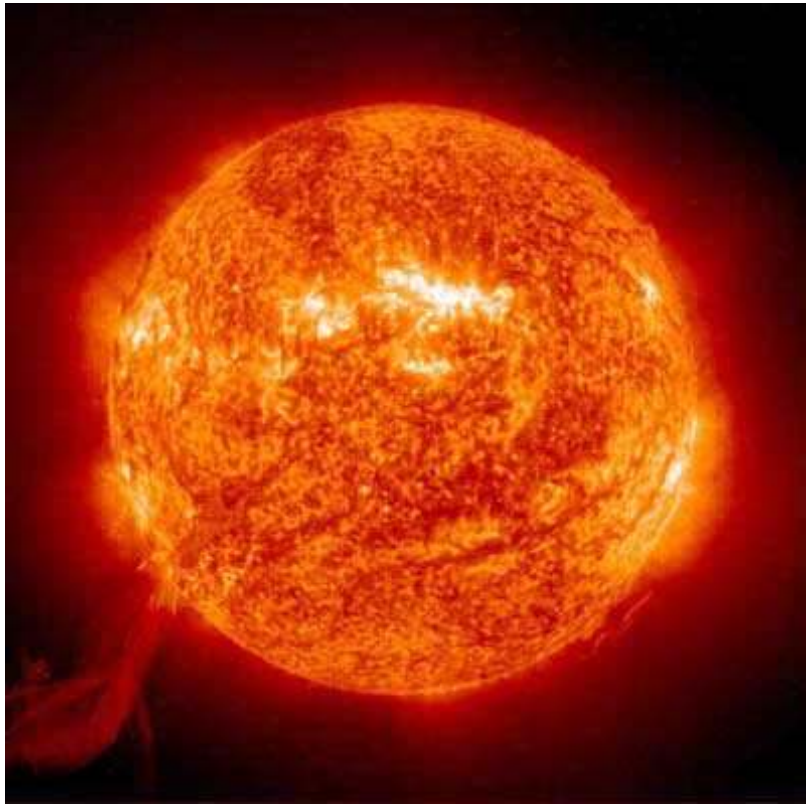




L ’Energie Solaire



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Avant propos

- De tous temps, besoin d'énergie mécanique et calorifique (transport, agriculture, construction…)
- Énergies « naturelles » renouvelables :
  - Feu dans la grotte (chauffage, cuisson)
  - Traction animale (y compris humaine)
  - Énergie cinétique (vent, chutes ou cours d'eau) dans les moulins, voiliers…
- Maintenant, chaque être humain a besoin de plus de 25 fois sa propre production d'énergie : les ressources « naturelles classiques» ne suffisent pas
- Chacun peut calculer son empreinte écologique en fonction de son mode de vie : nourriture, transport, bâtiment, activité… (**www.agir21.org**)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

L 'Energie dans le monde

- Pour tous les pays, l'énergie est stratégique
- Consommation très variable selon les pays
- Ressources très variables, mal réparties, finies
- Liaisons énergie - environnement
  - Problèmes CFC, pluies acides
  - Réchauffement climatique
- Nécessité de prévoir les tendances à long terme
- Faire le point sur les ressources et réserves
- Importance des échanges internationaux
- Enjeux géopolitiques globaux
- Préparer les ressources énergétiques de substitution

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Tendances

- Actuellement : besoins mondiaux de 10 GTEP
- Augmentation de la population mondiale :
  - entre 8 et 11 milliards d ’habitant en 2050
  - « mécaniquement » + 50 % de besoins énergétiques
- Tendance à l’urbanisation : 50 % de la population mondiale en 2000, 80 % en 2050, avec des besoins supplémentaires (passage de l ’utilisation d’énergies « agricoles » à des énergies commerciales, accès aux réseaux d’énergies…)
- Augmentation du parc automobile : x 6 en Chine d ’ici 2020, + 35 % au niveau mondial…
- Prévisions de l ’AIE, 15 GTEP dès 2020

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Solutions

- Pétrole : indispensable jusqu ’en 2050 (transports en Asie…), de plus en plus cher, émissions
- Charbon : très polluant, cher à transporter
- Gaz naturel : cher à transporter, lié au pétrole
- Nucléaire : fission : avenir limité (rejet social, risque dissémination nucléaire) ; fusion : en 2100
- Renouvelables : ressources locales, incontournables
  - éoliennes : énergie diffuse, intermittente, imprévisible
  - biomasse : déforestation, renouvellement lent
  - géothermie : investissements
  - solaire thermique et photovoltaïque

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Plan de la présentation

- Le gisement solaire
- Les applications bâtiment
- Le photovoltaïque
- Les « tours solaires »
- Le solaire à concentration
- Les sujets de recherche







WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Le gisement solaire

- Energie renouvelable disponible en grande quantité, en tout point de la surface terrestre, gratuite
- Très fortes disparités entre les pôles et la « ceinture solaire » (ensoleillement direct annuel > 2000 kWh/m²)
- Source intermittente, diffuse (1000 W/m²), peu prévisible
- Pourrait répondre à tous les besoins en énergie, mais systèmes demandant de gros investissements



