



PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA  
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH  
MOHAMED BOUDIAF UNIVERSITY OF M'SILA



Module : Energy and environment

---

# ENERGY STORAGE

---

*2nd-year Licence's students*  
*(Electronics, Automation, and Telecommunications)*

Responsible of module: Dr. Moufdi HADJAB  
Academic year: 2024/2025

# OUTLINES



**1. DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE**



**2. ELECTRICITY STORAGE**



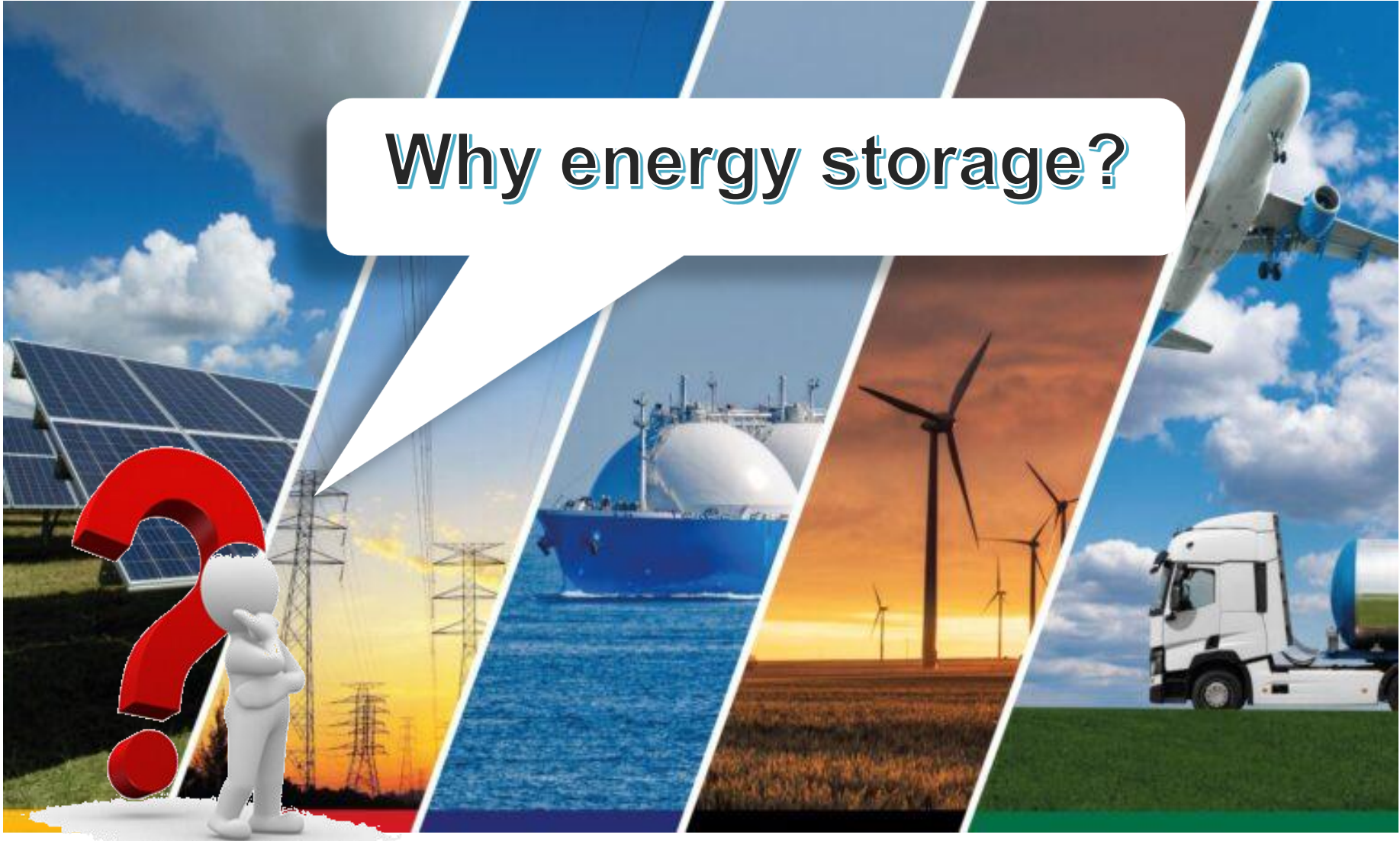
**3. THERMAL STORAGE OF “HEAT”**



**4. CRITERIA FOR SELECTING A STORAGE TECHNOLOGY**

# DEFINITION DE L'ENERGIE

Why energy storage?



# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## DEFINITION !

- ❑ Energy storage refers to all the **technologies and methods that allow** a certain amount of energy produced to be stored **for later use**.
- ❑ This concept has become essential with the rise of renewable energies, which are often intermittent, i.e. they do not produce continuously (like solar which does not produce at night, or wind which depends on the presence of wind).

- ❑ يشير تخزين الطاقة إلى جميع التقنيات والأساليب التي تسمح بتخزين كمية معينة من الطاقة المنتجة لاستخدامها لاحقاً.
- ❑ وقد أصبح هذا المفهوم أساسياً مع ظهور الطاقات المتجددة، والتي غالباً ما تكون متقطعة، أي أنها لا تنتج بشكل مستمر (مثل الطاقة الشمسية التي لا تنتج في الليل، أو طاقة الرياح التي تعتمد على وجود الرياح).

# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## GENERAL INFORMATION ON ENERGY STORAGE

- ❑ Energy storage depends on the type of energy; Fossil fuels "coal, gas and oil" are stored naturally in reservoirs, once extracted, they can easily be transformed or transported from a technical point of view.
- ❑ Storage for intermittent energies mainly concerns the storage of electricity and heat. It turns out to be more complex "requires specific systems", However, electricity is generally transformed "into mechanical, thermal or chemical energy" to be stored. On the contrary, heat storage is generally carried out in its original form.

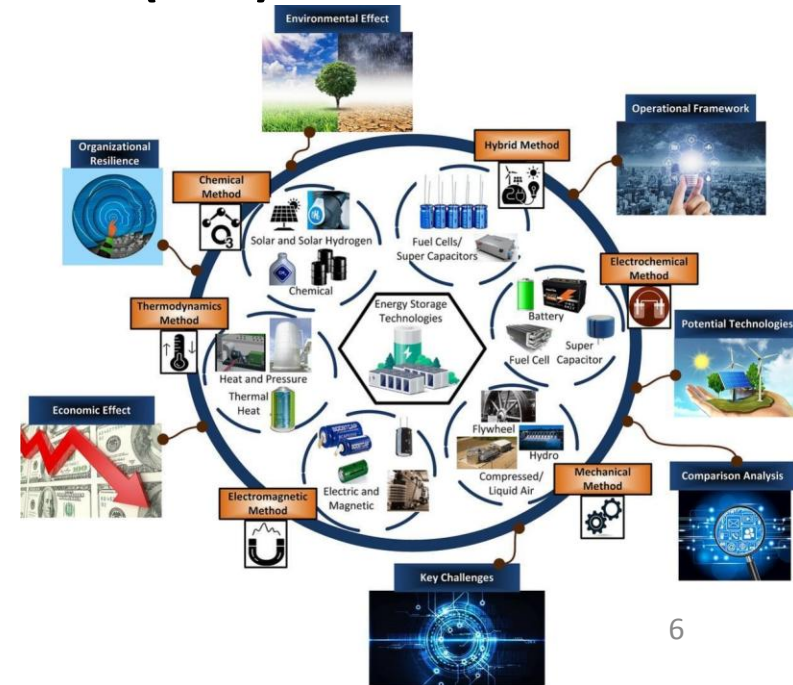
❑ يعتمد تخزين الطاقة على نوع الطاقة؛ يتم تخزين الطاقات الأحفورية "الفحم والغاز والنفط" بشكل طبيعي في الخزانات، وبمجرد استخراجها، يمكن تحويلها أو نقلها بسهولة من الناحية الفنية.

❑ يتعلق تخزين الطاقات المتقطعة بشكل أساسي بتخزين الكهرباء والحرارة. وتبين أنها أكثر تعقيدا "تتطلب أنظمة محددة"، إلا أن الكهرباء تتحول عموما "إلى طاقة ميكانيكية أو حرارية أو كيميائية" ليتم تخزينها. في المقابل، يتم تخزين الحرارة عادة في شكله الأصلي.

# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## SOME EXAMPLES:

- ❑ Electrochemical batteries
- ❑ Thermal storage
- ❑ Pumped storage energy transfer stations (PSE)
- ❑ Hydrogen
- ❑ Compressed air storage (CAES)



# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## SOME EXAMPLES:

- ❑ **Electrochemical batteries:** They transform and store energy in chemical form.
- ❑ Lithium-ion batteries are commonly used in electric cars and home energy storage systems (Ex. lead-acid, Li-ion and flow batteries)



البطاريات الكهروكيميائية: تقوم بتحويل وتخزين الطاقة في صورة كيميائية. تُستخدم بطاريات الليثيوم أيون بشكل شائع في السيارات الكهربائية وأنظمة تخزين الطاقة المنزلية.

# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## SOME EXAMPLES:

- ❑ **Thermal storage:** It allows energy to be stored in the form of heat or cold. For example, solar energy can be used to heat a material that will release this heat later.

يسمح بتخزين الطاقة على شكل حرارة أو برودة. على سبيل المثال، يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتسخين مادة ستطلق تلك الحرارة لاحقًا.





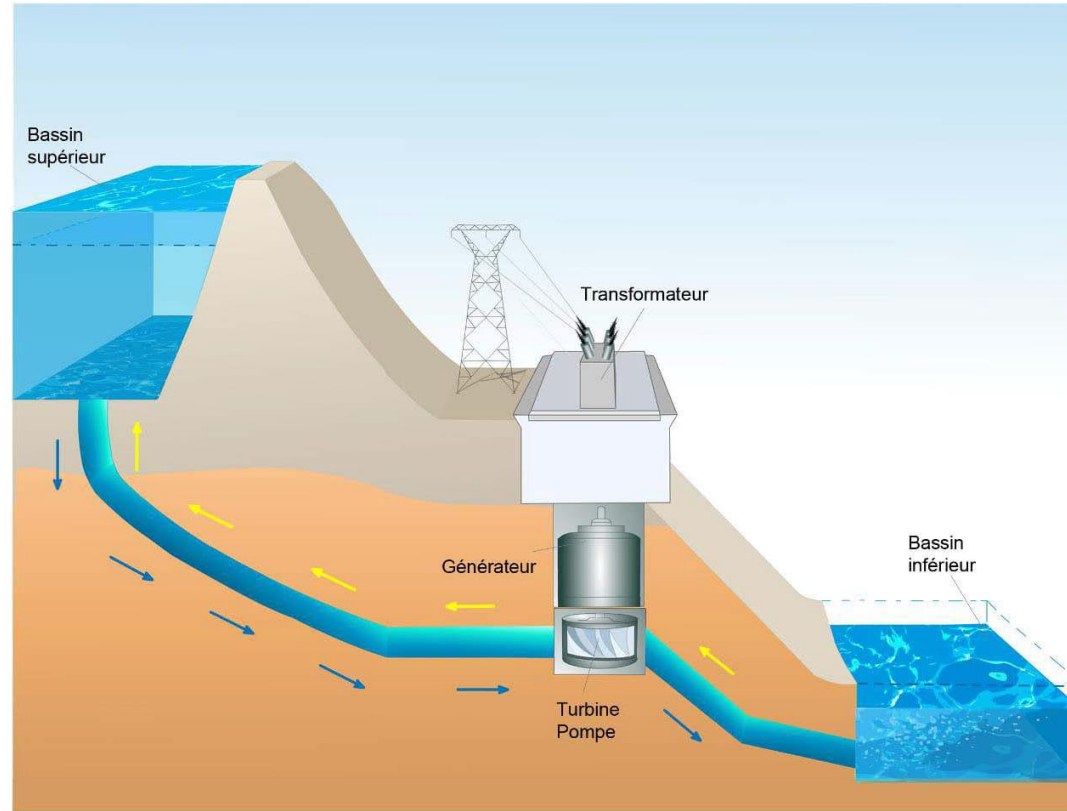
# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## SOME EXAMPLES:

- ❑ **Pumped storage hydroelectric power plants (PSHP):** This is a method of mechanical energy storage. Water is pumped into a reservoir at altitude when there is a surplus of energy, then released to generate electricity via turbines when there is a demand.

