



Etude et conception d'un système hybride PV-CSP par des techniques statistiques de type Monte-Carlo

Zacharie MENARD – Doctorant UPVD

Directeur de Thèse : Alexis VOSSIER | CNRS – PROMES, Mouna EL HAFI | IMT Mines Albi - RAPSODEE

Encadrants : Simon EIBNER | IMT Mines Albi – RAPSODEE, Rodolphe VAILLON | LAAS

Deux procédés de conversion solaire

Photovoltaïque à concentration



VS

Solaire Thermodynamique

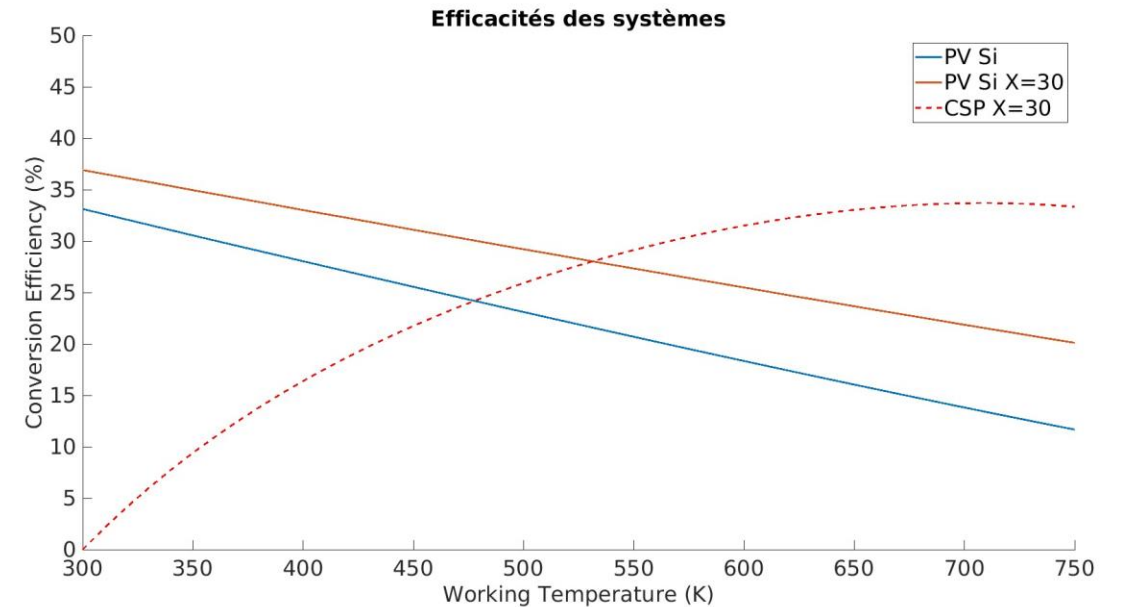
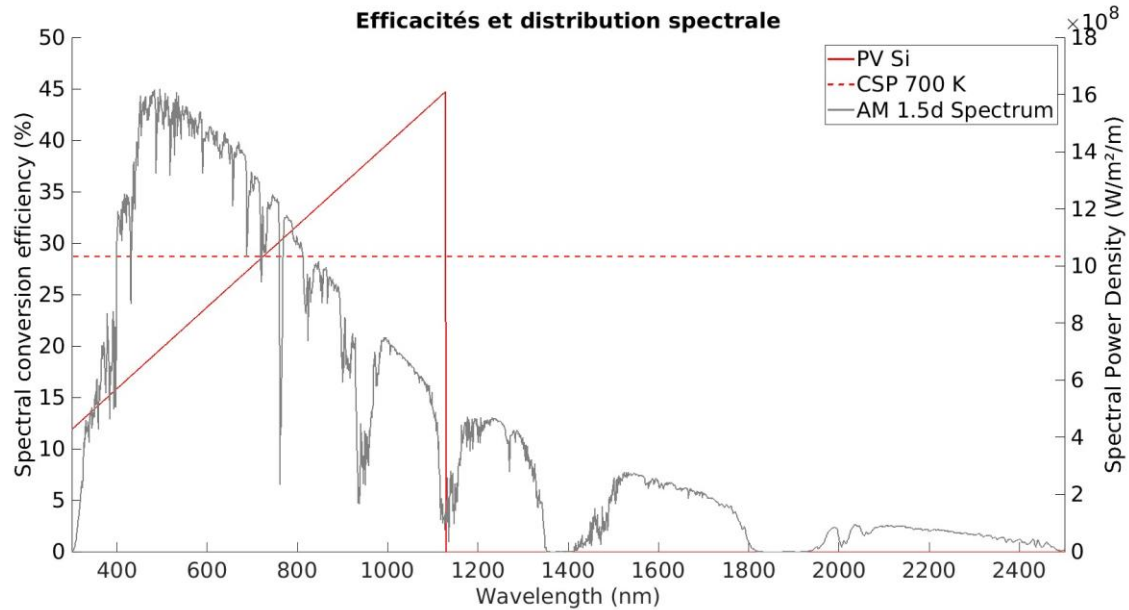


- Conversion du rayonnement direct & ~~diffus~~
- Efficacité dépendante de l'énergie du photon
- Perte d'efficacité avec la température
- Technologie très mature
- Coût du stockage énergétique élevé

- Conversion du rayonnement direct uniquement
- Efficacité indépendante du spectre
- Gain d'efficacité avec la température
- Peu d'installations dans le monde
- Faible coût du stockage énergétique