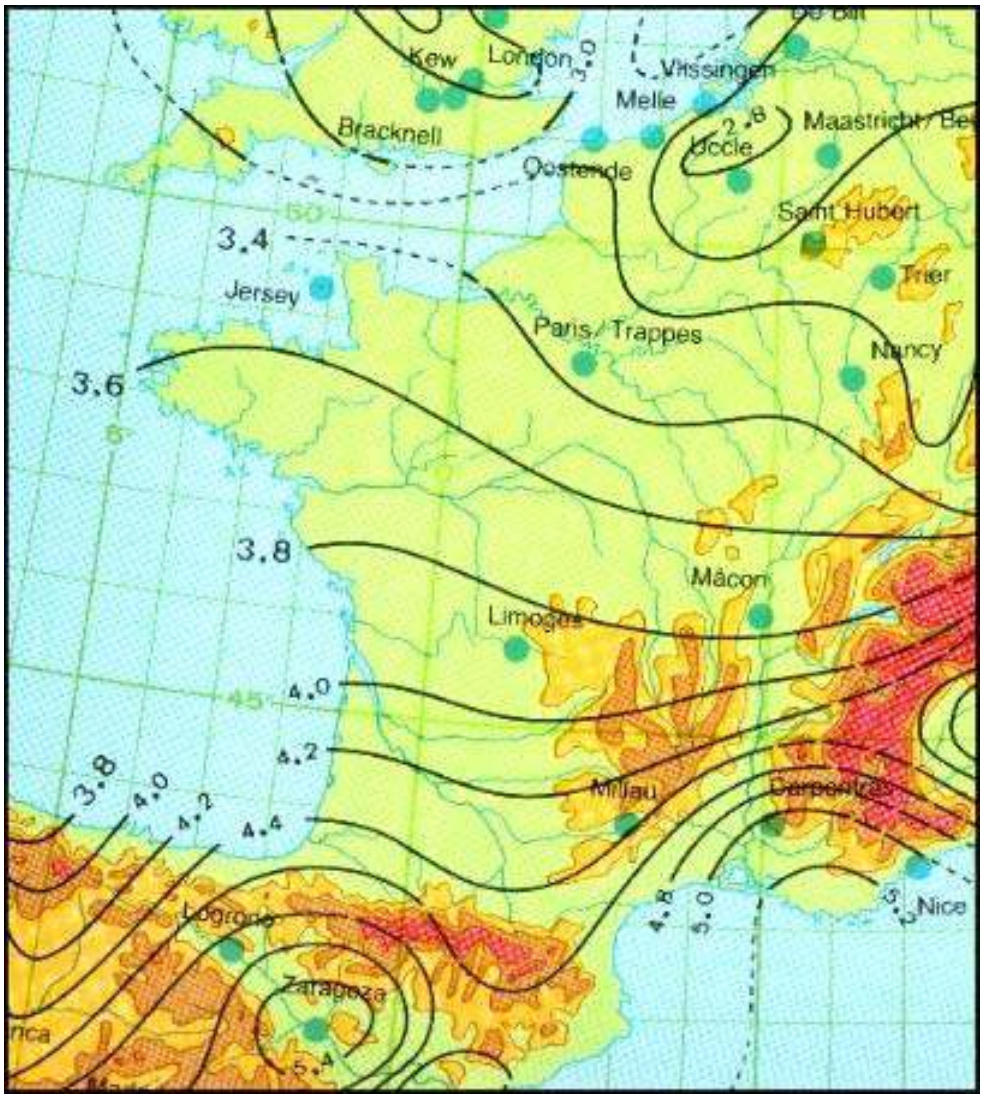
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Electricité solaire ?

- Besoin mondiaux en électricité : en moyenne, 2500 kWh par personne par an 6 milliards d ’habitants : 15 10^{12} kWh d ’électricité par an
- 2000 kWh/m²an, rendement de 0,1 (PV)
- Occupation des sols : 50 % : soit 100 kWh/m²an
- Il faudrait donc équiper 150 10^{9} m² : 150 000 km²
- En gros, un carré de 400 km par 400 km (2 % du Sahara) pour produire toute l’électricité mondiale
- Plus rentable que construire des centrales en Europe
- Transport par câble sous la Méditerranée...

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Gisement solaire en France



Rayonnement solaire global quotidien moyen en kWh/m2 pendant l'année

Maximum : environ 1900 kWh/m² par an

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les applications bâtiment

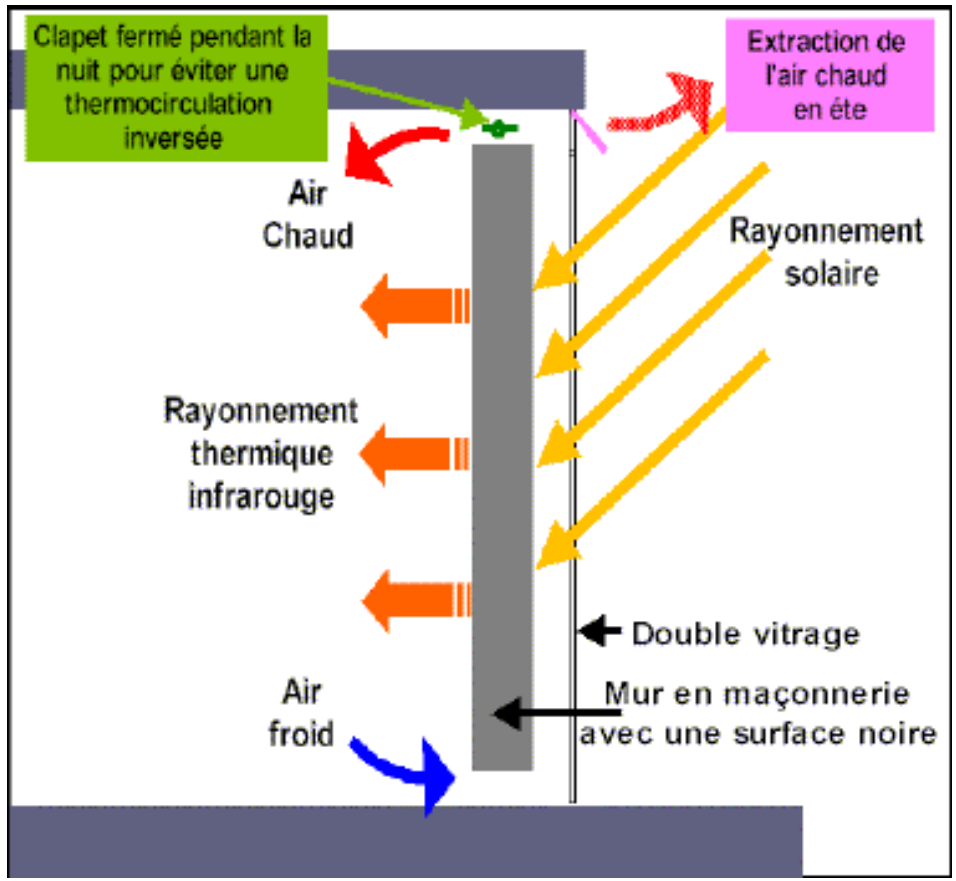
- Principalement utilisés pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire et des logements
- Capteurs passifs
  - Murs Trombe
  - Murs « solaires »
- Capteurs actifs
  - Capteurs plans
  - Capteurs sous vide
- Système PV