محطات نقل الطاقة المضخوخة (STEP)

هذه طريقة لتخزين الطاقة الميكانيكية. يتم ضخ المياه من خزان على ارتفاع عندما تكون هناك طاقة زائدة، ثم يتم إطلاقها لإنتاج الكهرباء عبر التوربينات عندما يكون هناك طلب.



# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## SOME EXAMPLES:

- ❑ **Hydrogen:** Electricity can be used to split water into oxygen and hydrogen through electrolysis. The hydrogen produced can be stored and later used as fuel or to generate electricity.

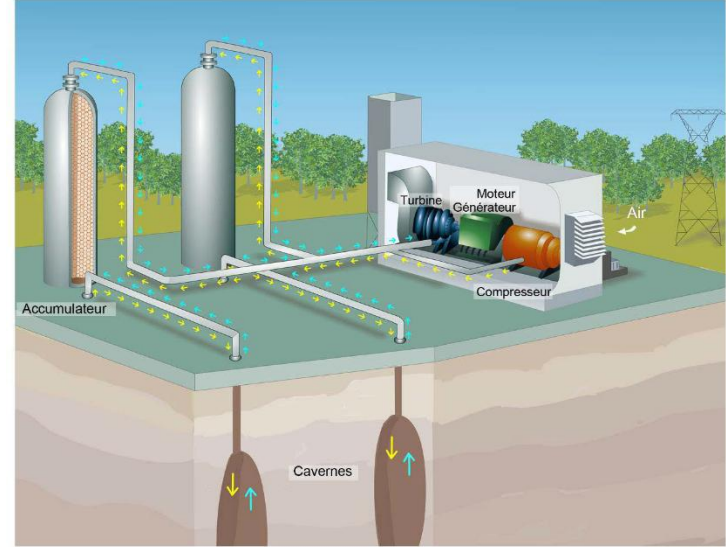
الهيدروجين: يمكن استخدام الكهرباء لتقسيم الماء إلى أكسجين وهيدروجين من خلال التحليل الكهربائي. يمكن تخزين الهيدروجين الناتج ومن ثم استخدامه لاحقًا كوقود أو لإنتاج الكهرباء.



# DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

## SOME EXAMPLES:

- ❑ **Compressed Air Energy Storage (CAES):** Electricity is used to compress air in underground reservoirs. This air can then be released and used to drive turbines and generate electricity.



تخزين الهواء المضغوط CAES:

يتم استخدام الكهرباء لضغط الهواء في خزانات موجودة تحت الأرض. ومن ثم يمكن إطلاق هذا الهواء واستخدامه في تشغيل التوربينات وتوليد الكهرباء.

## DEFINITION AND GENERALITIES ON ENERGY STORAGE

- ❑ The nature of storage is multiple and depends on the discharge time, power and duration required.
- ❑ Storage can be:
  - ❑ **for fixed or centralized use:** we are talking about stationary storage
  - ❑ **for mobile use:** means of transport, electronic devices, etc.
- ❑ Storage is also differentiated according to its capacity "quantity of available electrical charge":
- ❑ Storage is said to be of low capacity when it is of the order of kWh,
- ❑ High capacity if it is greater than 10 MWh. In this case, we speak of massive energy storage

طبيعة التخزين متعددة وتعتمد على زمن التفريغ والطاقة والمدة المطلوبة

- التخزين يمكن أن يكون: للاستخدام الثابت أو المركزي: نتحدث عن التخزين الدائم
- للاستخدام المحمول: كأن يكون مخصصاً لوسائل النقل والأجهزة الإلكترونية وما إلى ذلك.
- ونفرق أيضاً بين التخزين وفقاً لسعته "كمية الشحنة الكهربائية المتوفرة":
- نقول أن سعة التخزين منخفضة عندما تكون في حدود كيلووات ساعي
- سعة عالية إذا كانت أكبر من 10 ميجاوات ساعي. في هذه الحالة، نحن نتحدث عن تخزين الطاقة الضخمة

# ELECTRICITY STORAGE

## Electricity storage



## □ Electricity storage:

Electricity storage is crucial to ensuring a stable and reliable energy supply. Storage can be direct or indirect, depending on how the electricity is stored and retrieved. Here is an explanation of these two types:

- **Direct Electricity Storage**
- **Indirect Electricity Storage**

يعد تخزين الكهرباء أمرًا بالغ الأهمية لضمان إمدادات طاقة مستقرة وموثوقة. يمكن أن يكون التخزين مباشرًا أو غير مباشر، اعتمادًا على كيفية تخزين الكهرباء واستعادتها. وفيما يلي

شرح لهذين النوعين:

- تخزين الكهرباء المباشر
- تخزين الكهرباء بشكل غير مباشر

# ELECTRICITY STORAGE

## □ Direct electricity storage:

- **Electrochemical batteries:** These store electricity directly as chemical energy. When there is a demand, the chemical reactions reverse, releasing the electricity. Common examples include lithium-ion, lead-acid, and sodium-sulfur batteries.
- **Capacitors:** These store energy in the form of an electrostatic field. They can charge and discharge very quickly, but generally have a lower energy density than batteries.
- **Flywheels:** These store electricity as kinetic energy. The electricity is used to spin a disk or cylinder at high speed, and this energy is recovered by using the flywheel as a generator.



## □ التخزين المباشر للطاقة الكهربائية

□ البطاريات الكهروكيميائية: تقوم بتخزين الكهرباء مباشرةً على شكل طاقة كيميائية. عندما يكون هناك طلب، تنعكس الردود الكيميائية، مما يطلق الكهرباء. البطاريات ذات تكنولوجيا الليثيوم أيون والرصاص الحمضي والصدوديوم الكبريتي هي أمثلة شائعة.

□ المكثفات: تقوم بتخزين الطاقة على شكل حقل كهروستاتيكي. يمكنها الشحن والتفريغ بسرعة كبيرة، ولكنها عادةً ما تكون ذات كثافة طاقيّة أقل من البطاريات.

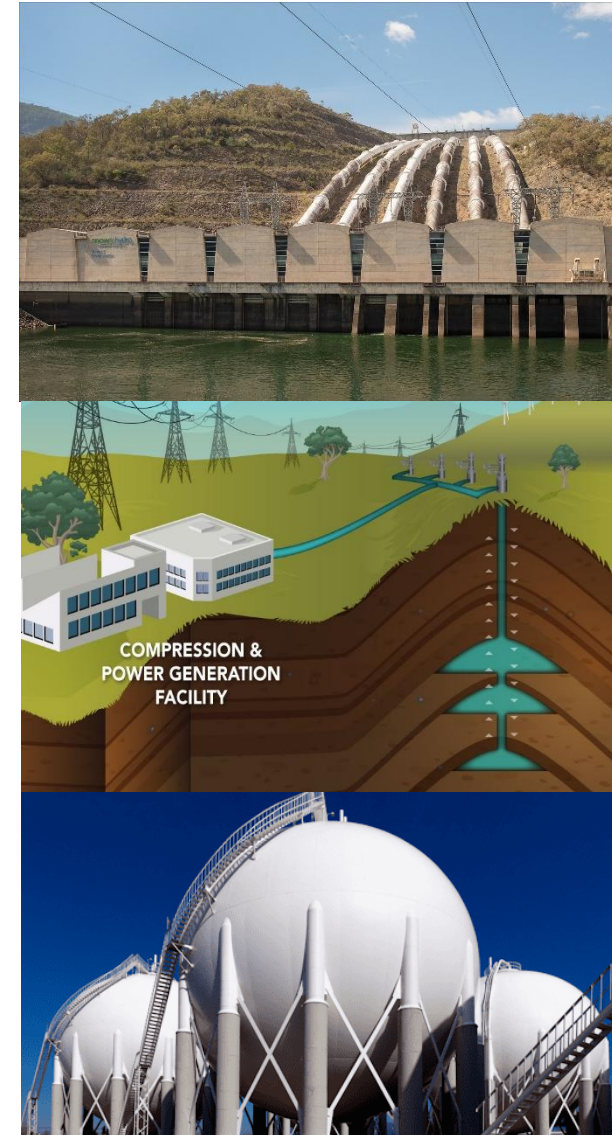
□ العجلات الطاقية: تخزن الكهرباء على شكل طاقة حركية. يتم استخدام الكهرباء لتدوير قرص أو أسطوانة بسرعة عالية، ويتم استرداد هذه الطاقة عن طريق استخدام العجلة كمولد.