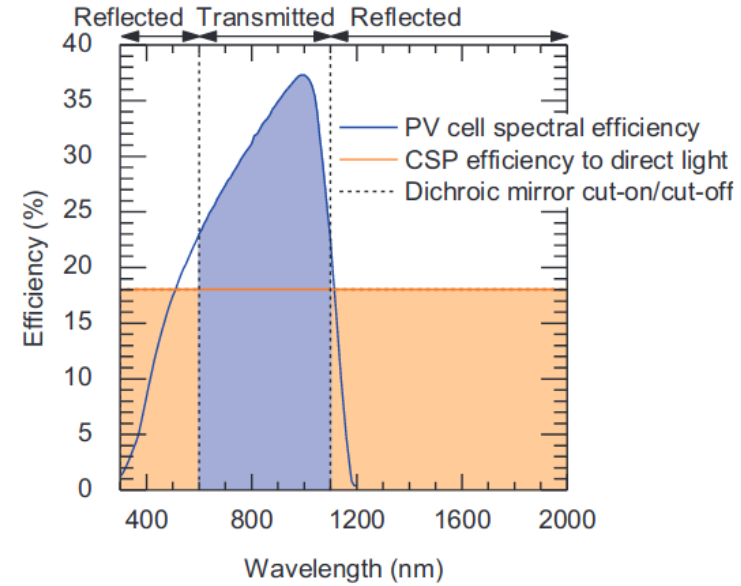
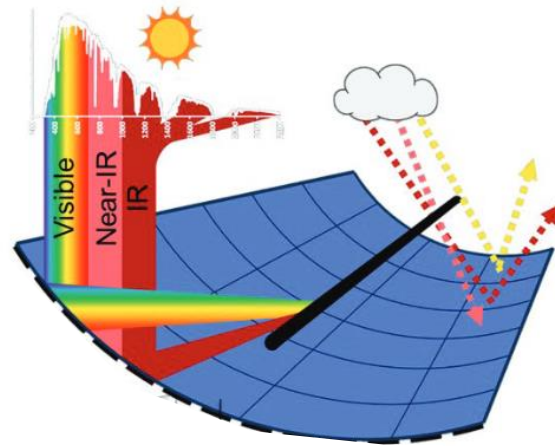


Comportement spectrale et thermique



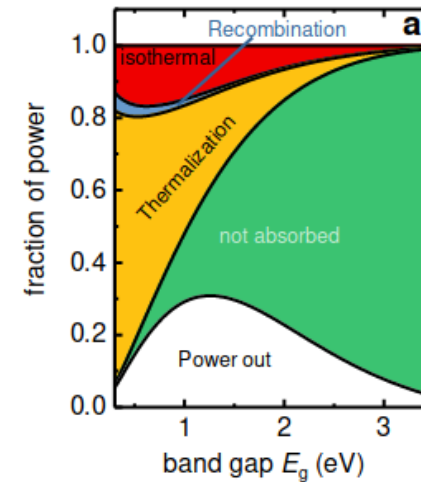
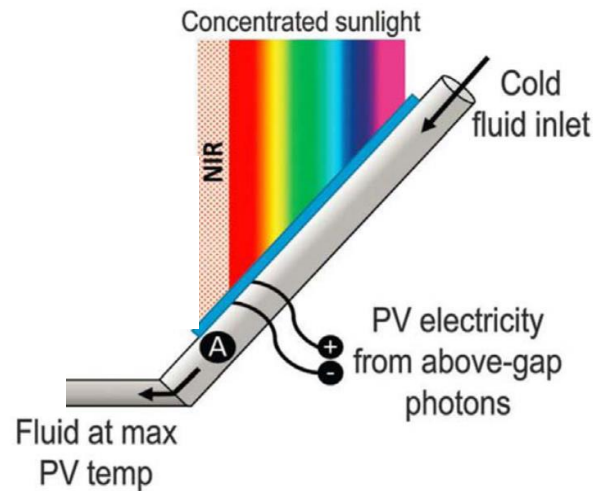
Description des architectures hybrides

PV Mirror :



4] Fisher, K et al. SolarPACES 2016

PV Topping :

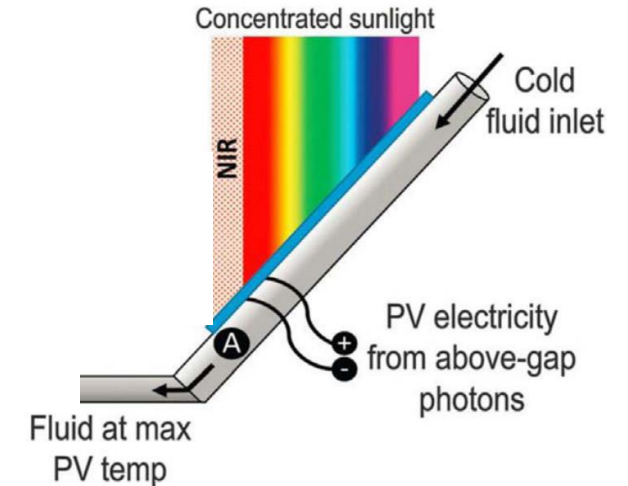
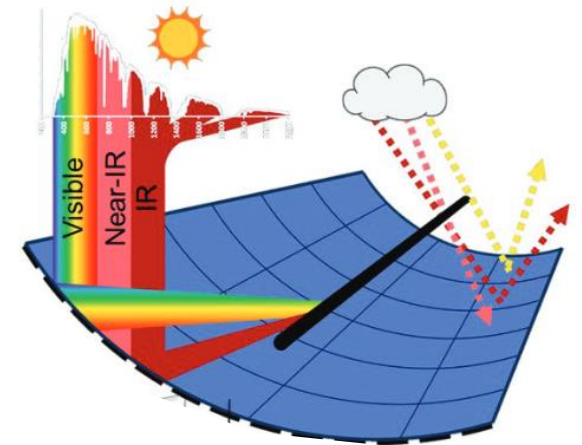


[5] Ju, X. et al. 2017. Solar Energy Materials and Solar Cells



Problématiques spécifiques aux systèmes hybrides

- Comment qualifier un système composé de sous-systèmes qui n'utilisent pas la même ressource (directe et globale) ?
- Comment déterminer la découpe spectrale optimale ?
- Comment garantir une collecte optimisée de la ressource thermique de la cellule PV ?
- Quels sont les plages de bandes interdites et de température cible du fluide qui amènent à un productible énergétique maximal ?