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les murs « Trombe »

- De Félix TROMBE, créateur du four solaire d'Odeillo (CNRS)
- Très simple et peu coûteux
- Nombreuses installations en régions ensoleillées et de montagne
- Efficacité : jusqu'à 40 %
- Pas de composant industriel
- Aucun développement commercial

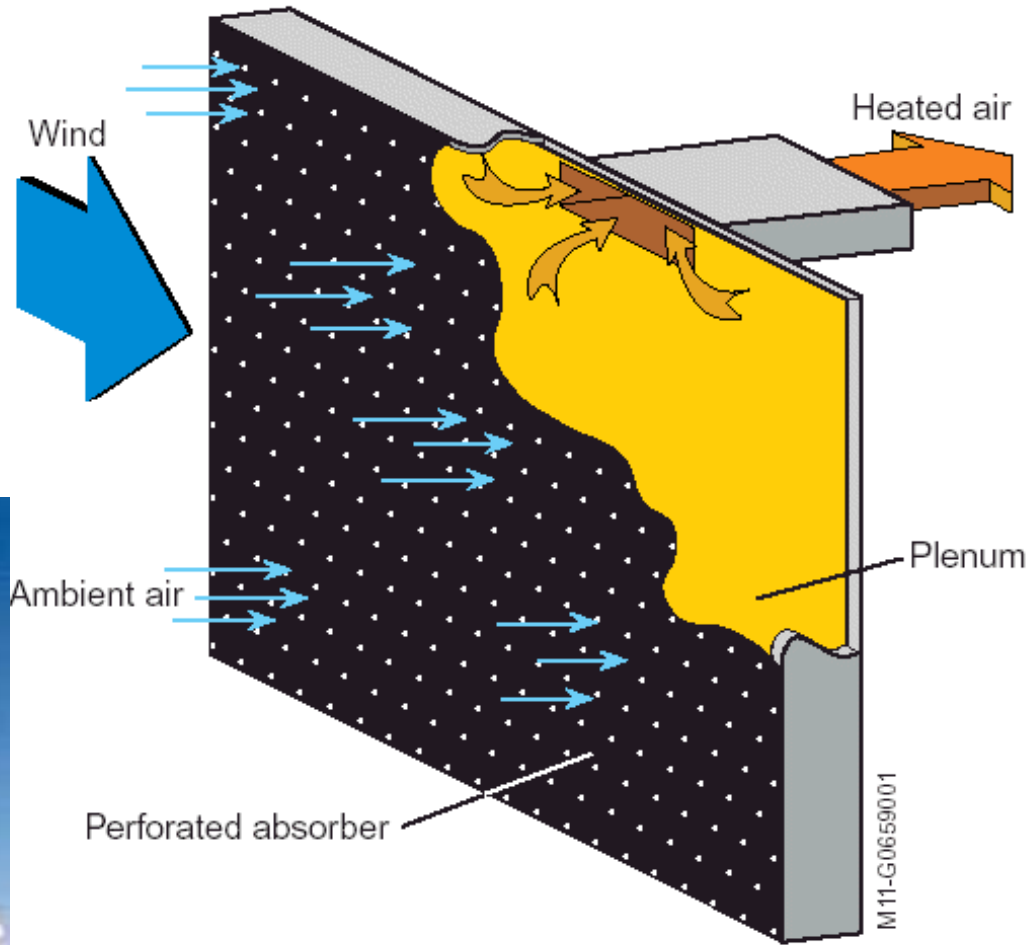


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les « murs solaires »

- Procédé « manufacturé » employé en Amérique du Nord sur bâtiments industriels existants ; rien en Europe
- Trous de 1,6 mm
- 2 % de la surface
- Renouvellement d ’air
- Efficacité > 60 %





WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les capteurs plans

- Procédé de captation « active » de la chaleur solaire le plus répandu (des millions de m² installés par an)
- Pour chauffer de l'eau (antigel) à pression < qqes bars
- Eau chaude sanitaire solaire individuelle ou collective
- Système solaire combiné : ECS et chauffage (plancher, radiateurs…)

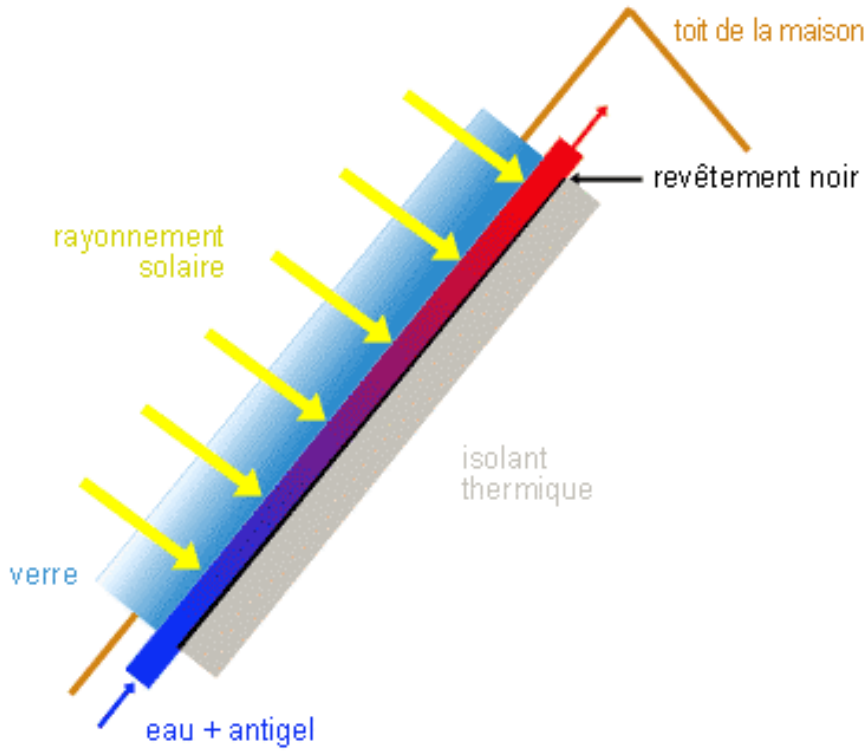




WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Schéma de principe

- Un corps « noir » est exposé face au soleil, protégé des pertes à l'arrière par un isolant, et bénéficie de l'effet de serre du vitrage.
- Un fluide (eau + antigel) le traverse pour collecter les calories
- Il peut être intégré en toiture ou posé sur des supports métalliques