# ELECTRICITY STORAGE

## □ Indirect electricity storage:

- **Pumped Storage Energy Transfer (PSE) Stations:** Electricity is used to pump water from a lower reservoir to an upper reservoir. When demand is high, the water is released, passing through turbines to generate electricity.
- **Compressed Air Storage (CAES):** Electricity is used to compress air which is then stored in underground caverns. When demand is high, the air is heated and expanded to spin a turbine and generate electricity.
- **Hydrogen Storage:** Electricity is used to electrolyze water, producing hydrogen which is stored. The hydrogen can then be used in a fuel cell or burned to generate electricity.

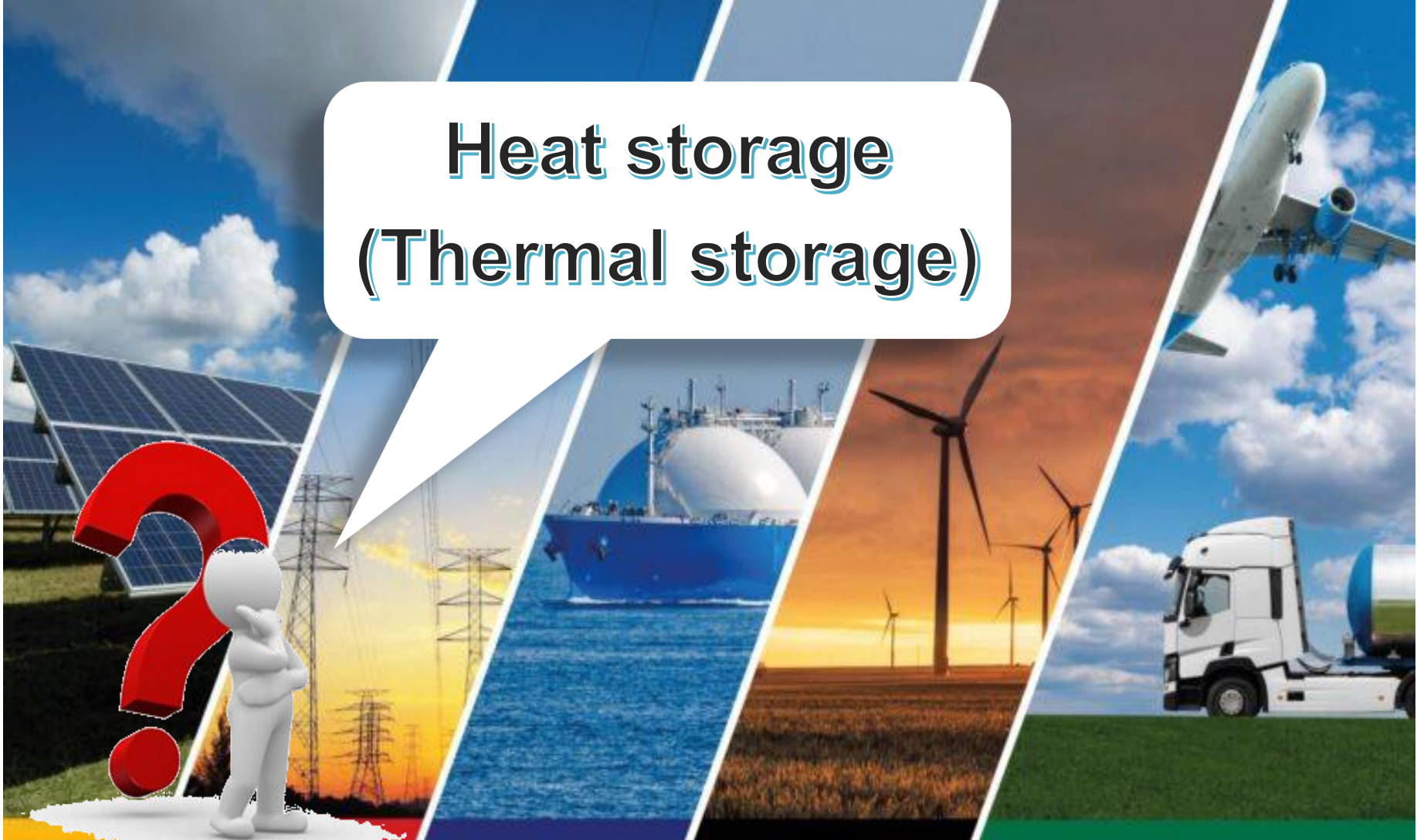


## □ التخزين غير المباشر للطاقة الكهربائية

- محطات نقل الطاقة المضخوخة: تُستخدم الكهرباء لضخ المياه من الخزان السفلي إلى الخزان العلوي. وعندما يرتفع الطلب، يتم إطلاق المياه، وتتمر عبر التوربينات لتوليد الكهرباء.
- تخزين الهواء المضغوط: يتم استخدام الكهرباء لضغط الهواء الذي يتم بعد ذلك تخزينه في كهوف تحت الأرض. عند الطلب، يتم تسخين الهواء وتوسيعه لتدوير التوربينات وتوليد الكهرباء.
- تخزين الهيدروجين: تستخدم الكهرباء في التحليل الكهربائي للمياه، وإنتاج الهيدروجين الذي يتم تخزينه. يمكن بعد ذلك استخدام الهيدروجين في خلية الوقود أو حرقه لإنتاج الكهرباء.

# THERMAL STORAGE "OF HEAT"

Heat storage  
(Thermal storage)



# THERMAL STORAGE “OF HEAT”

- ❑ Heat storage refers to technologies used to store excess thermal energy for later use. This can be particularly useful for balancing supply and demand in energy systems, especially when energy is produced intermittently, as is the case with some renewable energy sources.
- ❑ There are several methods for storing heat:
  - ❑ **Sensible heat storage**
  - ❑ **Latent heat storage**
  - ❑ **Thermo-chemical heat storage**

يشير تخزين الحرارة إلى التقنيات المستخدمة لتخزين الطاقة الحرارية الزائدة لاستخدامها في وقت لاحق. قد يكون ذلك مفيدًا بشكل خاص لموازنة العرض والطلب في الأنظمة الطاقية، خصوصًا عندما تتم إنتاج الطاقة بشكل متقطع، كما هو الحال مع بعض مصادر الطاقة المتجددة. هناك عدة طرق لتخزين الحرارة:

- تخزين الحرارة الحساسة.
- تخزين الحرارة الكامنة.
- تخزين الحرارة التيرمو-كيميائية.

# THERMAL STORAGE “OF HEAT”

- ❑ **Sensible heat storage:** Energy is stored and recovered by heating or cooling a storage material, such as water or rocks.
- ❑ **Latent heat storage:** Energy is stored and recovered using phase changes of a material, usually between solid and liquid. Phase change materials (PCMs) are often used for this type of storage.
- ❑ **Thermo-chemical heat storage:** Energy is stored and recovered through chemical reactions. In this case, the energy is usually stored in chemical form and is released as heat during the reverse reaction.

**تخزين الحرارة بشكل معقول:** يتم تخزين الطاقة واستعادتها عن طريق تسخين أو تبريد مادة تخزين، مثل الماء أو الصخور.

**تخزين الحرارة الكامنة:** يتم تخزين الطاقة واستعادتها باستخدام تغيرات الطور للمادة، عادة بين الصلبة والسائلة. غالبًا ما تستخدم مواد تغيير الطور لهذا النوع من التخزين.

**تخزين الحرارة الحرارية-الكيميائية:** يتم تخزين الطاقة واستعادتها من خلال التفاعلات الكيميائية. في هذه الحالة، عادة ما يتم تخزين الطاقة في صورة كيميائية ويتم إطلاقها كحرارة أثناء التفاعل العكسي.

# THERMAL STORAGE “OF HEAT”

The selection of a storage system on a given site depends on several selection criteria:

- Quantity and nature of available energy;
- Available power;
- Energy and power storage density, which determines the volume and weight of the system;
- Cost and maintenance, which are linked to the maturity of the technology;
- Number of cycles and depth of discharge;
- Safety.

يعتمد اختيار نظام التخزين في موقع معين على عدة معايير اختيار:

- كمية وطبيعة الطاقة المتاحة؛
- الصلاحيات المتاحة؛
- الطاقة وكثافة تخزين الطاقة، التي تحدد حجم و وزن النظام؛
- التكلفة والصيانة المرتبطة بنضج التكنولوجيا؛
- عدد الدورات وعمق التفريغ.
- نظام الامن والحماية



---

*Y a-t-il des questions !*

---