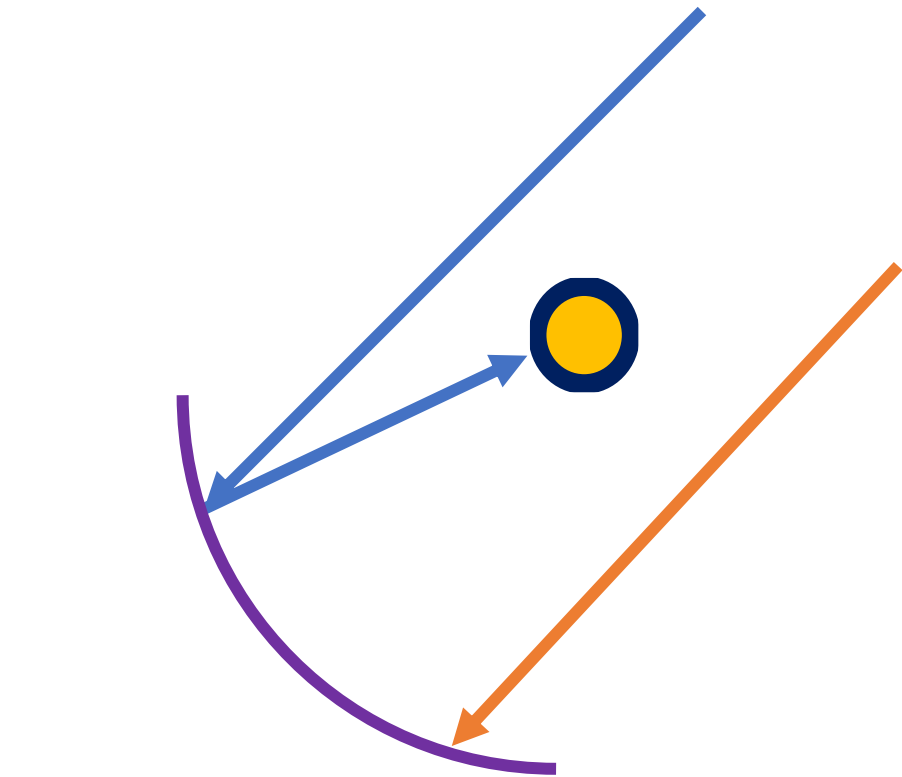


Déterminisme vs Probabiliste

- Système d'équations décrivant le comportement des centrales
- Exploration des paramètres opératoires optimaux pour une géométrie
- Temps de calcul long liée à la durée et le pas de temps choisi
- Construction et réalisations d'une variable aléatoire estimant une grandeur du comportement des centrales
- Rend compte finement de la thermique et de l'optique dans toutes les géométries
- Temps de calcul indépendant de la géométrie ou de la durée de l'étude