Capteur solaire plan

- Rendement fonction de la température, jusqu'à 80 %
- Coût sortie usine : 80 €/m²

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les capteurs sous vide

- Technologie plus complexe , marché émergent
- Températures de sortie plus élevées, meilleurs rendements à température élevée
- Un peu plus chers, mais sont efficaces en sources chaudes de procédés thermodynamiques de climatisation

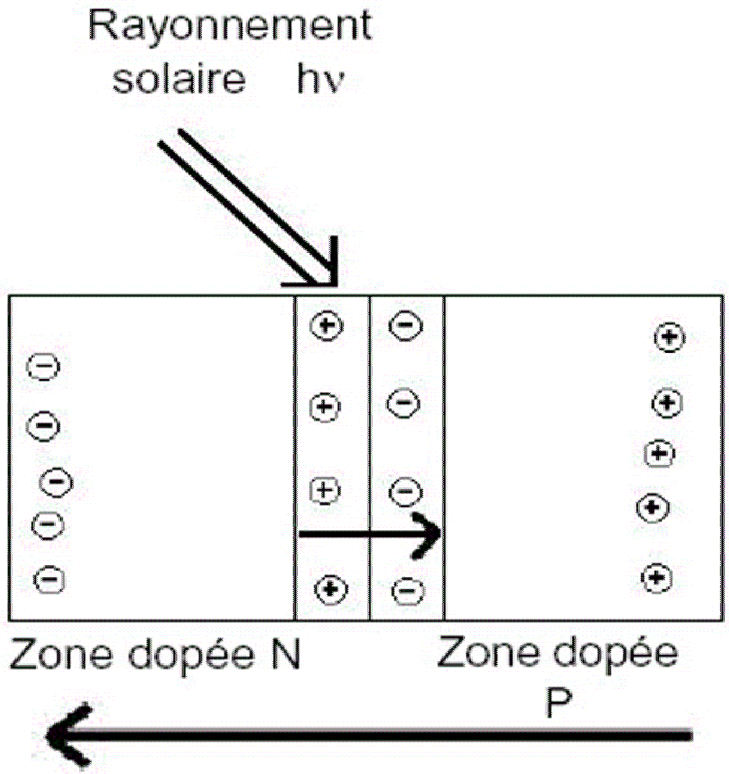


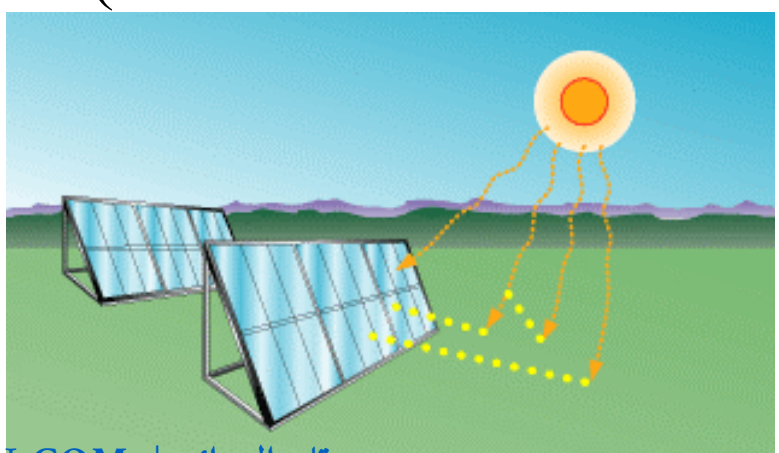


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

L 'effet photovoltaïque

- BECQUEREL (1839)
- Effet PV : production et transport d ’électrons et trous sous l'effet de la lumière dans un matériau semi-conducteur (Silicium, AsGa…)
- Sous produit de l’électronique
- Aucune pièce en mouvement
- Aucune émission de polluant (en période d ’utilisation)
- Pas de vieillissement
- Haute technologie
- Rendement de 10 %





WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les générateurs isolés

- Premières applications « terrestres »
- Besoin d ’électricité, autres sources renouvelables non disponibles, autres sources classiques trop chères
- Choix économique, comparé à d’autres solutions
- De 5 € (P > 20 kW) à 20 € (projet domestique) le Wp
- Ecarts (par rapport au réseau) : refuges de montagne, signalisation autoroutière...







WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Intégration architecturale

- En façade, en toiture ou en pare soleil (RFA, Espagne)
- Relié au réseau, avec vente à tarif élevés (0,5 € kWh)









WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les tours solaires

- Projet australien : 3,5 km de diamètre, tour de 1000 m de haut, 200 MWe, effet cheminée



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Le solaire à concentration



- Pourquoi concentrer ?
- Les divers procédés
  - Loupes, lentilles et miroirs de FRESNEL
  - La simple réflexion
    - Les cylindro paraboliques
    - Les « dish stirling »
    - Les centrales à tour
  - La double réflexion

