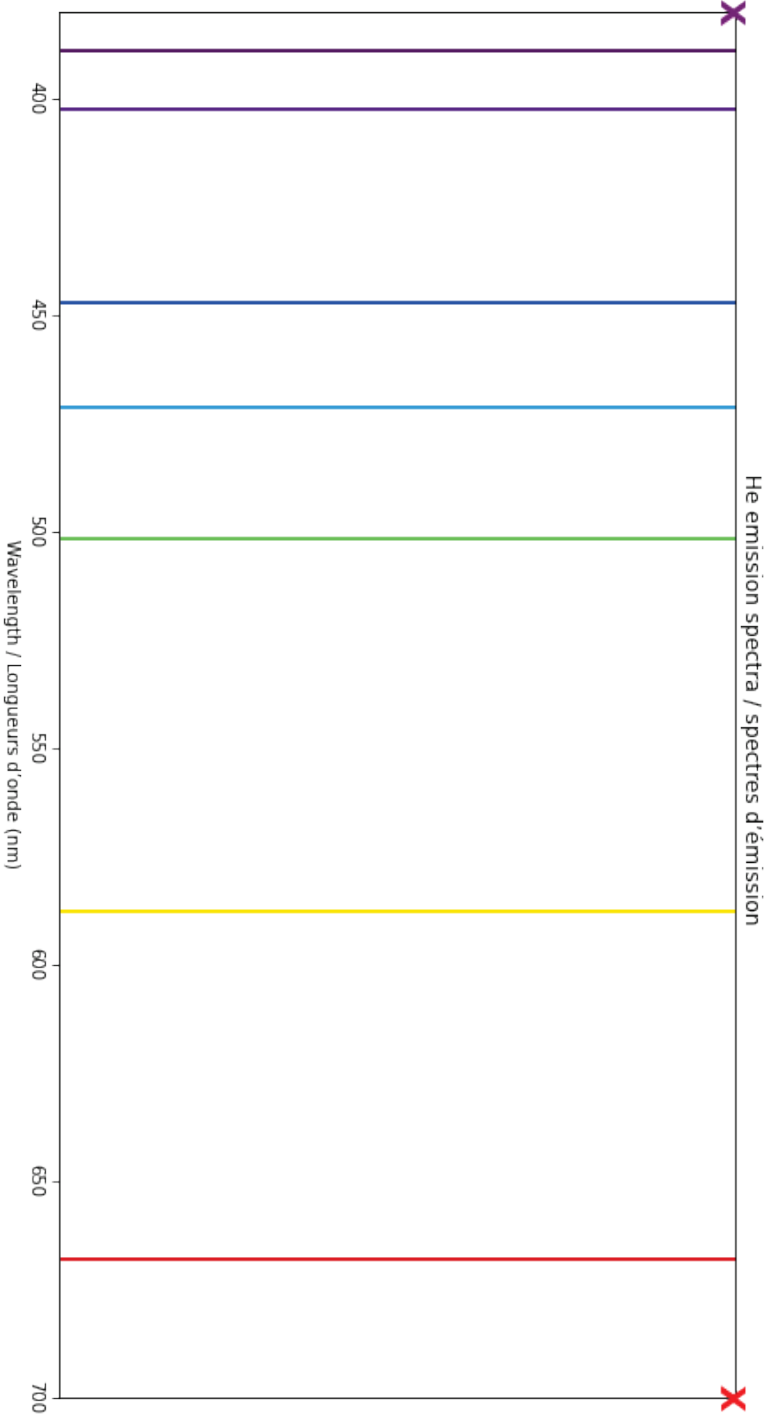
#8 – O (Oxygen / Oxygène)



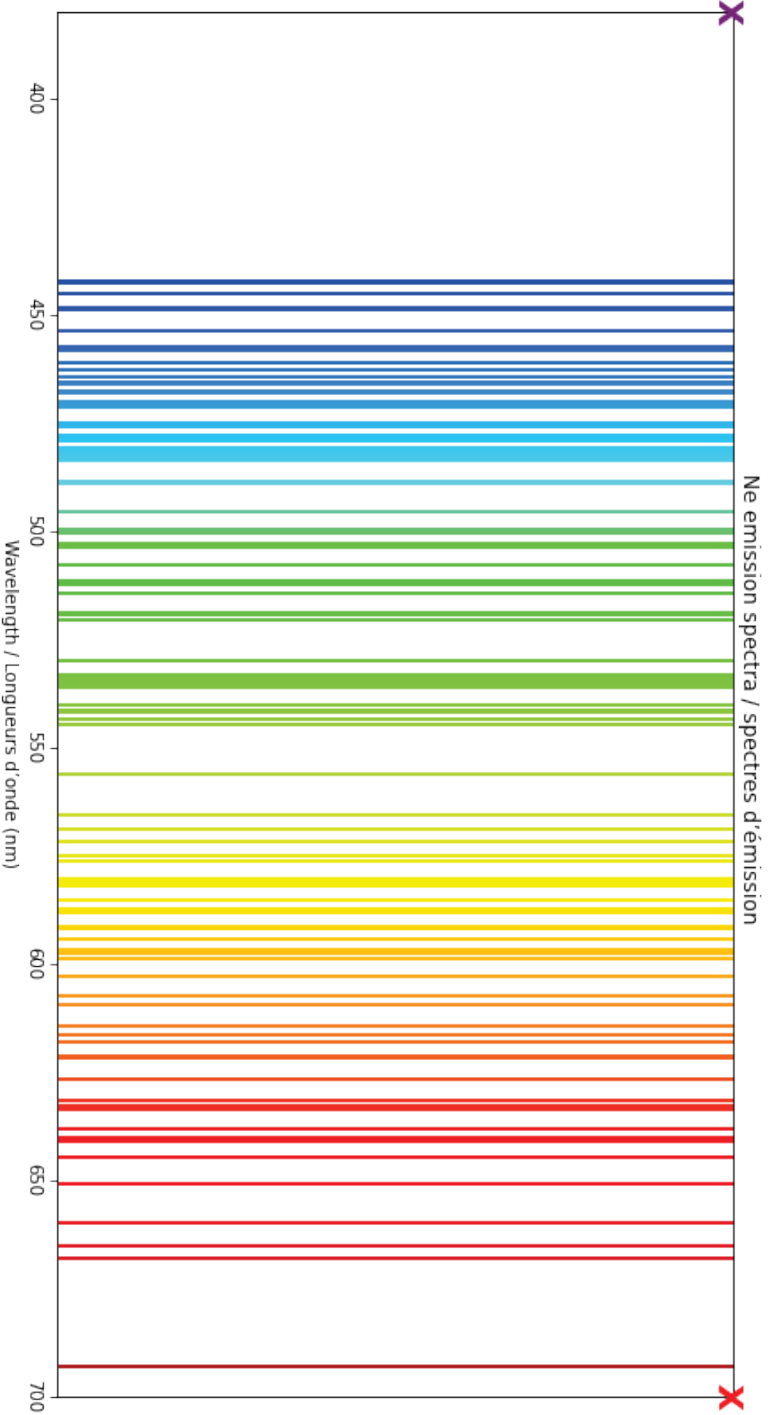
#18 – Ar (Argon / Argon)



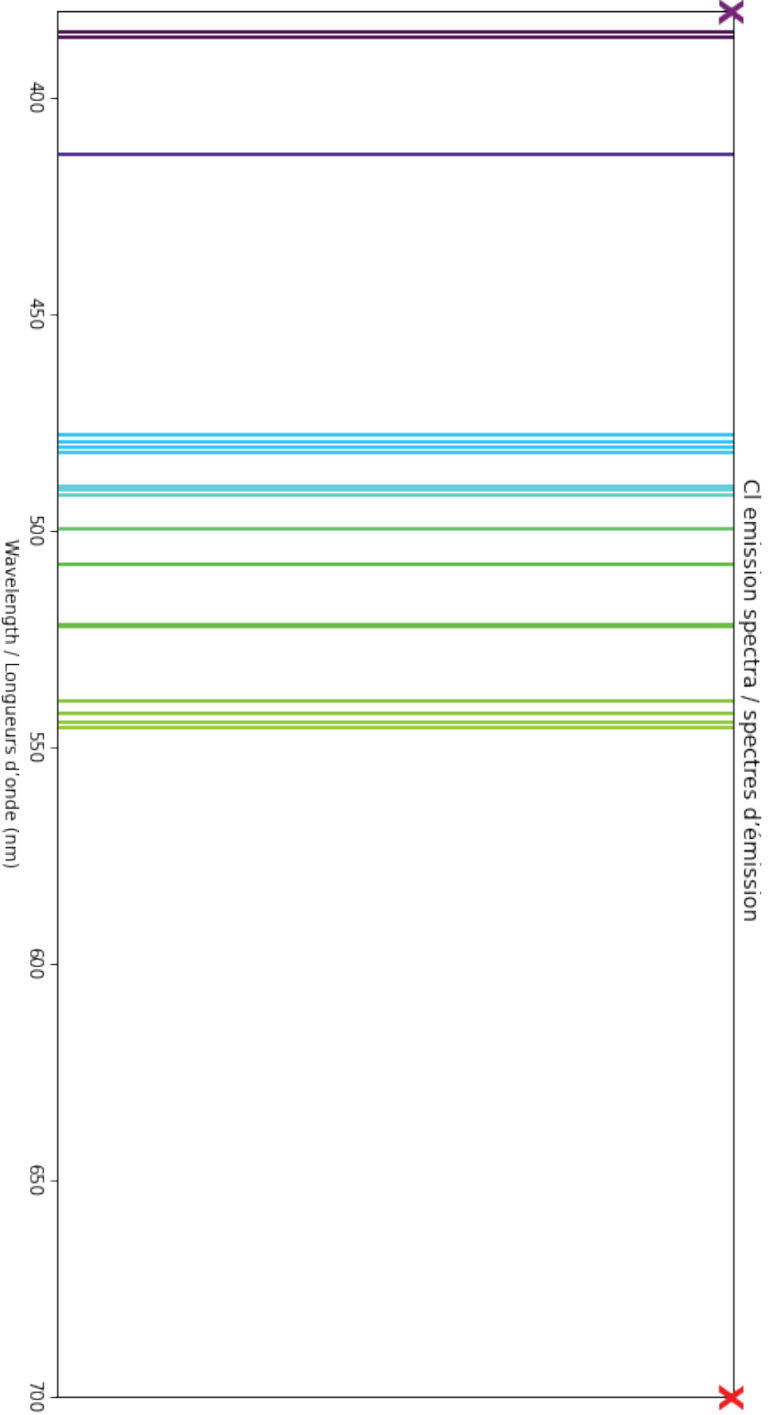
#2 – He (Helium / Hélium)



#10 – Ne (Neon / Néon)

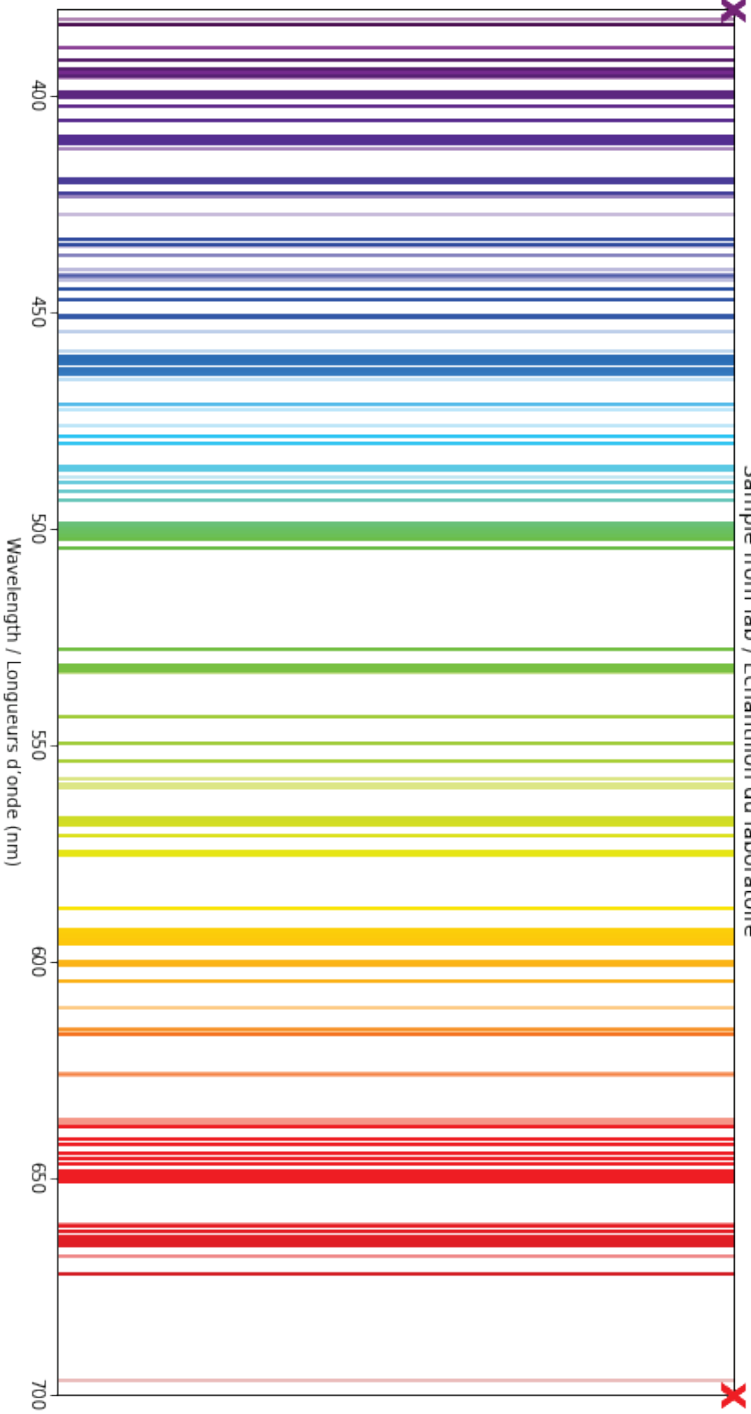


#17 – Cl (Chlorine / Chlore)



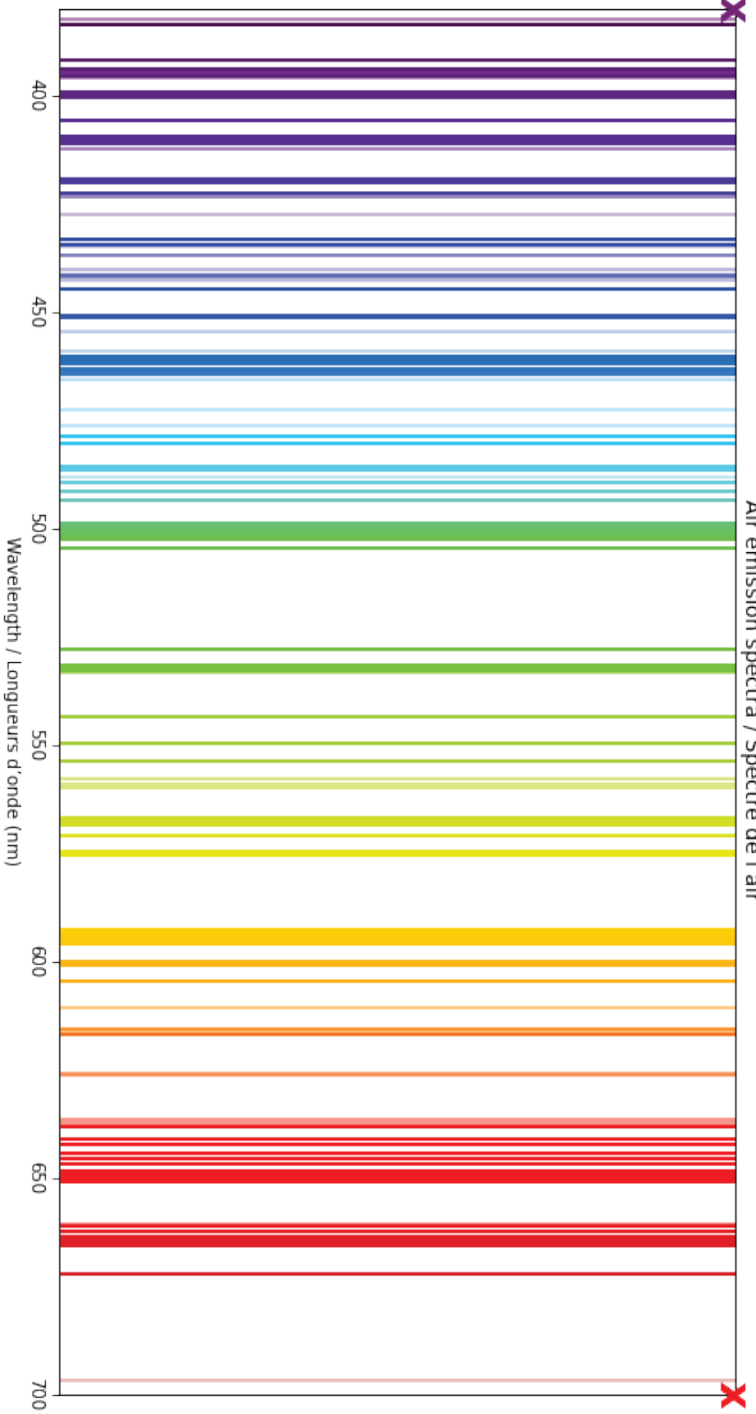
Sample from lab / Échantillon du laboratoire

Sample from lab / Échantillon du laboratoire



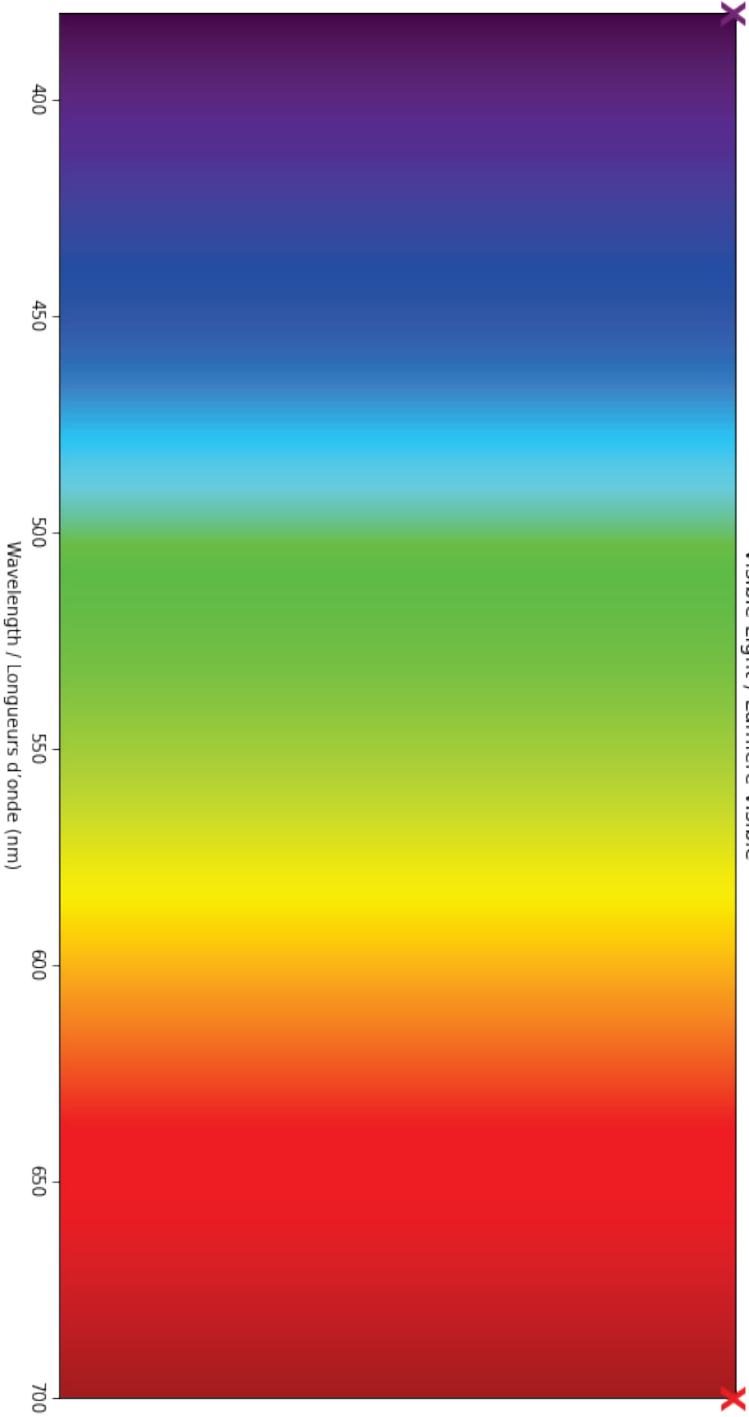
Air spectra / Spectre d l'air

Air emission spectra / Spectre de l'air



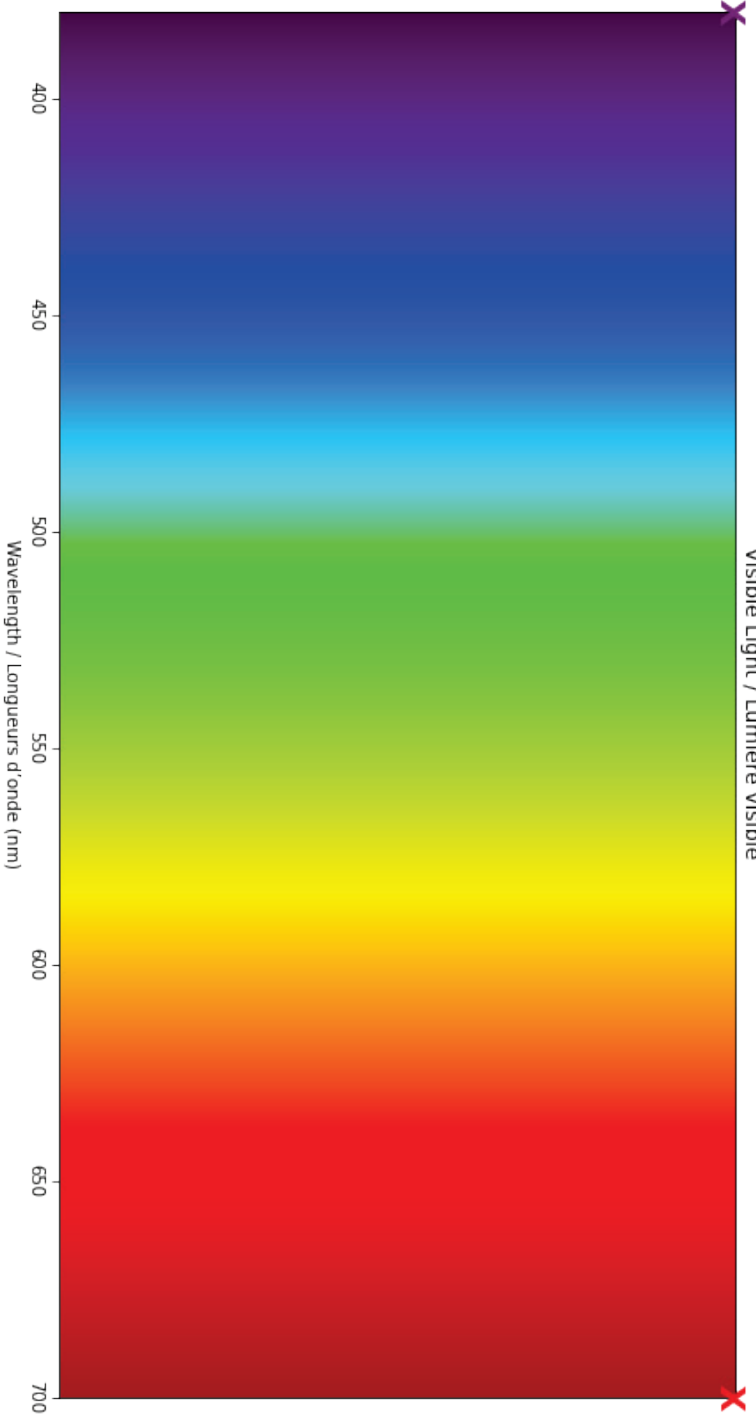
Visible Light / Lumière visible

Visible Light / Lumière visible

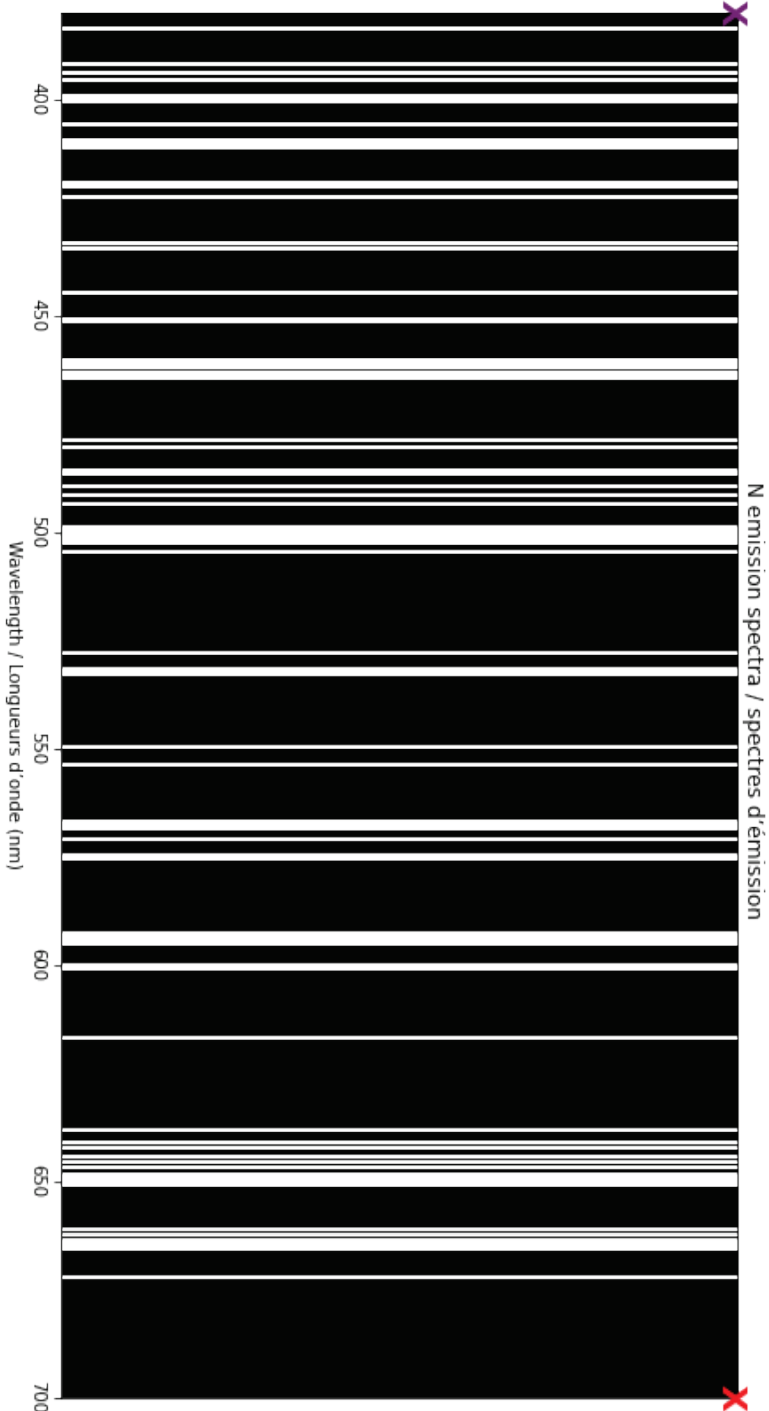


Visible Light / Lumière visible

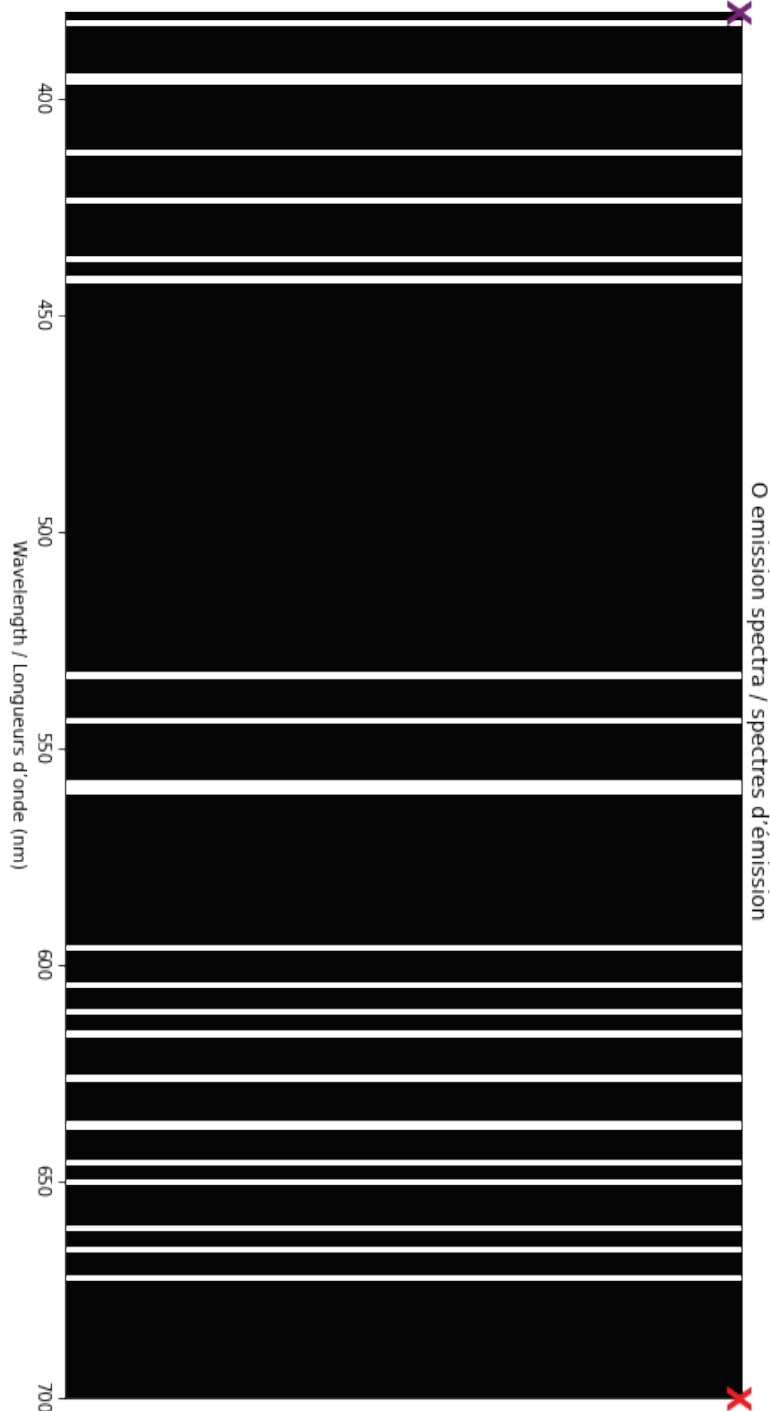
Visible Light / Lumière visible



#7 – N (Nitrogen / Azote)

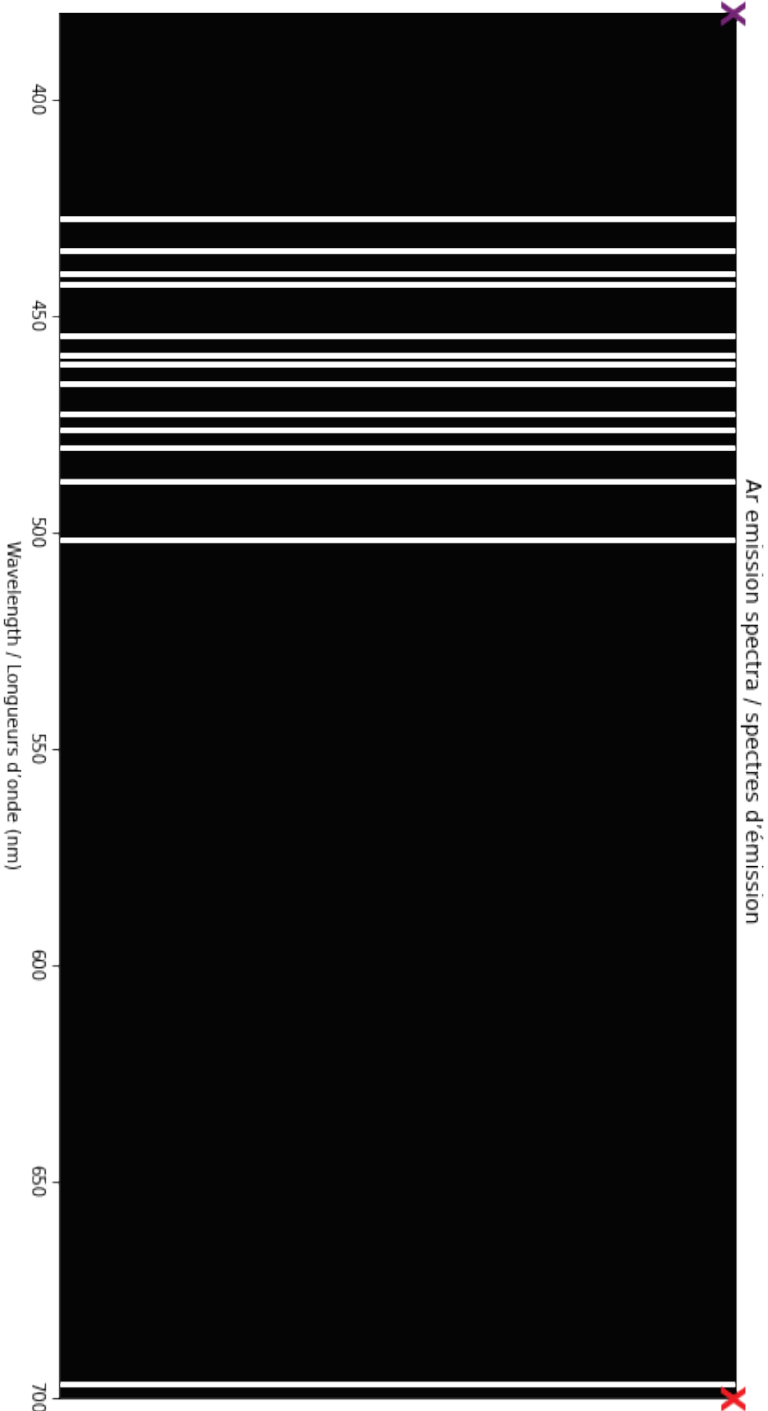


#8 – O (Oxygen / Oxygène)

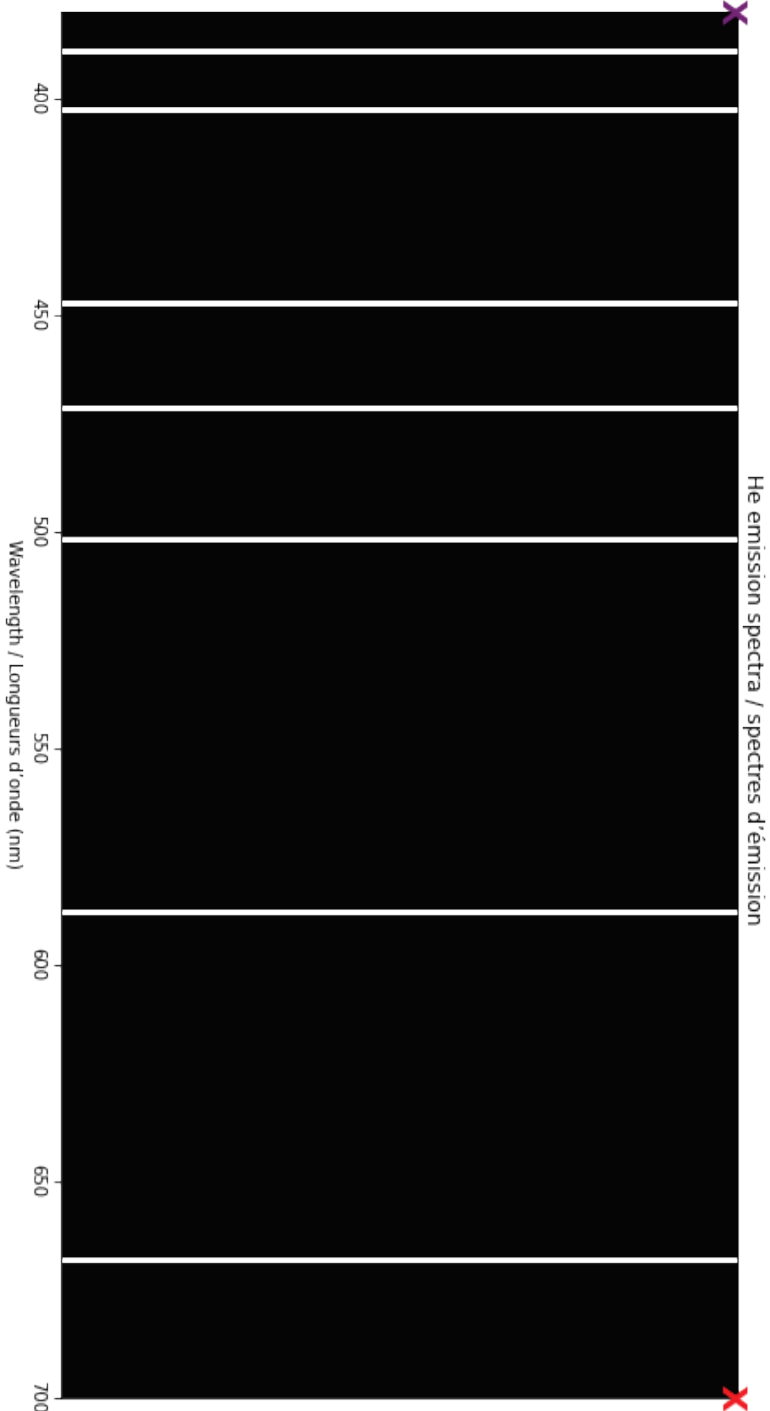


Print on transparent paper
Lamination recommended

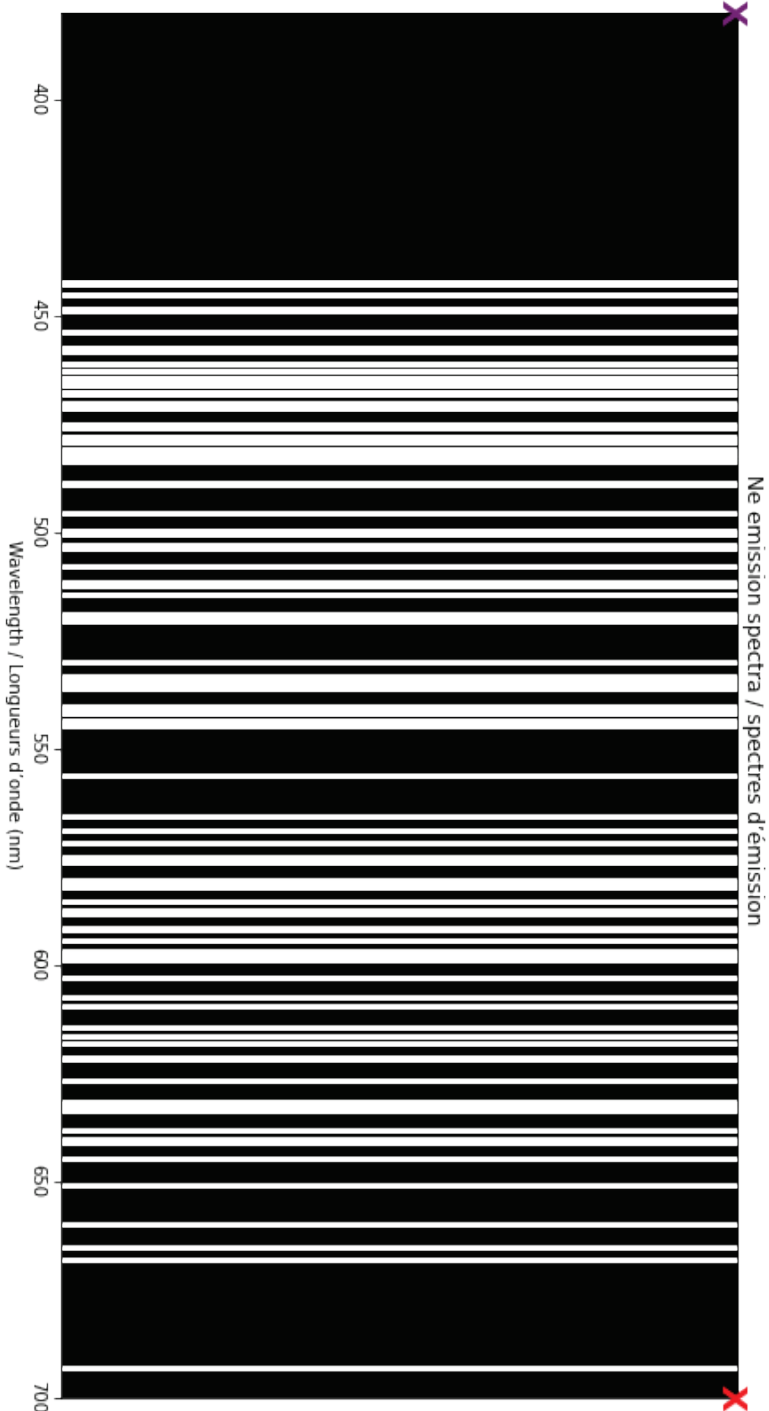
#18 – Ar (Argon / Argon)



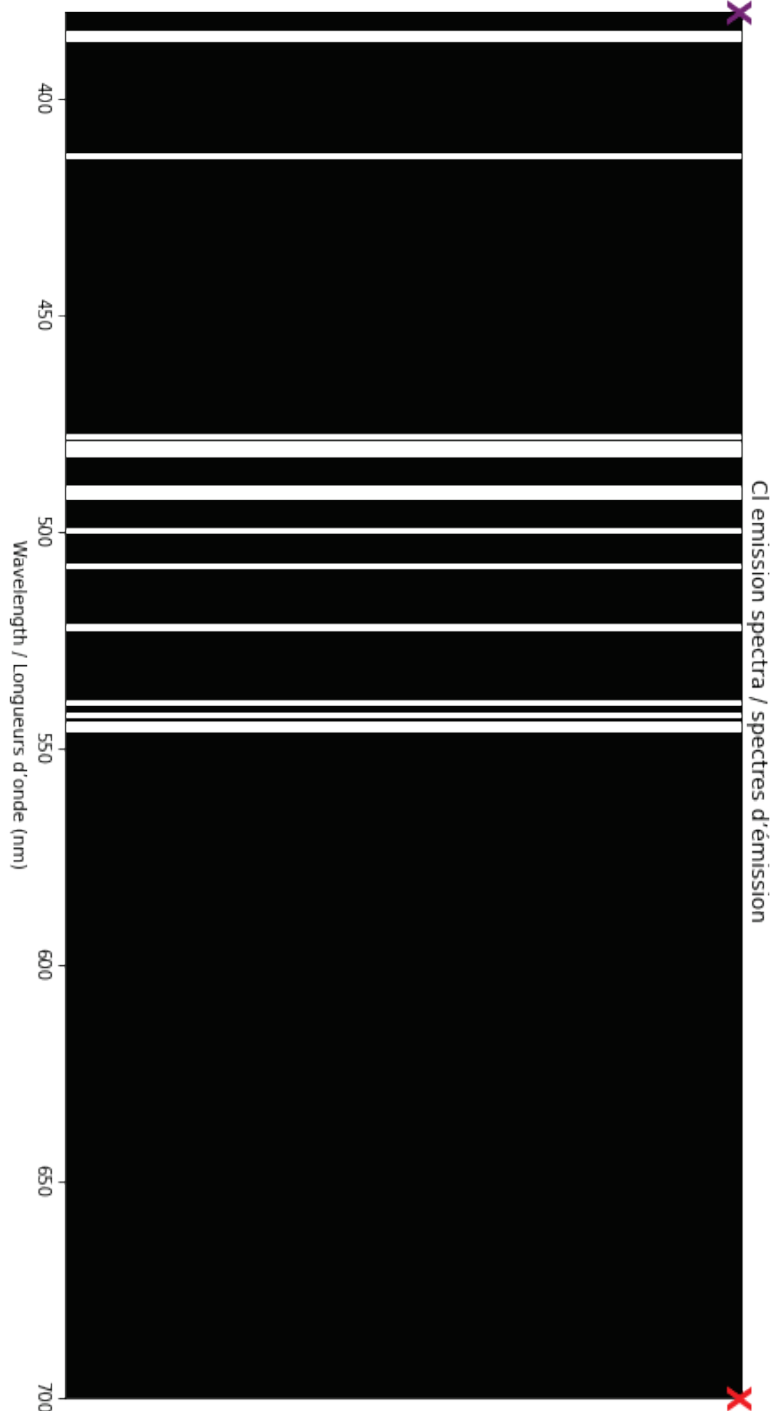
#2 – He (Helium / Hélium)



#10 – Ne (Neon / Néon)

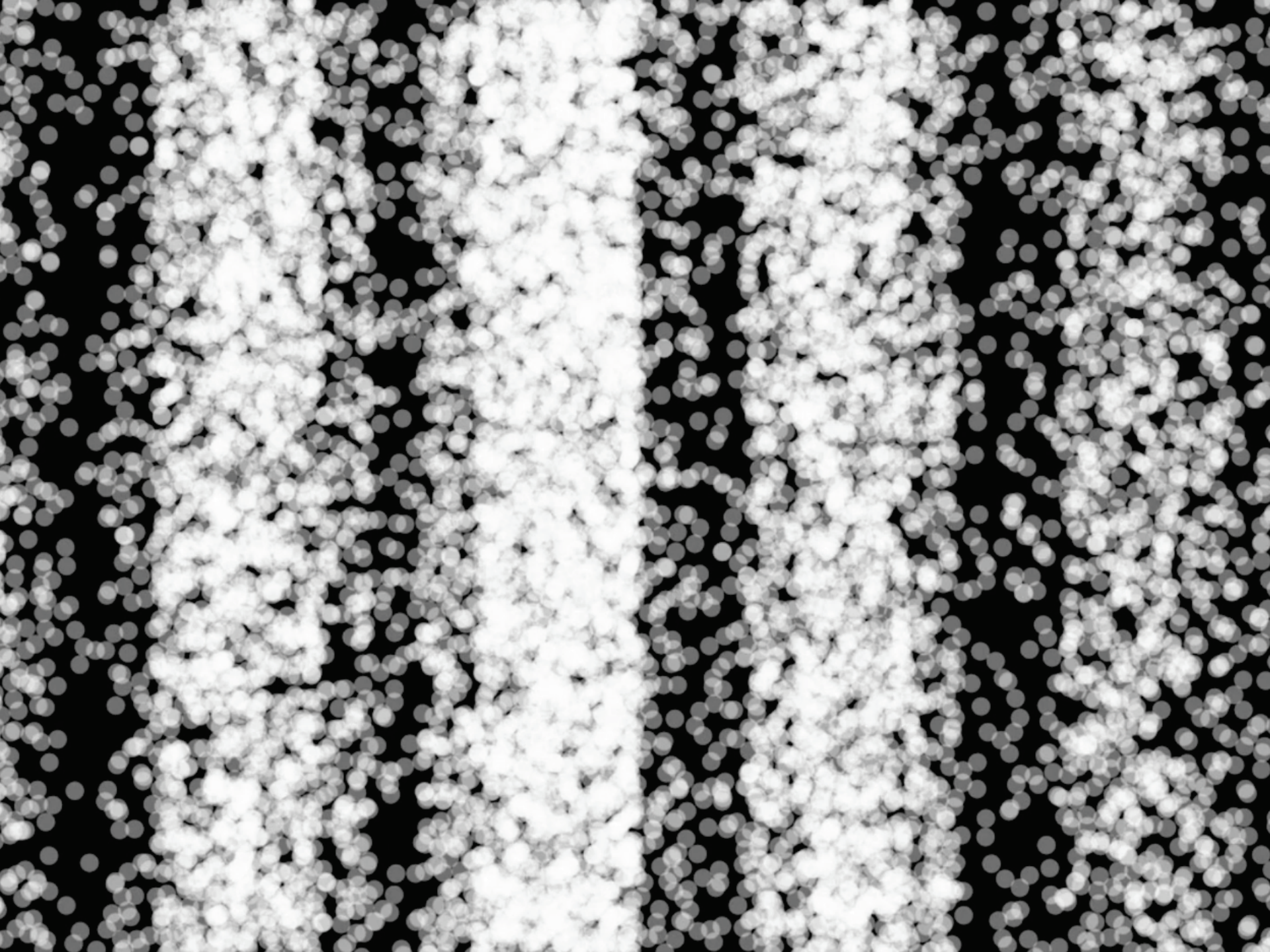


#17 – Cl (Chlorine / Chlore)



Quantum Information Cards

- Print double-sided.
- Optional cards for end of session to discuss ways in which quantum bits are actually built in today's research laboratory.





Learn more / En savoir plus :
uwaterloo.ca/iqc

Photons

A photon is the smallest possible unit of light. Despite being countable like particles, they behave like waves in many other ways. For example, while each photon may show up at a random location, repeating the experiment many times may reveal a wave-like interference pattern.

Measuring photons is important for many technologies. In quantum technology, we often encode binary information in properties like polarization to build quantum communication networks and quantum computers.

Front image

A double-slit interference pattern built photon-by-photon.
Sci. Rep. 4, 4685 (2014)

Photons

Le photon est la plus petite unité d'énergie lumineuse. Bien qu'ils soient dénombrables comme des particules, les photons se comportent comme des ondes dans de nombreux cas. Par exemple, même si les photons apparaissent à des endroits aléatoires, en répétant l'expérience plusieurs fois, on peut observer une figure d'interférence comme pour une onde.

Beaucoup de technologies reposent sur la mesure des photons. En technologie quantique, on encode souvent des informations binaires grâce à des propriétés telles que la polarisation pour construire des réseaux de communication et des ordinateurs quantiques.

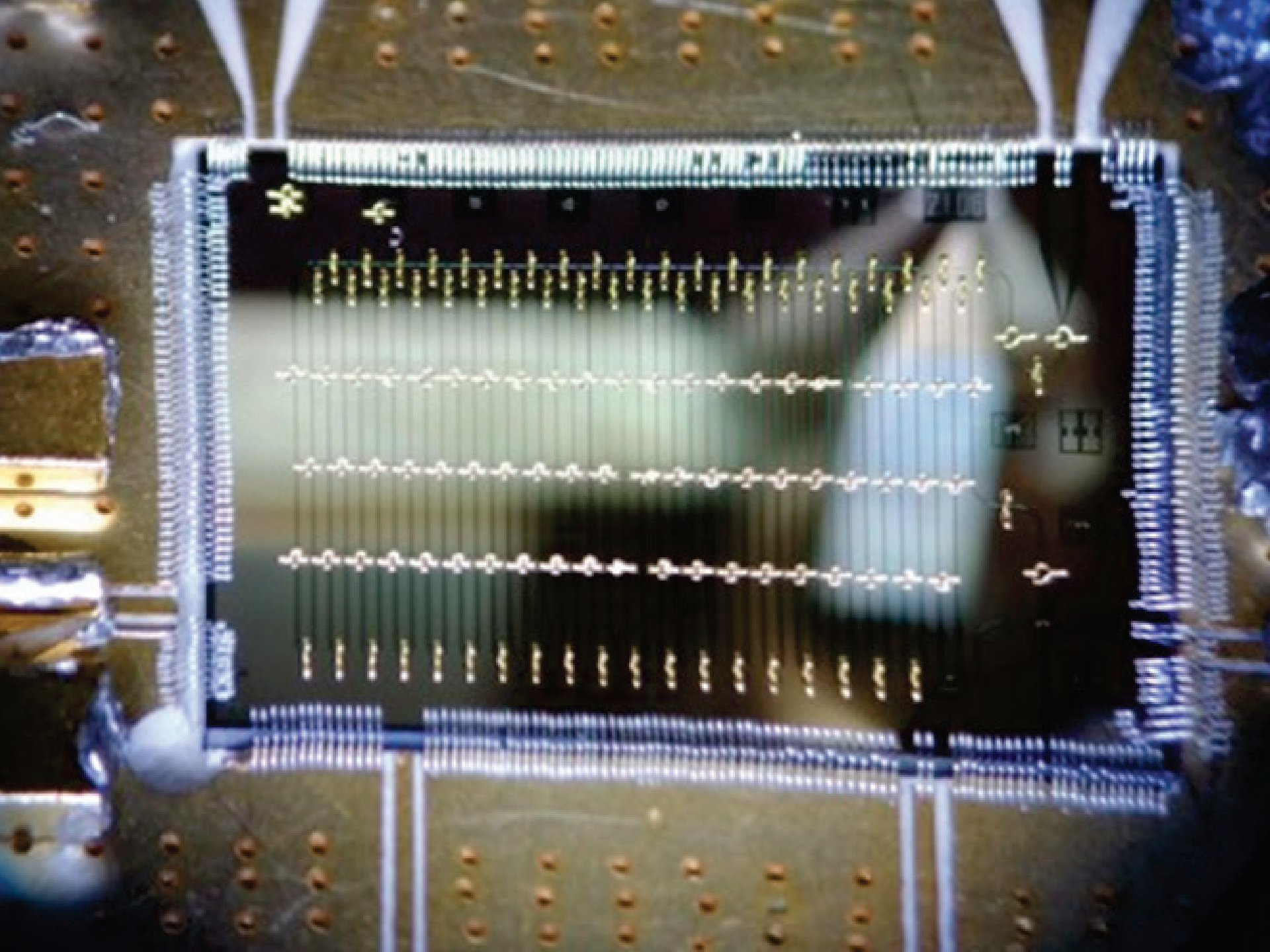
Image au verso

Une figure d'interférence à deux fentes construite photon par photon.
Sci. Rep. 4, 4685 (2014)



UNIVERSITY OF
WATERLOO

IQC Institute for
Quantum
Computing



Superconductors

Superconductors don't just conduct electricity well; they conduct it *perfectly*, with absolutely zero resistance. This only occurs at very low temperatures and arises from the quantum mechanics of electrons.

By cooling aluminum circuits like the one on this card below 0.01 Kelvin, 300 times colder than outer space, we can observe these effects and build bits for quantum computers. We need very precise nanofabrication tools to build components smaller than 100 atoms wide.

Front image

Superconducting chip for quantum simulation.
Phys. Rev. Lett **127**, 100503 (2021).

Supraconducteurs

Les supraconducteurs ne font pas que bien conduire l'électricité; ils la conduisent parfaitement, sans aucune résistance. Ce phénomène ne se produit qu'à très basse température sous l'effet de la mécanique quantique des électrons.

En refroidissant des circuits en aluminium comme celui au dos de la fiche à moins de 0,01 kelvin, soit 300 fois plus froid que l'espace, on peut observer ces effets et construire des bits pour les ordinateurs quantiques. Il faut des outils de nanofabrication très précis pour construire des composants de moins de 100 atomes de large.

Image au verso

Puce supraconductrice utilisée pour les simulations quantiques.
Phys. Rev. Lett **127**, 100503 (2021).



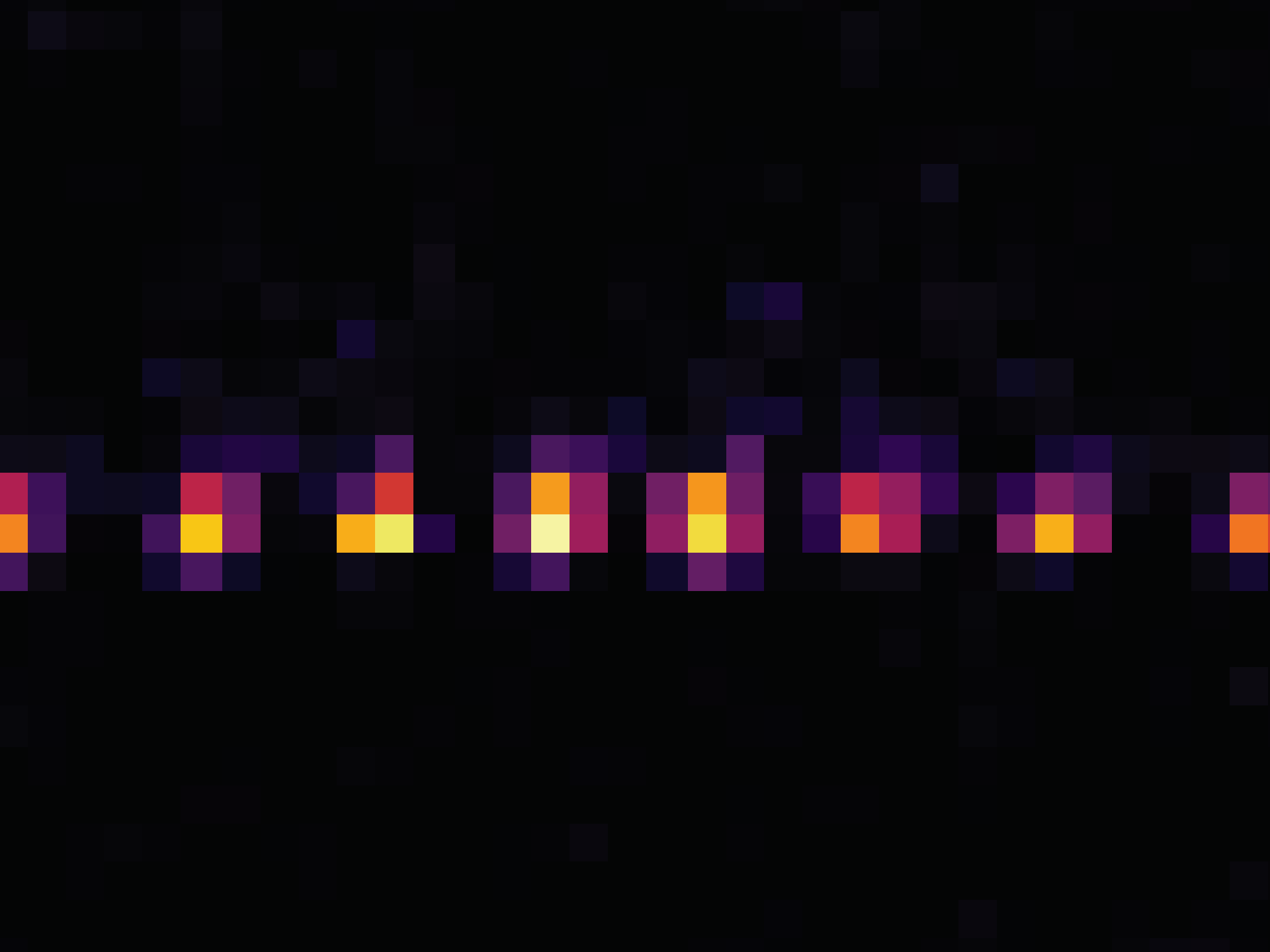
Learn more / En savoir plus :
uwaterloo.ca/iqc



UNIVERSITY OF
WATERLOO

IQC

Institute for
Quantum
Computing





Trapped atoms

The photo on the back of this card is of eight individual Ytterbium atoms. These atoms are trapped using lasers and electromagnetic fields and isolated with electric charge.

In quantum computing, we can really build computers atom-by-atom. We control the energy of the electrons in the atoms with lasers to encode 0's and 1's. The lasers must be tuned to the very specific wavelengths that we see in the atoms' spectra. Similar tools are used to build atomic clocks and specialized sensors.

Front image

Fluorescence from individually trapped Yb ions.
Lab of R. Islam, 2021.

Atomes piégés

La photo au dos de cette carte représente huit atomes d'ytterbium. Ces atomes sont piégés à l'aide de lasers et de champs électromagnétiques, puis isolés avec une charge électrique.

En informatique quantique, on peut vraiment construire des ordinateurs atome par atome. On contrôle l'énergie des électrons dans les atomes avec des lasers afin de coder des « 0 » et des « 1 ». Les lasers doivent être réglés sur des longueurs d'onde très précises que l'on observe dans les spectres des atomes. Des outils similaires sont utilisés pour construire des horloges atomiques et des capteurs spécialisés.

Image au verso

Fluorescence provenant d'ions d'Yb piégés séparément.
Laboratoire du R. Islam, 2021.



Learn more / En savoir plus :
uwaterloo.ca/iqc