Exemple du modèle PV Mirror

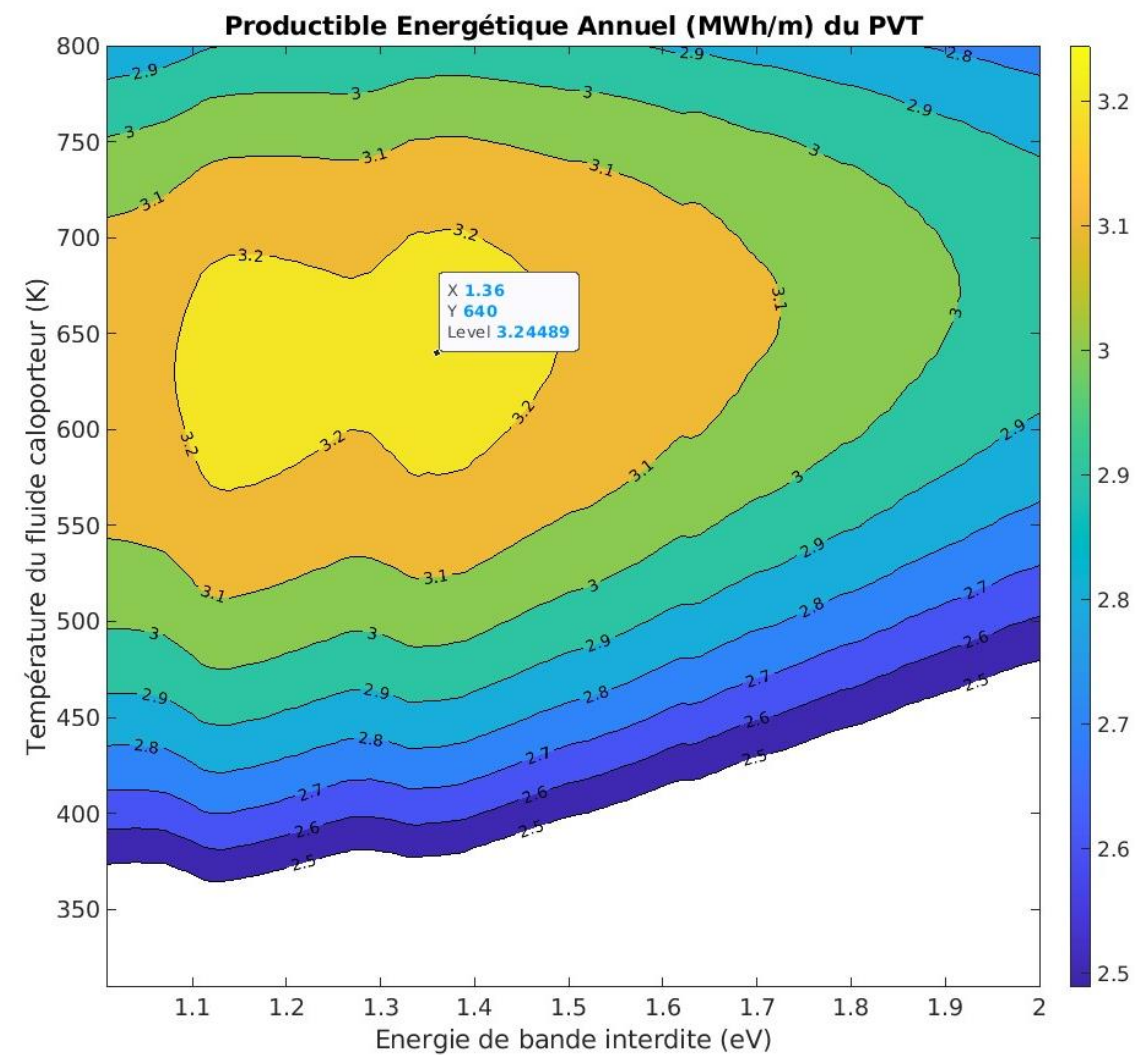
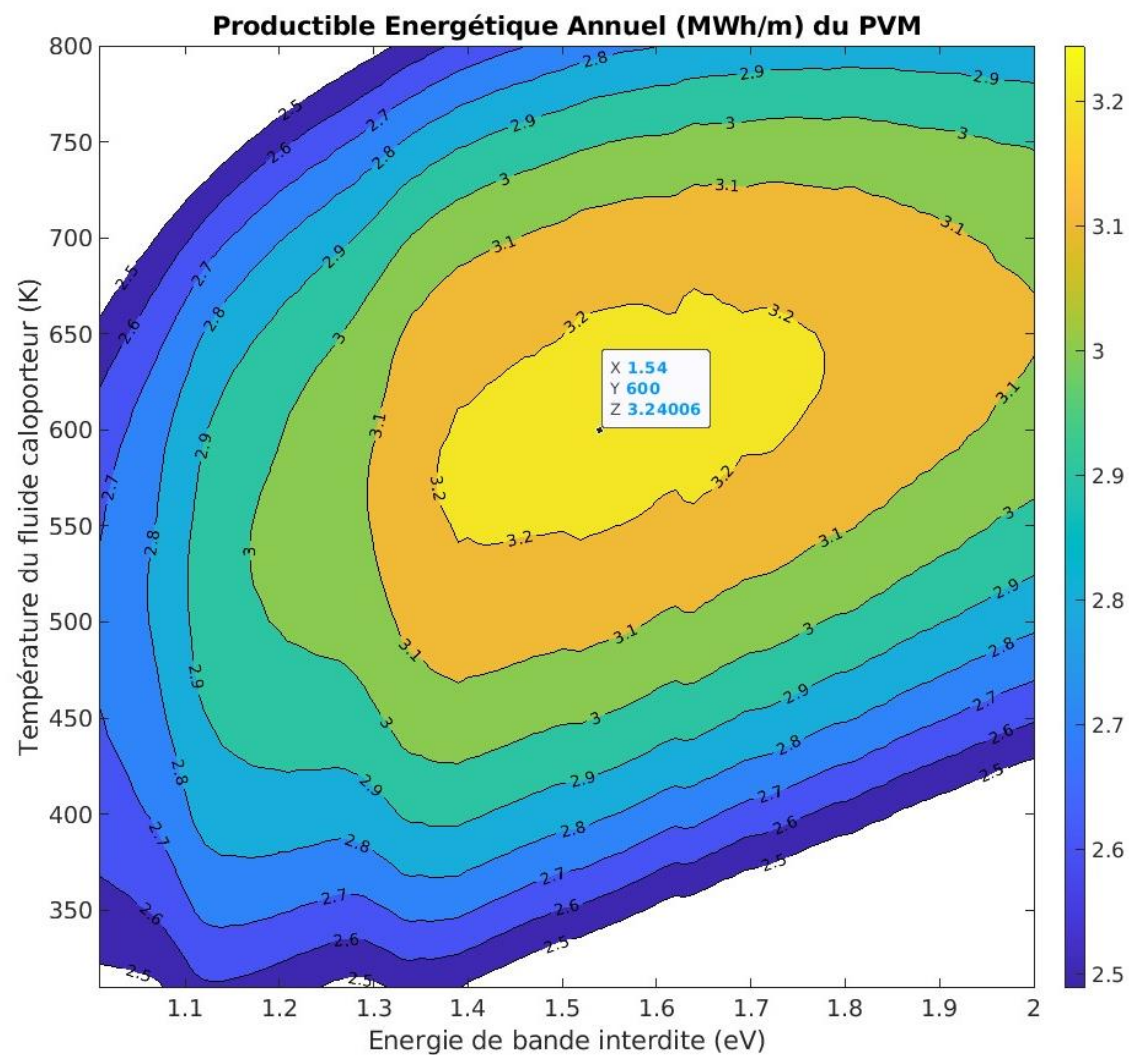


- Photons de haute énergie
- Photons de basse énergie
- Séparateur Spectral & cellules PV
- Fluide Caloporteur
- Absorbeur thermique