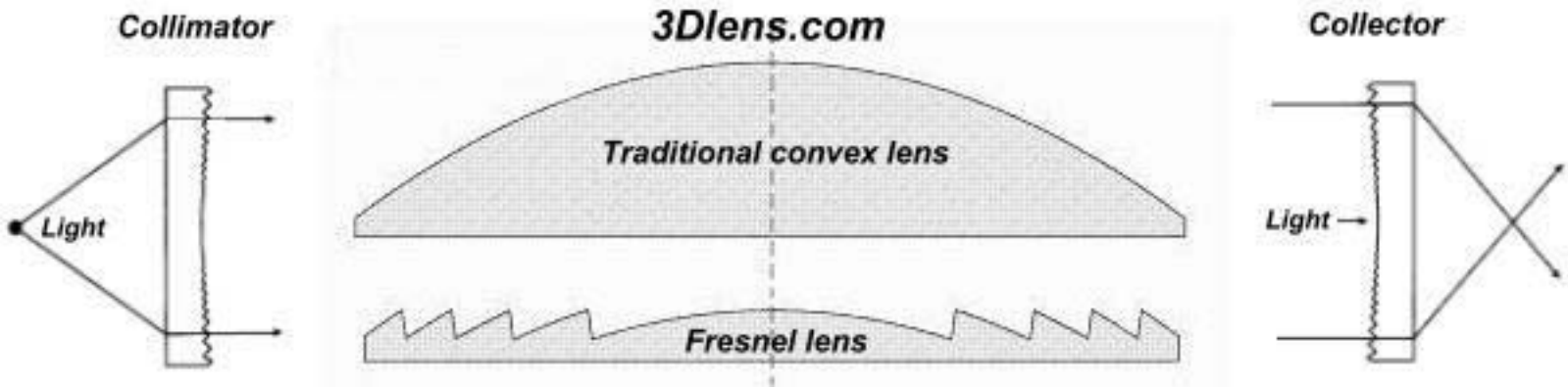
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Pourquoi concentrer ?

- Densité de flux solaire au niveau du sol : 1000 W/m²
- Température d'équilibre de corps « noir » : 100 °C, possibilité de monter à 120 - 150 °C avec isolation, effet de serre et tubes sous vide
- L 'industrie : besoins en température plus élevées (cycles thermodynamiques pour la production d'électricité, source d'énergie pour des réactions chimiques, vapeur industrielle…)
- Solution : concentration du flux solaire direct
- Nécessité de suivi de la course apparente du soleil
- Seulement applications « industrielles » (en 2004)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Loupes et lentilles de FRESNEL



- Concentration ->100 (linéique) et > 1000 (ponctuel)
- Loupes : taille limitée, coût et transmission faible
- Lentilles : coûts de revient faibles
- Peuvent être réalisés en verres organiques
- Légèreté et épaisseur constante
- Possibilité de concentrateur de taille > 1 m

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Miroirs de FRESNEL

- Première expérience en vraie grandeur à Liddell, en Australie (projet de 135 000 m², 40 MWe pour 2006)

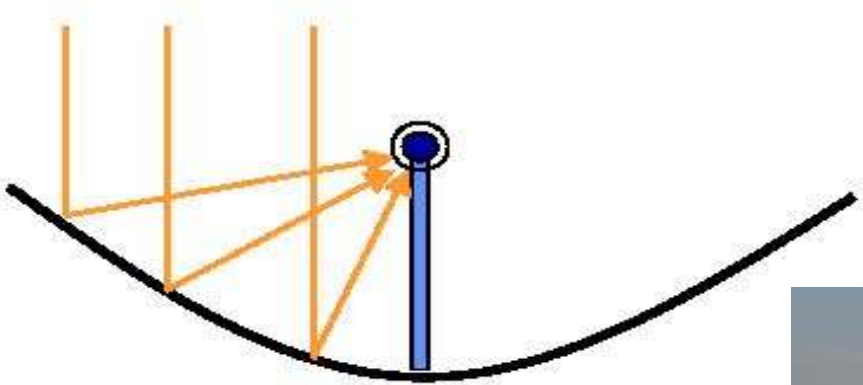




WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les capteurs cylindro paraboliques

- C ’est le procédé solaire qui a produit le plus d’électricité sur Terre (plus de 500 MWe)



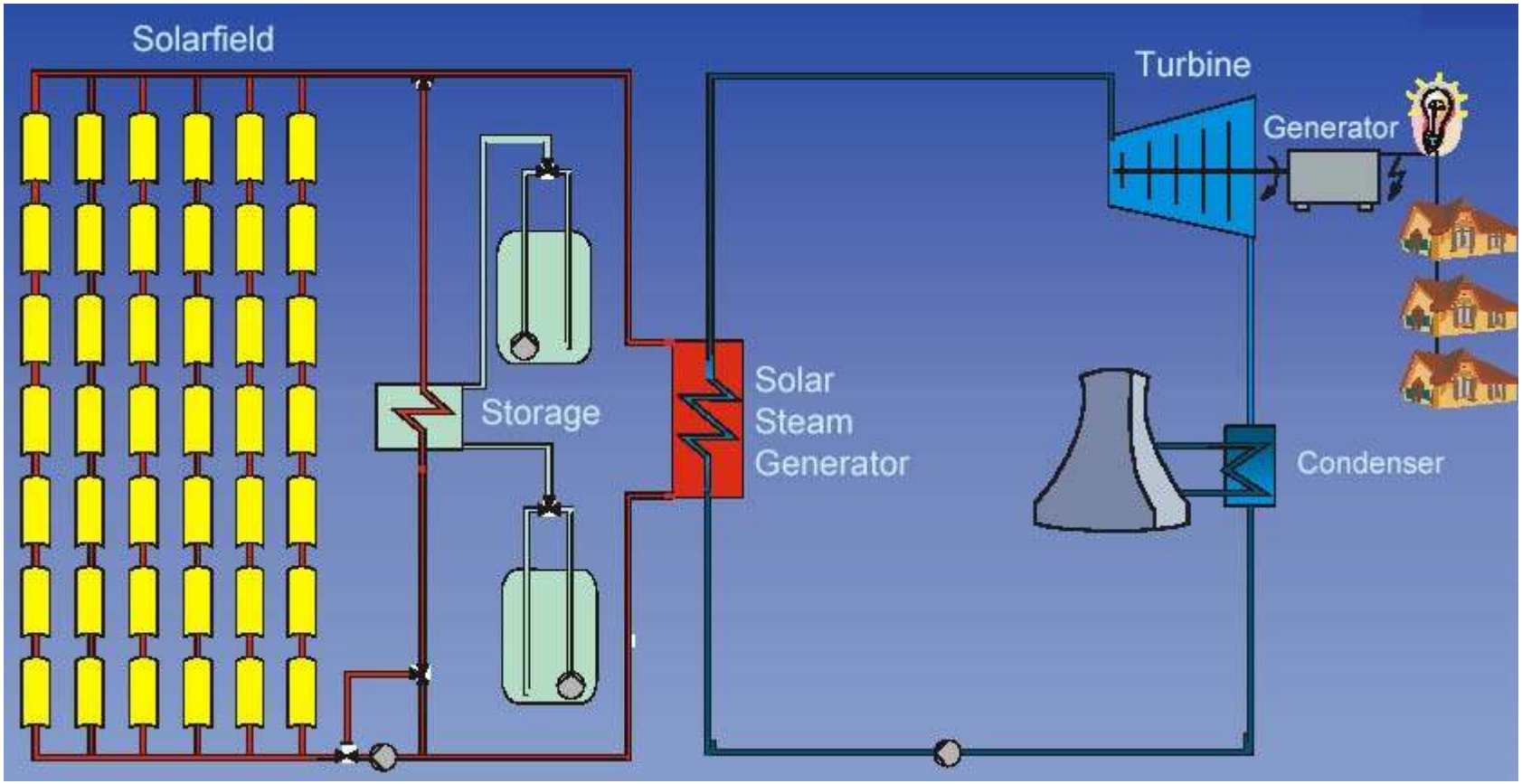






WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fonctionnement d'une centrale



- Schéma du projet ANDASOL (Espagne)
- 2 x 50 MWe, près de Guadix, Andalousie
- Sels fondus, avec 6 heures de stockage

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les Dish Stirling

- Production d'électricité directement au foyer d 'une « parabole » par un moteur Stirling (+ alternateur)
- Unités autonomes et automatiques de 10 à 25 kWe : rendement global : 20 à 25 %



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Quelques Dishs en test

- A Alméria, Odeillo, Séville et Albuquerque









WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les centrales à tour

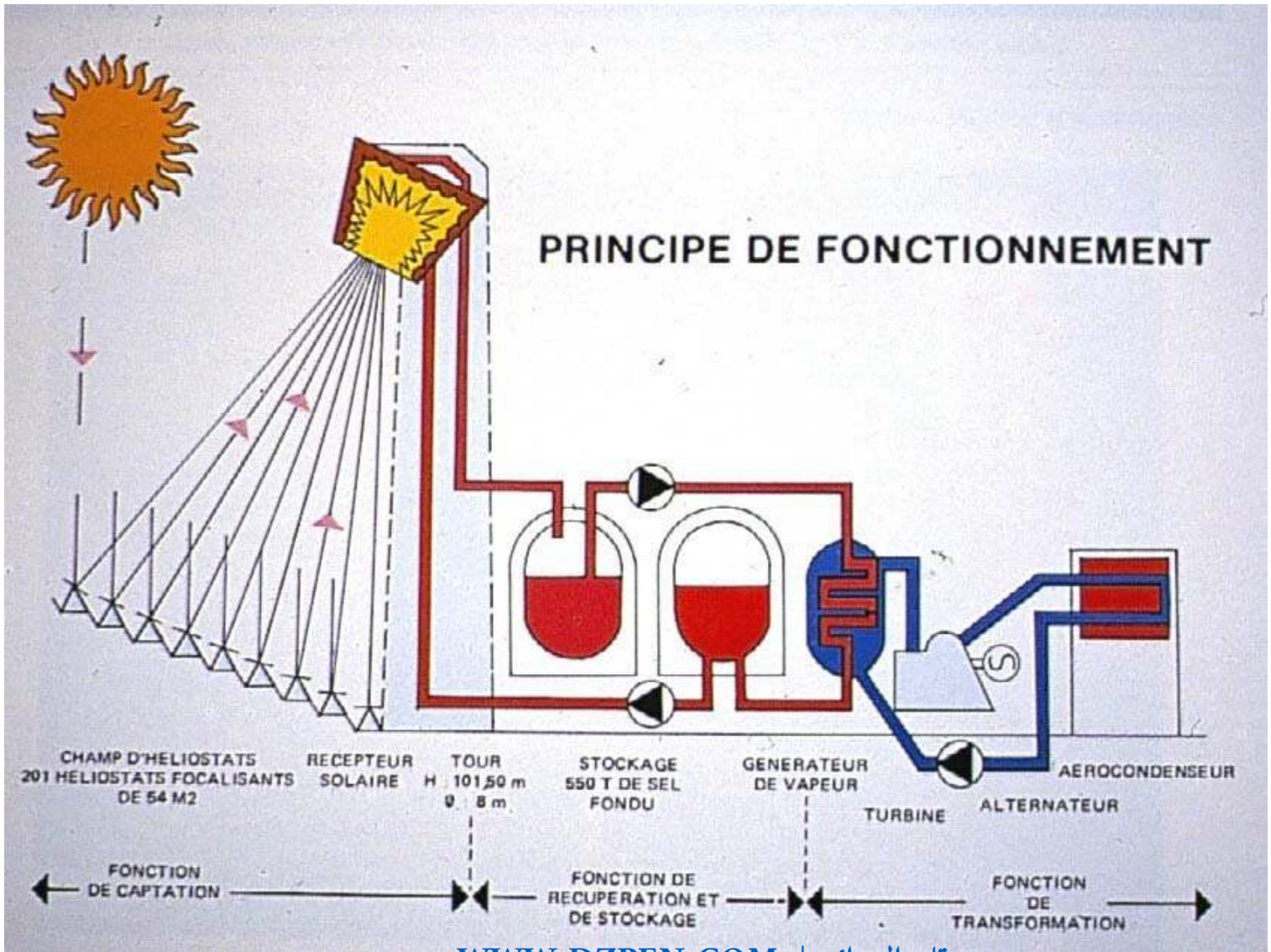
- De nombreux projets prototypes (1975-1990)
- De nombreux projets « pré commerciaux » (2002-…)



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Schéma de fonctionnement

- Centrale THEMIS : sels fondus, 2 MWe



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Autres centrales (1980 - 1985)