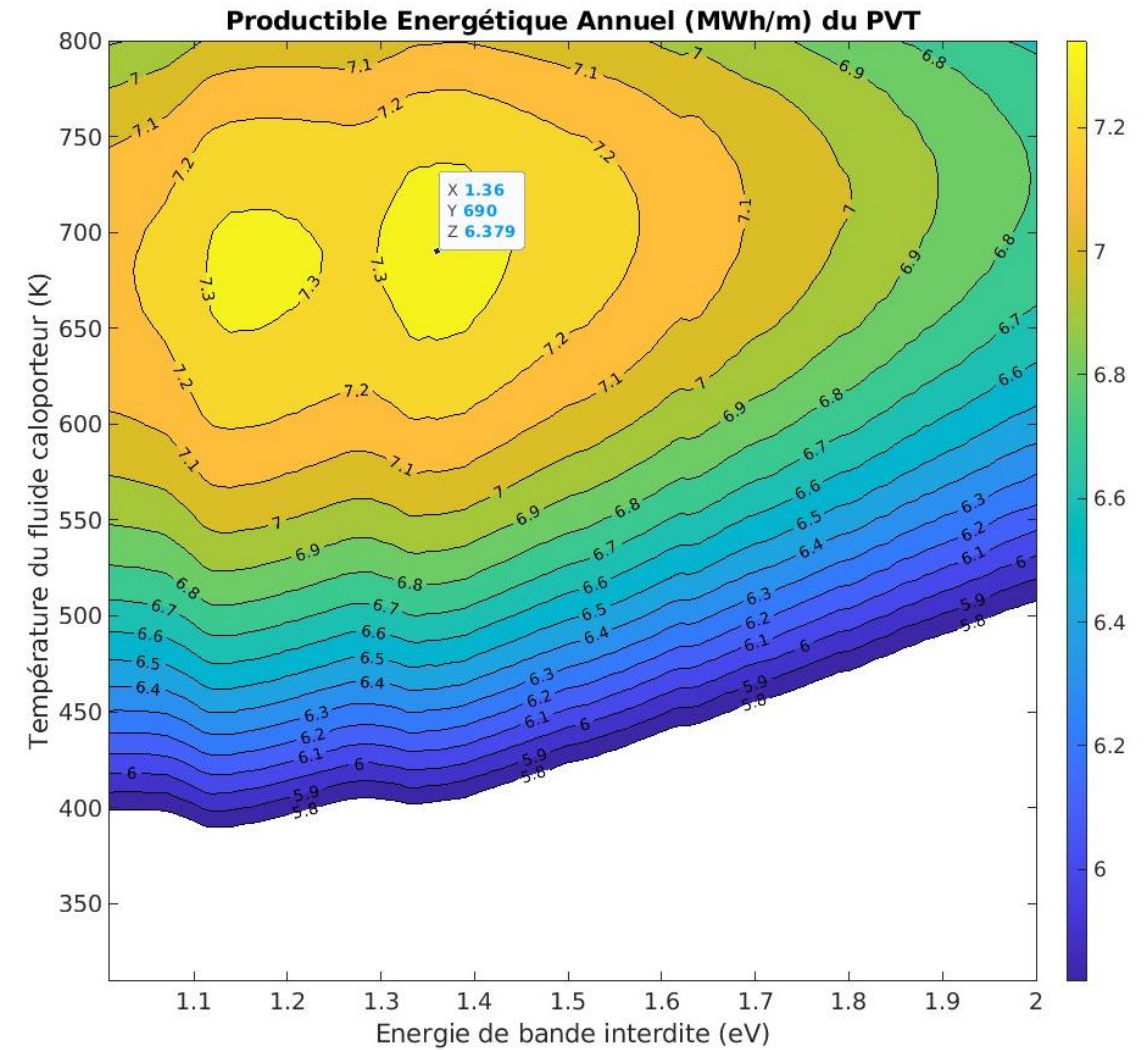
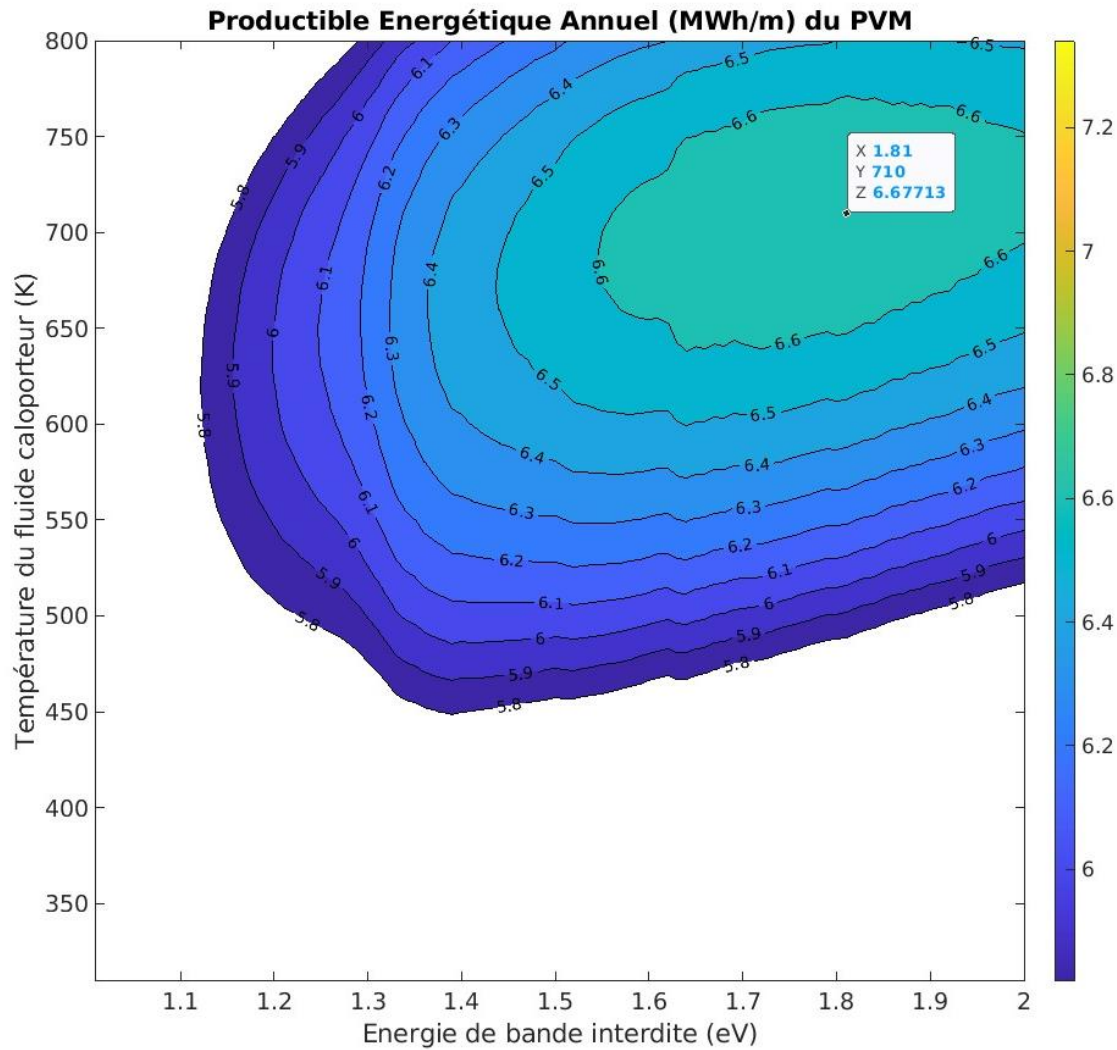
- Suppose une découpe spectrale parfaite : réflexion pour $E_{ph} < E_g$, absorption pour $E_{ph} \geq E_g$
- Le rayonnement diffus est absorbé par le PV
- $T_{PV} = 320 K$
- $\eta_{PV} = 0.75 \times \eta_{Bilan\ Détailé}$
- Le rayonnement diffus n'est pas absorbé par l'absorbeur thermique
- Modèle thermique 1D de l'absorbeur, construit autour de données fournisseur
- $\eta_{CSP} = 0.66 \times \eta_{Carnot}$



Résultats – Paramètres opératoires - Odeillo

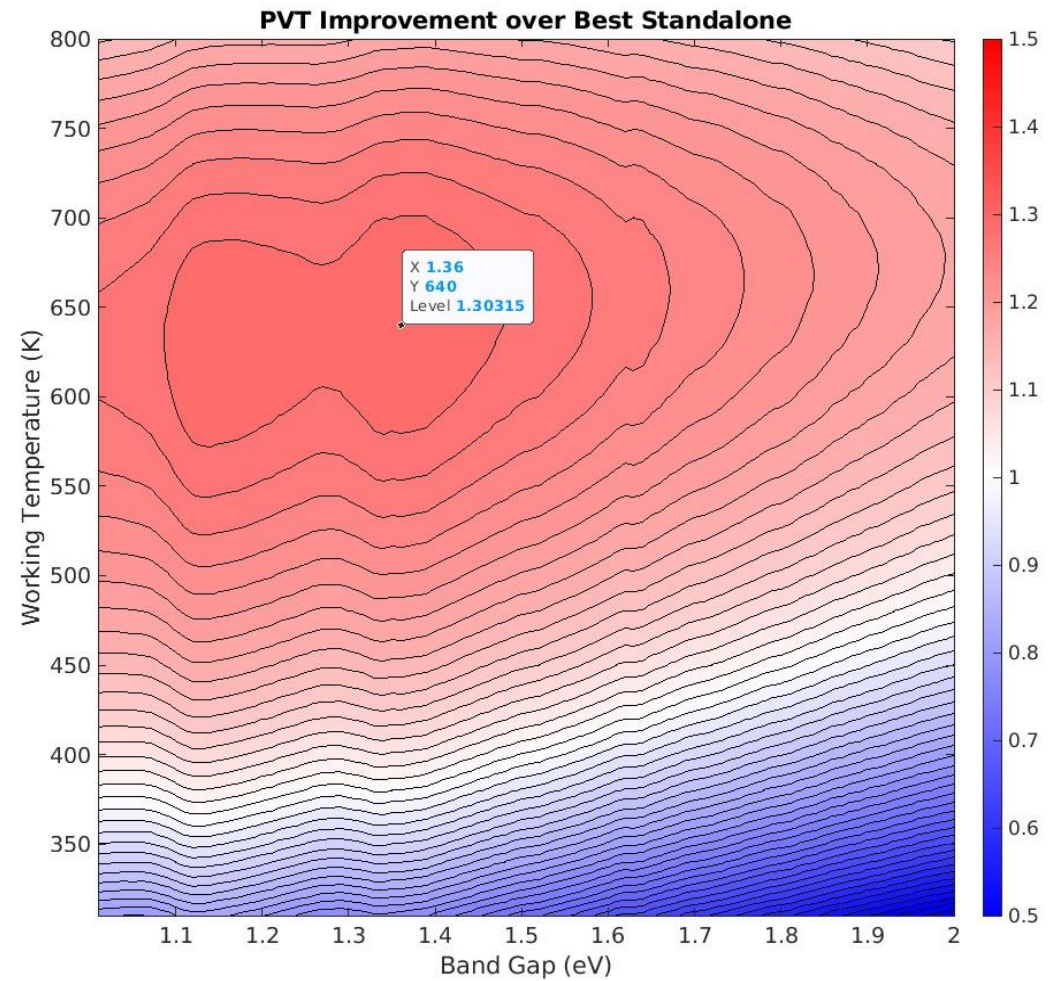
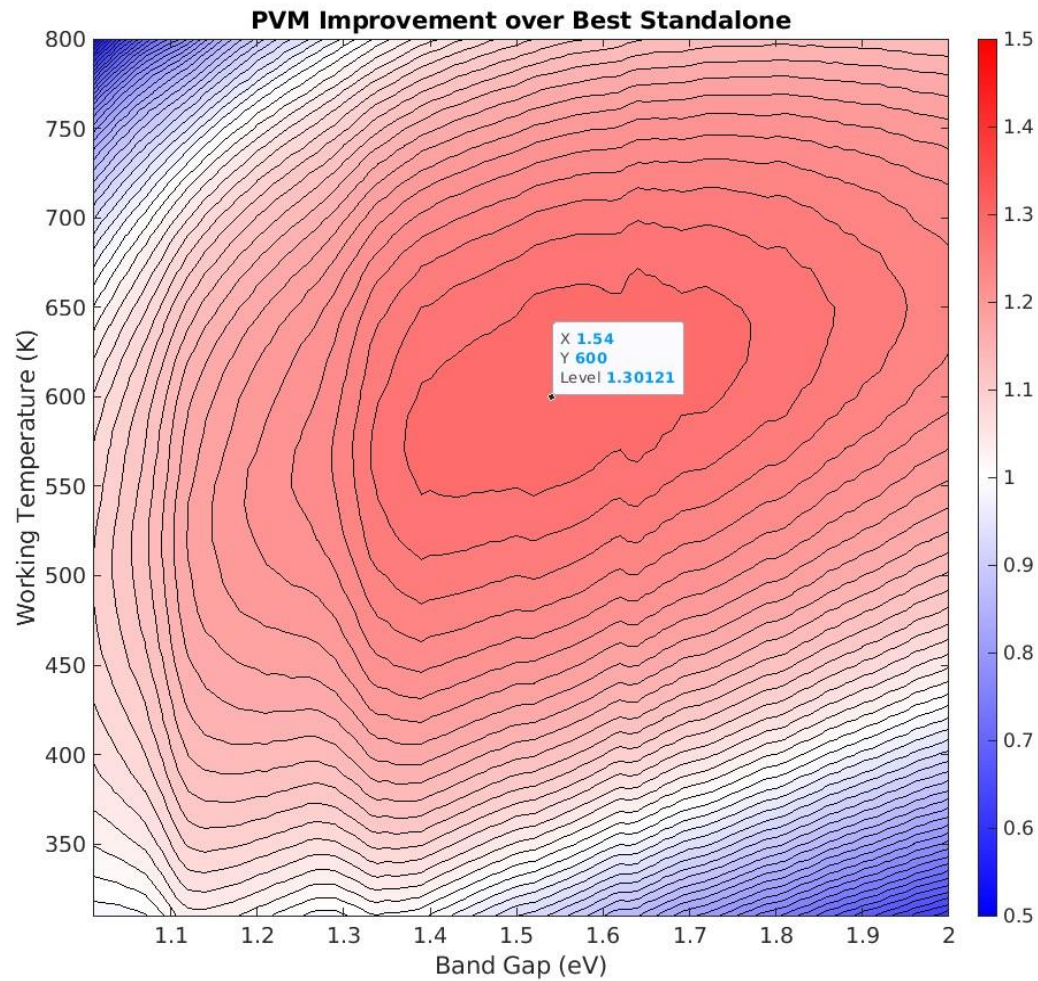


Résultats – Paramètres opératoires - Atacama



Comparaison des hybrides

$$IoBS = \frac{E_{PV-CSP}}{\max(E_{PV}, E_{CSP})}$$



Conclusions & Perspectives

Conclusion :

- Complémentarités des applications entre PV et CSP
- Deux architectures sont étudiées dans le cadre des cylindro-paraboliques
- Augmentation théorique (~25-30%) du productible énergétique des centrales hybrides pour certains paramètres opératoires.



Perspectives :

- Utilisation de la méthode de Monte Carlo
 - Modélisation fine de l'optique et de la thermique (notamment de l'absorbeur thermique)
 - Meilleurs temps de calcul / indépendance géométrique et de la durée





Merci de votre attention



Avez-vous des questions ?

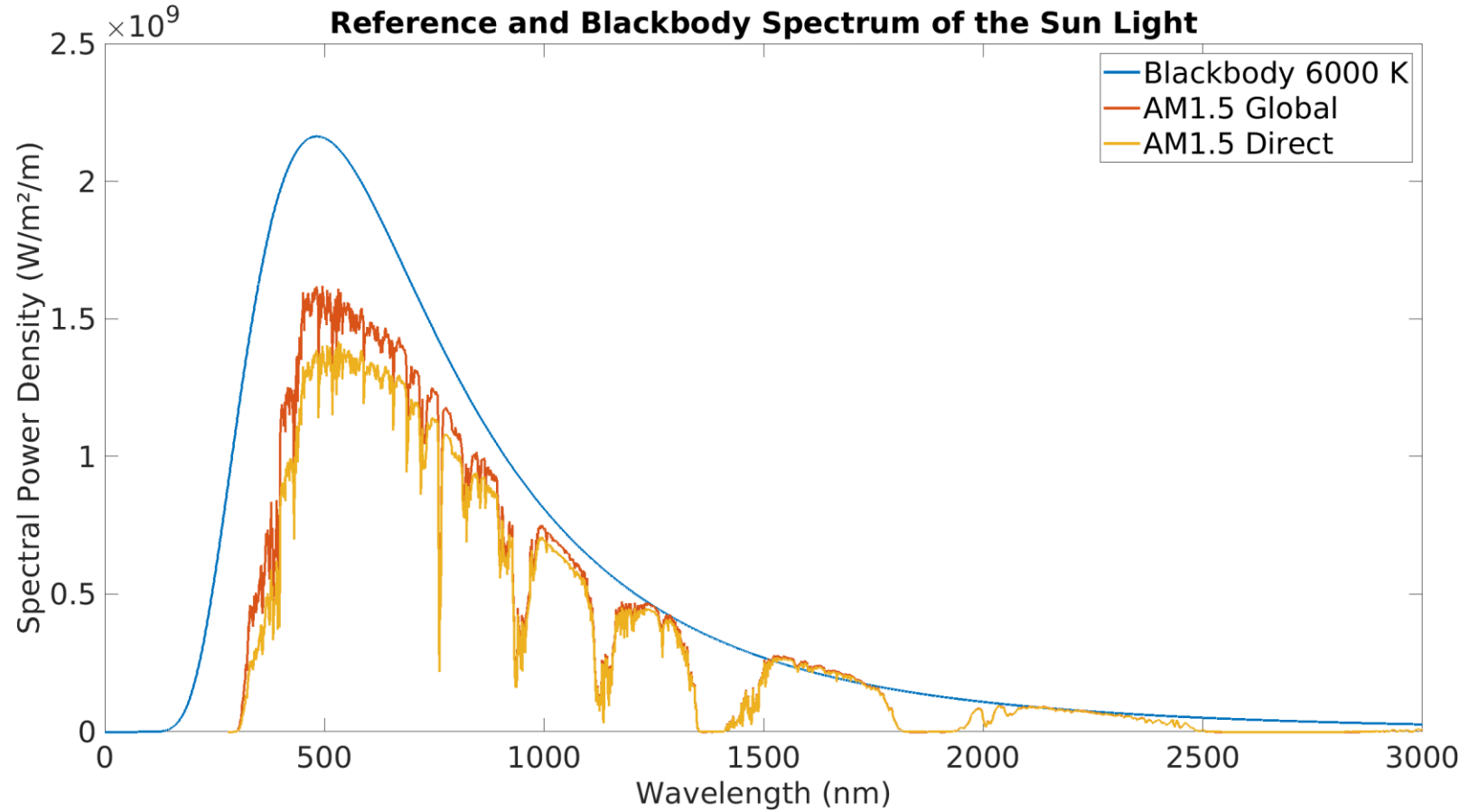
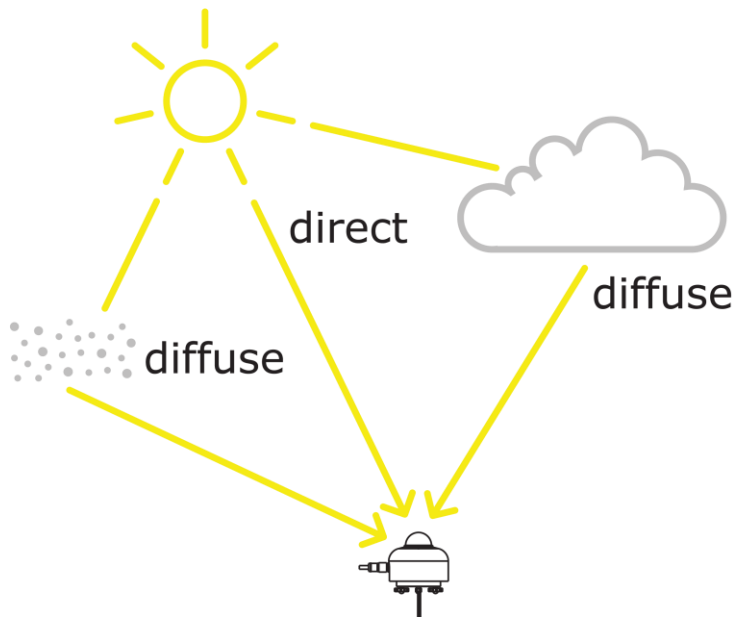


This work was supported by the French "Investments for the future" ("Investissements d'Avenir") program managed by the National Agency for Research (ANR) under contract ANR-10-LABX-22-01 (labex SOLSTICE).



Annexes

Le rayonnement solaire

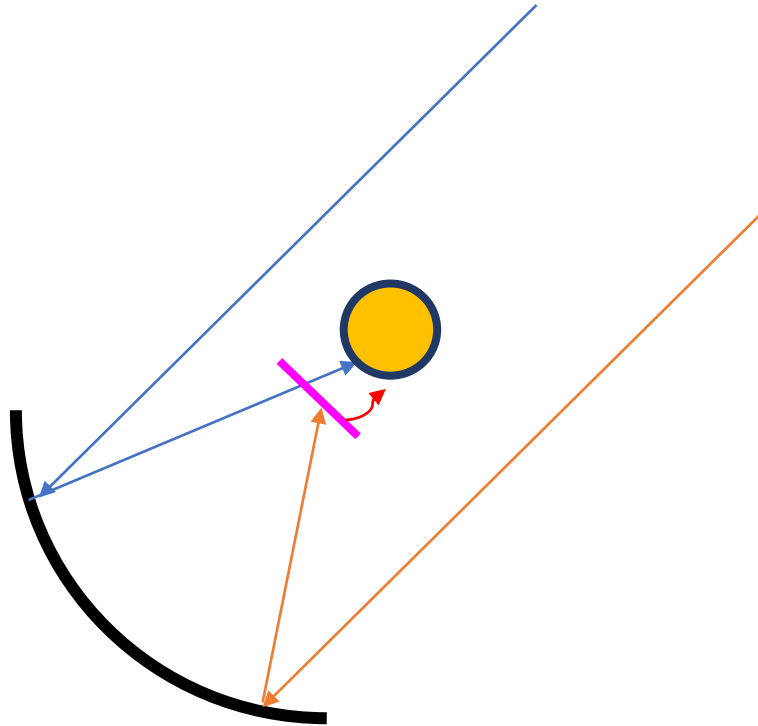


Description de l'algorithme

- Définition de la géométrie
- Pour chaque heure de l'année, si le DNI (ou le DHI) est supérieur à un seuil prédéfini
 - Calcul de la position du soleil, qui permet le calcul de l'effet cosinus et de la fraction de diffus absorbé
 - Calcul de la distribution spectrale via SMARTS (le DNI est toujours celui du TMY)
 - Calcul des performances des 5 centrales étudiés



Exemple du modèle PV Topping



- High energy photons flux
- Low energy photons flux
- Concentrating mirror
- Heat Transfer Fluid
- Thermal Absorber
- Photovoltaic cell
- Cooling System
- Spectral Splitting +Photovoltaic cell

- Suppose des cellules HT, dont les pertes par transparence et thermalisation sont transmises à l'absorbeur thermique
- Le rayonnement diffus n'est pas absorbé par le PV
- $T_{pv}=320\text{ K}$
- $N_{pv} = 0.75 \times N_{bilan\ détaillé}$
- Le rayonnement diffus n'est pas absorbé par l'absorbeur thermique
- Modèle thermique 1D de l'absorbeur, construit autour de données fournisseur
- $N_{csp} = 0.66 \times N_{carnot}$