- NIO au japon, avec un champ circulaire
- Solar ONE et TWO en Californie (10 MWe)
- SSPS, CESA 1 et GAST sur la PSA
- Eurelios en Sicile

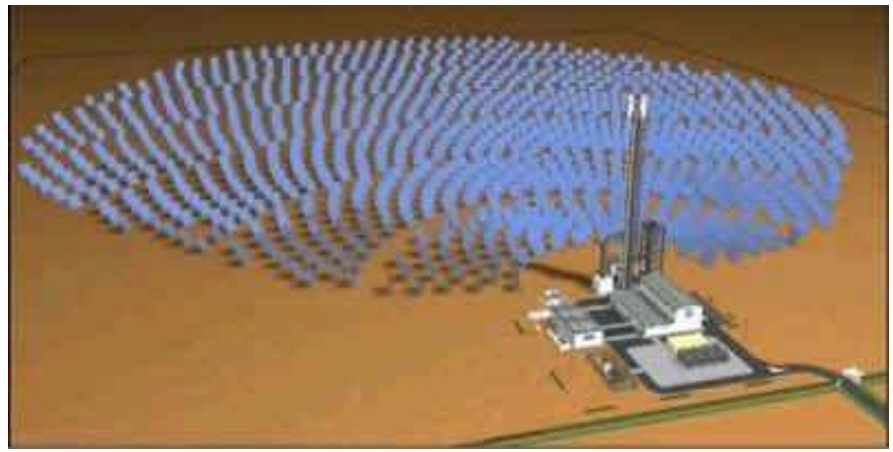


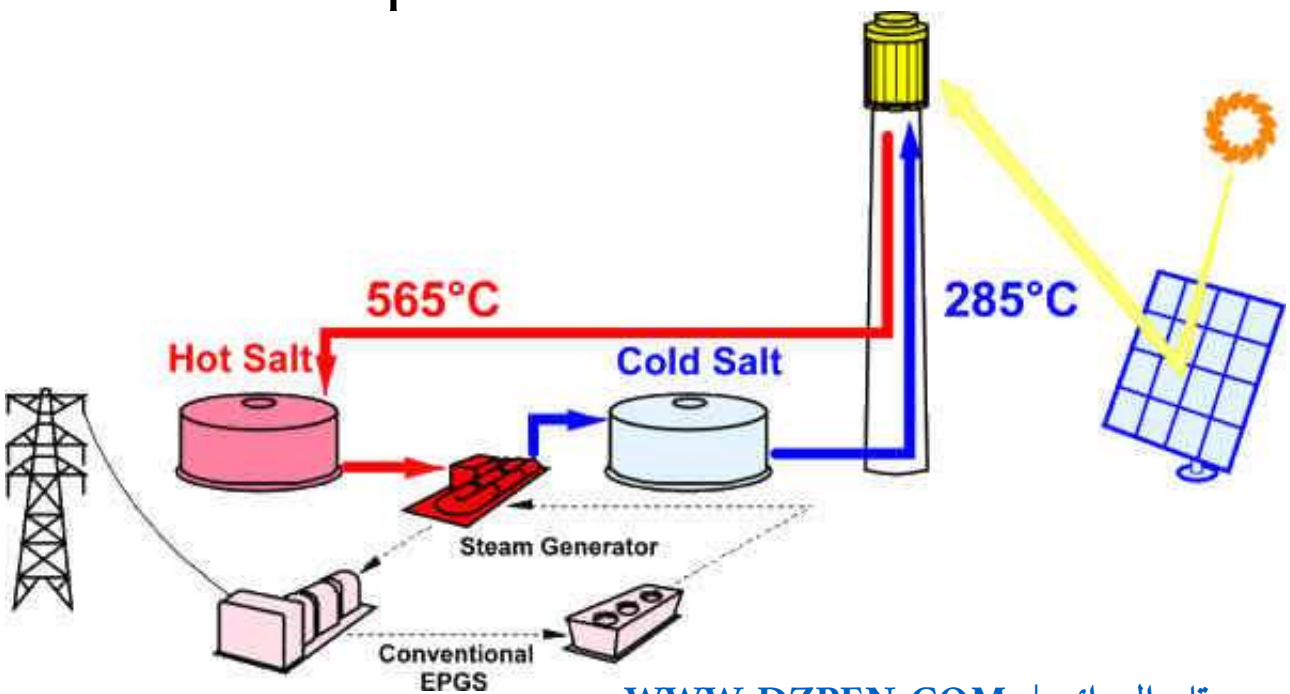


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Projets

- Au Maroc, en Algérie, en Espagne, aux US, au Mexique, en Israel, en Egypte, en Inde…
- « Conventionnels »
- 10 à 30 MW
- Aide Banque Mondiale





WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Les fours solaires

- La double réflexion : miroirs plans mobiles, concentrateur fixe, permet de très fortes concentrations (> 10 000), dans de bonnes conditions conditions de stabilité, avec des puissances importantes (1 MW)



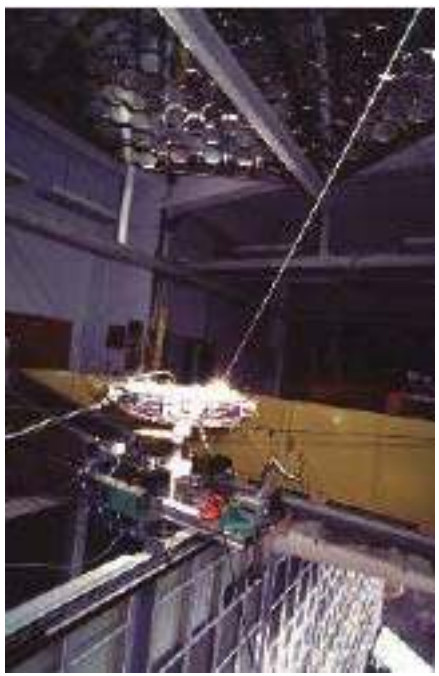




WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Des outils de recherche

- Les fours solaires (de 1 à 1000 kW) restent des outils de recherche, pour tester des utilisations potentielles de l'utilisation de très hauts flux, ou de très hauts niveaux de température (> 3500 K)
- Très peu d 'installations dans le monde









WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Solaire et recherche

- Gisement solaire : utilisation des données satellites pour avoir des cartes précises d ’ensoleillement (conception) : *recherche académique*
- Solaire passif : amélioration et industrialisation de composants : augmenter l ’énergie solaire utile, créer un déphasage, stockage des calories sur des moyennes et longues durées : *très peu de recherche*
- Capteurs plans (*recherche appliquée, transferts*) :
  - Améliorations des caractéristiques optiques des composants (absorbeur, vitrage…),
  - Intégration de nouveaux matériaux, moins chers, plus légers,
  - Conception de nouveaux capteurs, schémas hydrauliques,
  - Composants métrologiques adaptés, suivis de performances
  - Lois de commandes prédictives...

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Solaire et recherche

- Photovoltaïque :
  - amélioration des rendements des cellules : *recherche académique,*
  - intégration aux réseaux (lois de commande, électrotechnique) : *recherche appliquée*
- Production d'électricité par concentration (transferts radiatifs, thermodynamique) : *recherche académique*
  - Cycles thermodynamiques performants (Stirling…)
  - Hybridation solaire, industrialisation des composants
  - Optimisation des conceptions de centrales (optique géométrique)
  - Procédés de stockage
  - Récepteurs à air à hautes températures



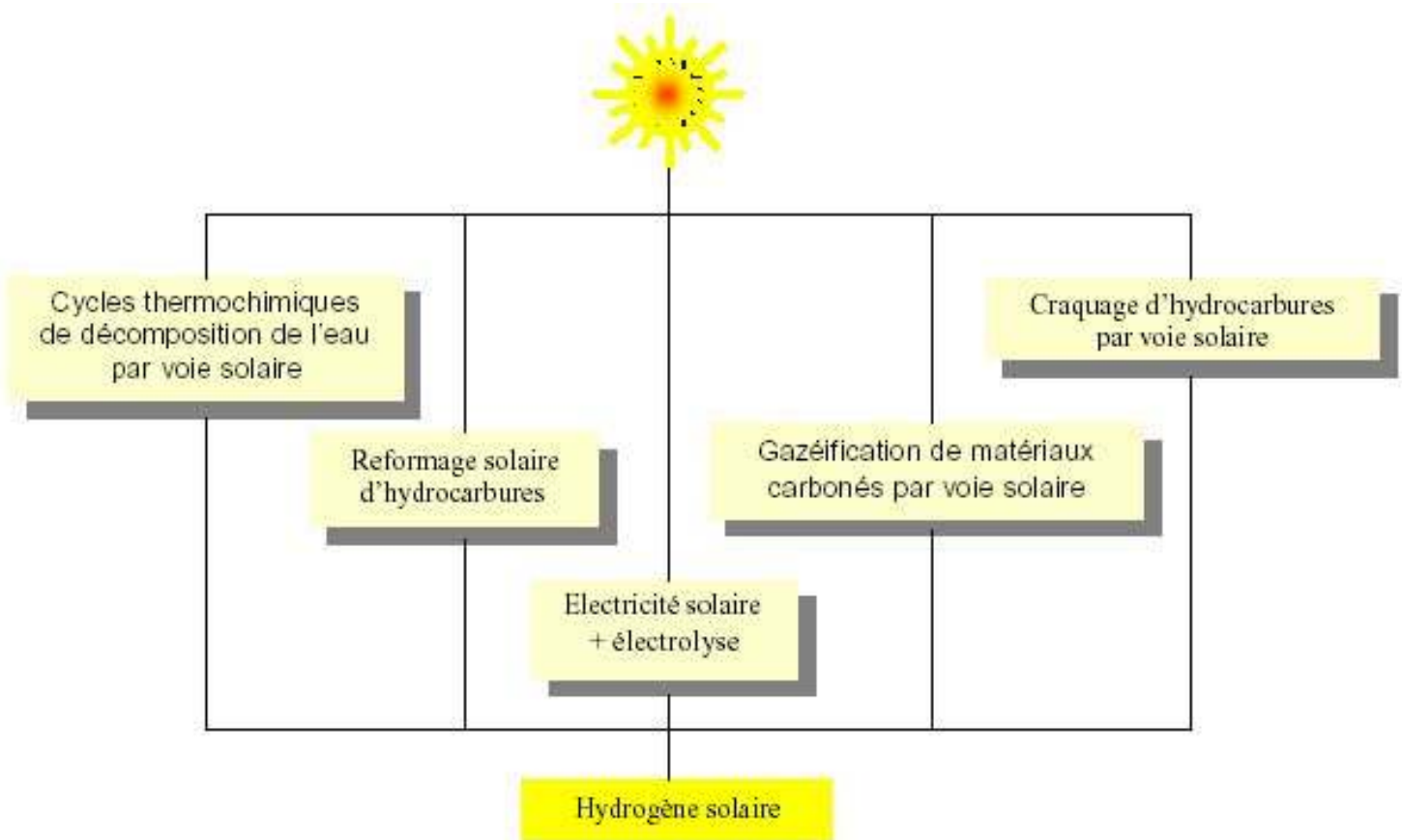




WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chimie solaire

- Créer les conditions thermiques, thermodynamiques pour favoriser des réactions endothermiques à haute température
- Synthèse de produit à forte valeur ajoutée par voie solaire (H_2…)



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Conclusion

- L ’énergie solaire est incontournable
- Une forte demande du public
- Des millions de m² de capteurs sont installés, tous les ans, pour faire de l ’eau chaude
- En France, 50 000 en 2004, 1 M prévus en 2010 !!!
- De nombreux programmes de recherche européens, internationaux, au sein de l ’AIE, avec participation massive d ’institutionnels et d ’industriels E, RFA et USA
- De nombreux projets pré commerciaux, aidés par la Banque Mondiale, dans la « ceinture solaire »
- Une « veille technologique », un laboratoire CNRS en F
- Un créneau à occuper ? Des compétences à afficher !
- Des élèves à former

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر