

Retour sur le 23e General Meeting and Singapore Forum 2023 de l’IERE | Partie 1

07 février 2024, 09:51

Pieter Jan Jordaens

Conclusions majeures concernant l’accélération de la transition vers une énergie neutre en carbone

Le 23e General Meeting and Singapore Forum de l’IERE, co-organisé par Engie, s’est déroulé à Singapour du 21 au 24 novembre 2023. Son thème principal était « Accélérer la transition énergétique vers la neutralité carbone pour l’industrie et les territoires ». Pieter Jan Jordaens, expert en transition énergétique chez Sirris, a honoré ces assises de sa présence en tant qu’orateur, dans le but de partager les essais et expériences pilotes menés en Belgique, ainsi qu’en tant que participant, dans le souci d’apprendre, par la voix d’industriels et d’universitaires issus du monde entier, quelles sont les technologies émergentes qui contribuent à la transition énergétique.

À l’ouverture de la conférence, Jan Mertens, Directeur scientifique auprès d’ENGIE Research, a formulé les objectifs et visées des réunions de l’IERE : « Nous sommes ici pour accélérer les transitions énergétiques, apprendre les uns des autres et partager des expériences et résultats essentiels à l’adoption accélérée de technologies non matures, comme nous l'avons fait avec

l’énergie photovoltaïque et l’énergie éolienne. »

Notre expert Pieter Jan Jordaens met l’accent sur quelques-uns des conclusions les plus intéressantes, dont il convient de se nourrir dans la perspective de débouchés commerciaux à l'étranger et de s’inspirer pour nos régions. Nous les avons regroupées dans une série d’articles. Le premier article présente un bref aperçu des principaux enseignements tirés de la conférence en général et des interventions de Jan Mertens (Directeur scientifique auprès d’Engie Research, Engie), Jan Holms (membre du conseil d'administration, Seaborg), Thomas Baudlot (Directeur général de Energy Solutions, Engie Asie du Sud-Est), Fiona Buckley (Experte principale et Cheffe de projet principale, Engie Laborelec), Jean-Pierre Keustermans (Responsable des partenariats en recherche, Engie Laborelec).



©IERE

Transition indispensable

En dépit de la complexité et de l'imprévisibilité croissantes de la situation politique et économique mondiale, il nous faut impérativement accélérer notre progression vers la neutralité carbone. Les

technologies de production d’énergies renouvelables constituent à cet égard autant d’éléments essentiels dans cette quête. La transition énergétique représente une étape cruciale vers l’obtention d’émissions nettes de carbone d’ici la seconde moitié de ce siècle. Au cœur de cette transition figurent la réduction et l’éradication impératives des émissions de CO2 provenant des sources d’énergie afin d’atténuer l’impact du changement climatique. L’exploitation d’énergies renouvelables et la mise en œuvre de mesures d’efficacité énergétique devraient permettre d’atteindre 90 % des réductions de carbone indispensables.

Cependant, les pays considérés ne bénéficient pas tous des mêmes avantages quant aux ressources renouvelables disponibles. À titre d’exemple, la Belgique bénéficie d’importantes ressources éoliennes en mer qui font de l'électricité éolienne en mer une composante appréciable de son mix énergétique. En réalité, nous pouvons nous estimer heureux quant aux options dont nous disposons en matière de ressources renouvelables, par rapport à Singapour, par exemple, dont les ressources éoliennes sont insuffisantes et le potentiel géothermique inexistant.

Défis

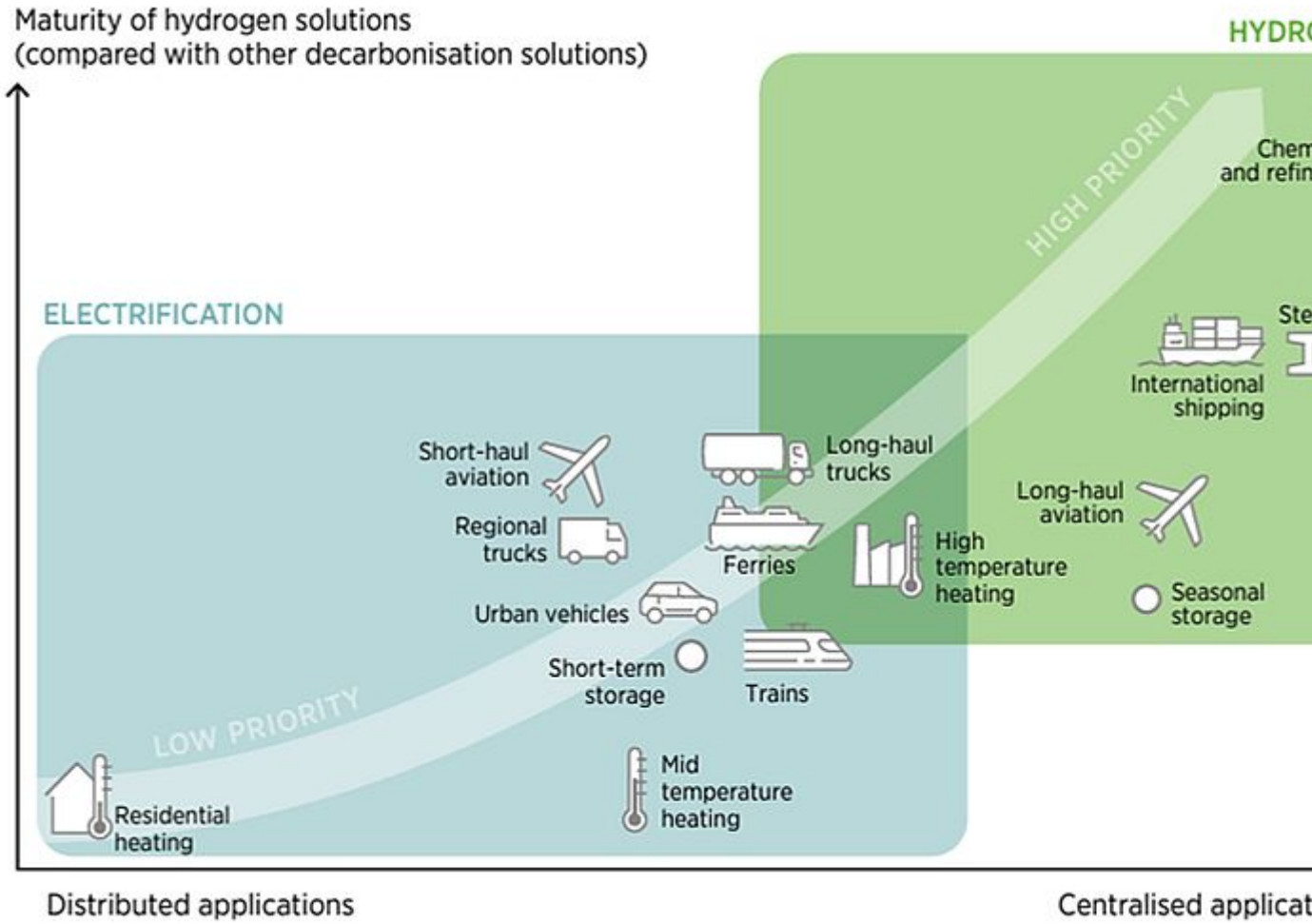
L’adoption généralisée des énergies renouvelables se heurte à de nombreux obstacles, notamment l’intermittence de la production d’électricité et la disparité entre la disponibilité de l’énergie et les centres urbains. Diverses solutions permettent de répondre à ces exigences : hydrogène vert, captage et stockage du carbone (CSC), stockage de l’énergie, amélioration des systèmes de transmission et innovations en matière de gestion de l’énergie et de la demande. L’impact transformateur des technologies émergentes sur la transition vers une économie décarbonée demeure incertain.

La transition vers un monde sans émission de carbone requiert l’acheminement de grandes quantités d'énergie renouvelable. Les lignes de courant continu à haute tension (CCHT) y contribueront, mais au fur et à mesure de l’augmentation des distances, d’autres modes de transport s’imposent. La conversion de l’électricité en vecteurs tels que l’hydrogène, l’ammoniac ou le méthanol devient cruciale. La gestion des technologies de l’information et de traitement des données assurera la stabilité, tandis que la gestion de la demande d’énergie en alignera l’offre et la demande. Les solutions de stockage jouent un rôle essentiel dans la résolution des problèmes d’intermittence.

Outre ces questions techniques, il faut également prendre en considération divers aspects économiques, sociaux et environnementaux. Parce qu’elle diffère d’un pays à l’autre, la situation nécessite des approches spécifiques. C'est la raison pour laquelle des experts issus du monde entier doivent coopérer et se livrer à l’échange d’idées et d’informations.

Principaux défis de la transition énergétique, et au-delà

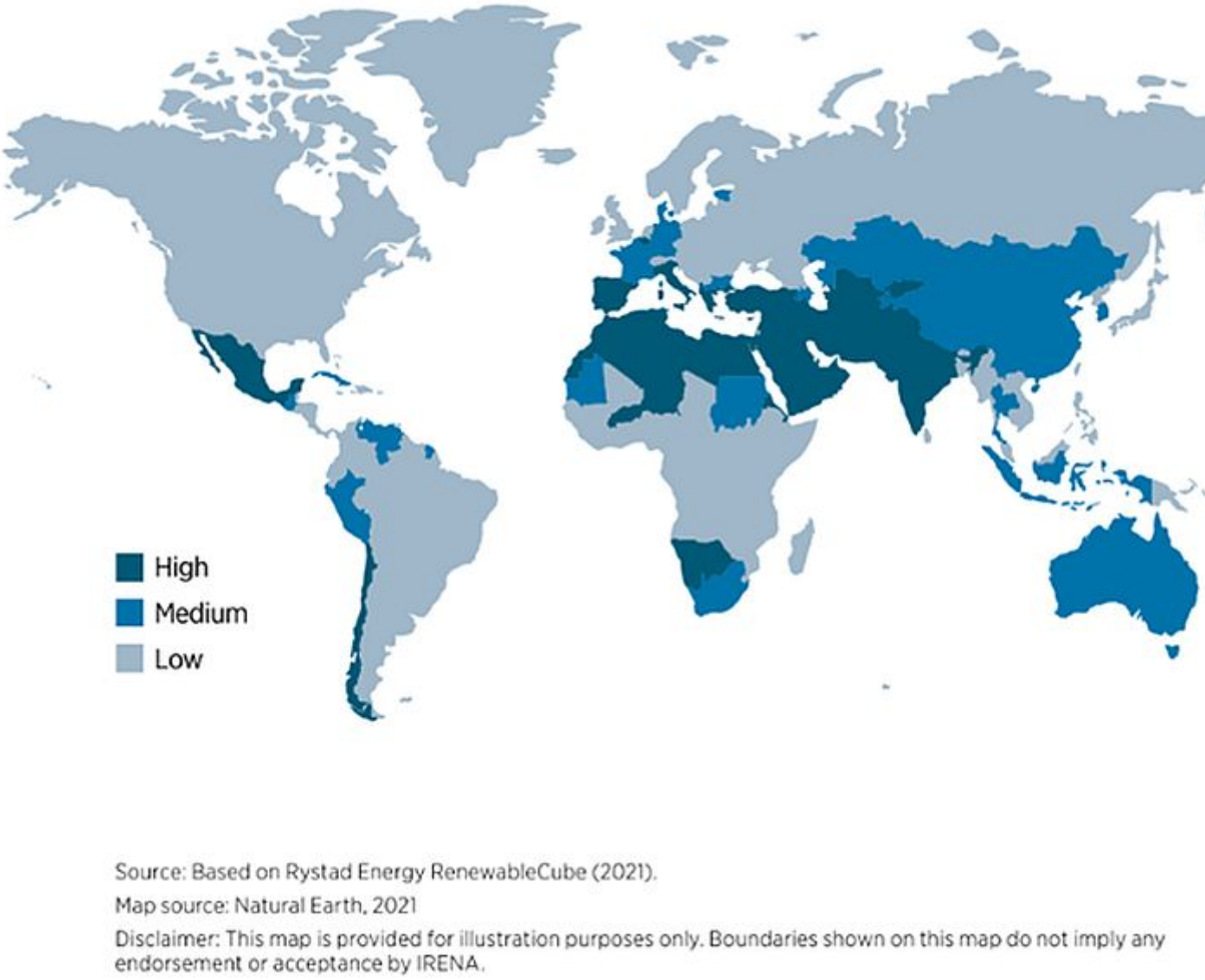
- Plus de 95 % des efforts à consentir devraient provenir de la **cessation des émissions**, tandis que les technologies à émissions négatives ou d’absorption du carbone ne devraient être mises à contribution que pour venir à bout des 5 % restants.
- Les besoins mondiaux en **molécules vertes** (biosourcées et de synthèse) sont considérables, mais il faut accorder la priorité à **l’amélioration de l’efficacité énergétique** ainsi qu’à **l’électrification** de tous les équipements possibles et imaginables (en allant bien au-delà des voitures).



©IRENA
Illustration 1 : Priorités de la politique de l'hydrogène propre

- La transition vers les **technologies vertes** va largement au-delà de la suppression des émissions de CO2, car **l'eau** est en passe de devenir une ressource essentielle au XXIe siècle. L'économie de l'hydrogène vert et des carburants de synthèse nécessitera d'importants volumes d'eau propre, en particulier dans des pays tels qu'Oman, l'Espagne, le Chili et l'Australie, où les autorités compétentes envisagent la production de grandes quantités d'hydrogène vert. Près de 70 % des projets d'électrolyseurs prévus verront le jour dans des régions soumises à un stress hydrique. Comme la production d'un kilogramme d'hydrogène nécessite neuf kilogrammes d'eau pure et propre, l'approvisionnement en eau de ces régions pose problème.

  Il suffit de se pencher sur la carte thermique mondiale des niveaux de stress hydrique pour constater que les régions les plus ensoleillées (où toute installation d'électrolyse peut reposer sur une électricité solaire bon marché) sont également les plus sèches. En conséquence, plus de 85 % des initiatives envisagées en matière de production d'hydrogène vert pourraient nécessiter l'usage d'une eau obtenue par désalinisation. Ce processus devrait potentiellement se traduire par une augmentation de 0,02 à 0,05 USD du coût de production d'un kilogramme d'hydrogène.



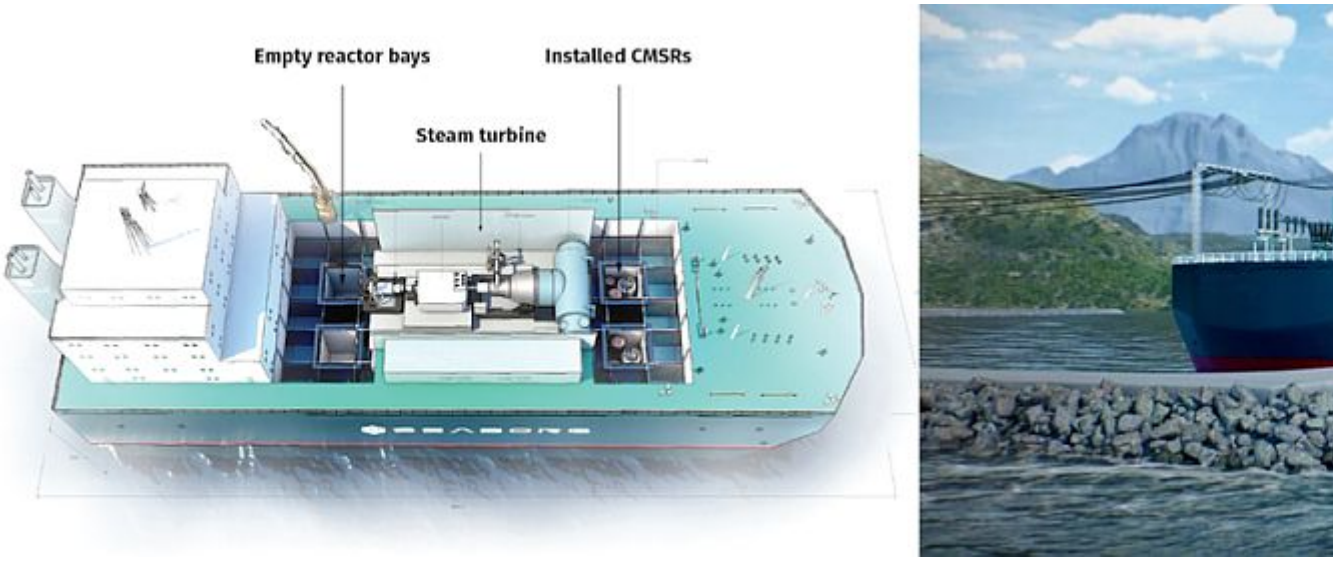
©Rystad Energy; IRENA
Illustration 2 : Carte thermique des niveaux de stress hydrique

- La **disponibilité des matériaux** indispensables à la transition énergétique constitue un autre défi. Des questions se posent quant à la disponibilité des matériaux (terres rares), à leur approvisionnement éthique et durable et aux risques inhérents à toute dépendance vis-à-vis de pays tiers pour la fourniture de ces ressources. Dès lors, l'adoption d'une méthodologie relevant de l'efficacité énergétique en mettant l'accent sur l'efficacité matérielle revêt une importance vitale. Cette approche implique des trajectoires de R&D visant à utiliser moins de matériaux sans renoncer à l'obtention de performances comparables. Exemples : réduction de la consommation d'argent dans la fabrication de panneaux solaires, choix de technologies moins efficaces ou moins performantes, voire abandon de certains matériaux. À titre d'exemple, les batteries de stockage du réseau pourraient adopter des technologies alternatives sans lithium (telles que les batteries au bromure de zinc, à flux de fer ou à flux redox), lesquelles sont moins abondantes et plus durables. Toutefois, cette évolution pourrait se traduire par une diminution du rendement énergétique aller-retour.

Innovation en matière de concepts nucléaires

La session de l’APEC consacrée aux perspectives de démarrage a vu la présentation de nouveaux concepts nucléaires visant à assurer la fourniture de l’énergie de base. La société danoise Seaborg a présenté son concept de barge nucléaire flottante CMSR (Compact Molten Salt Reactor). L’entreprise développe un réacteur nucléaire à sels fondus de 250 MWt /100 Mwe assortie d’un modérateur liquide en vue de son utilisation sur des « barges nucléaires » flottantes et modulaires. L’entreprise prend part au programme ENGIE Factory APAC, une initiative lancée par Engie qui se focalise spécifiquement sur la région Asie-Pacifique (APAC). ENGIE Factory fait office de plate-forme de soutien et de promotion de l’innovation dans le secteur de l’énergie. Elle joue le rôle d’incubateur et d’accélérateur pour les start-up et autres projets innovants associés à l’énergie durable, aux villes intelligentes, aux technologies propres ainsi qu’à d’autres facettes de la transition énergétique.

Un premier prototype construit en Corée du Sud devrait voir le jour d’ici 2028. L’installation de ces équipements nucléaires dans des ports permettrait à la solution proposée par Seaborg de résoudre le problème que posent les tenants du « pas dans mon jardin ». Pour un pays comme Singapour, particulièrement défavorisé en matière d’énergies renouvelables, de telles solutions permettraient la fourniture d’une énergie de base pour autant que la sûreté nucléaire soit assurée. L'Indonésie a également signé un protocole d'accord avec l'entreprise en vue de collaborations futures.



©Seaborg
Illustration 3 : Concept de barge nucléaire flottante CMSR

IA au service de l'énergie ou énergie au service de l'IA ?

Découlant de la tendance actuelle à l’IA (générative), les besoins en infrastructures numériques (centres de données en général) vont croissant dans la région APAC. Selon Frost & Sullivan, on observe, en règle générale, un doublement bimestriel des besoins en puissance infonuagique associés à nombre d’applications reposant sur l’IA (telles que ChatGPT). Cette évolution considérable pose un problème majeur en ce qui concerne les besoins en énergie, en climatisation et en eau.

Singapour est devenu un centre en plein essor pour les prestataires de services infonuagiques qui établissent des centres de données dans la région. Quelque 15 % du chiffre d’affaires réalisé par NVIDIA à la fin du trimestre (octobre) provenaient exclusivement de Singapour. Depuis janvier

2022, Singapour compte plus de 70 centres de données opérationnels, lesquels représentent près de 60 % de la capacité totale des centres de données établis en Asie du Sud-Est. Singapour occupe la troisième place au niveau mondial et la première dans la région Asie-Pacifique si l'on s'en réfère au classement du marché des centres de données. Ces infrastructures de données requièrent de grandes quantités d'électricité ainsi qu'une puissance de refroidissement considérable, lesquelles accroissent la charge qui pèse sur le réseau électrique. L'empreinte énergétique des centres de données opérationnels établis à Singapour s'élève à plus de 378 MW, ce qui représente plus de 7 % de la puissance électrique absorbé à Singapour. Alors que naguère, la puissance absorbée par les centres de données usuels s'élevait à 1 MW, la tendance actuelle est aux unités de données de 20 MW. La tendance actuelle à l'IA voit l'envergure des centres de données s'étendre vers des installations encore plus imposantes de 200 MW.



©Erik Isakson/Getty Images
Illustration 4 : Centre de données

On est en droit de s’interroger sérieusement quant à l’impact de cette tendance sur l’effort consenti actuellement en matière de transition énergétique et sur les voies technologiques empruntées pour trouver des solutions. Surtout quand on sait qu’une seule requête GPT consomme 15 fois plus d'énergie qu’une recherche sur Google et que ChatGPT engloutit 500 millilitres d'eau pour chaque 10 à 50 invites d'exécution, en fonction de l’heure, de la date et du lieu d’utilisation de l’agent conversationnel. Si l’on fait le lien avec la pénurie d’énergie et d’eau mentionnée plus haut, on peut en inférer que certains pays devront repenser les modalités de leur transition énergétique. Singapour a d’ores et déjà adopté une réglementation spécifique en la matière : une autorisation couvrant toute augmentation maximale de capacité de 60 MW par an est susceptible d’être accordée, les nouveaux centres de données étant tenus de présenter une efficacité d’utilisation de l’énergie (PUE) inférieure ou égale à 1,3 (plus le coefficient PUE est faible, plus le centre de données est efficace). Des pays tels que la Malaisie et l’Indonésie bénéficient aujourd’hui de nouveaux investissements dans les centres de données. Bien entendu, la décarbonation de leur mix énergétique est également un sujet brûlant.

Centres de données sous-marins

La croissance enregistrée par le secteur extracôtier est due au manque d’espace intracôtier qui caractérise certains pays, à l’adoption de réglementations de plus en plus rigoureuses et à l’impact du changement climatique. Cette évolution se traduit par le passage d’activités extracôtières isolées à une « économie offshore » intégrée. Pour faire le lien avec les thèmes qui précèdent concernant le besoin croissant de centres de données, alors qu’elle assistait à la conférence de l'IERE, la Chine a immergé, à 35 m de profondeur, son premier centre de données sous-marin à vocation commerciale (1.300 tonnes) au large de Sanya, dans la province de Hainan. L’ensemble du projet se compose d’une centaine d’unités de ce type.

Le déploiement de **centres de données sous-marins** présente de nombreux avantages. Forts de l’utilisation de l’eau de mer pour assurer leur refroidissement, ces centres permettent de réduire leurs besoins en climatisation énergivore et partant, le montant de leurs factures d’électricité. Leur maître d’ouvrage affirme qu’après l’achèvement de ce centre de données sous-marin, son efficacité énergétique sera supérieure de 40 à 60 % par rapport aux centres de données intracôtiers.

En outre, l’implantation de centres de données en mer permet de maximiser l’exploitation des vastes fonds marins, en réduisant ainsi les dépenses foncières. Leur implantation à l’écart des zones habitées permet de réduire au maximum les perturbations externes. Caractérisé par l’absence de poussières et d'oxygène, leur environnement sous-marin contribue à améliorer la durabilité des unités électroniques ainsi qu’à en réduire la vulnérabilité aux dysfonctionnements. L’implantation stratégique de certains centres de données sous-marins à proximité de villes côtières aura pour effet de les rapprocher des nœuds centraux du réseau et dès lors, d’en améliorer la réactivité.

Alors que de grandes entreprises telles que Microsoft ont testé avec succès divers centres de données sous-marins et en ont validé la faisabilité, leur pendant chinois est prêt à entrer en exploitation commerciale, au service de clients réels.



©Tang Fei/For chinadaily.com.cn
Illustration 5 : Le premier module du centre de données sous-marin au large de la province de Hainan

Humidité

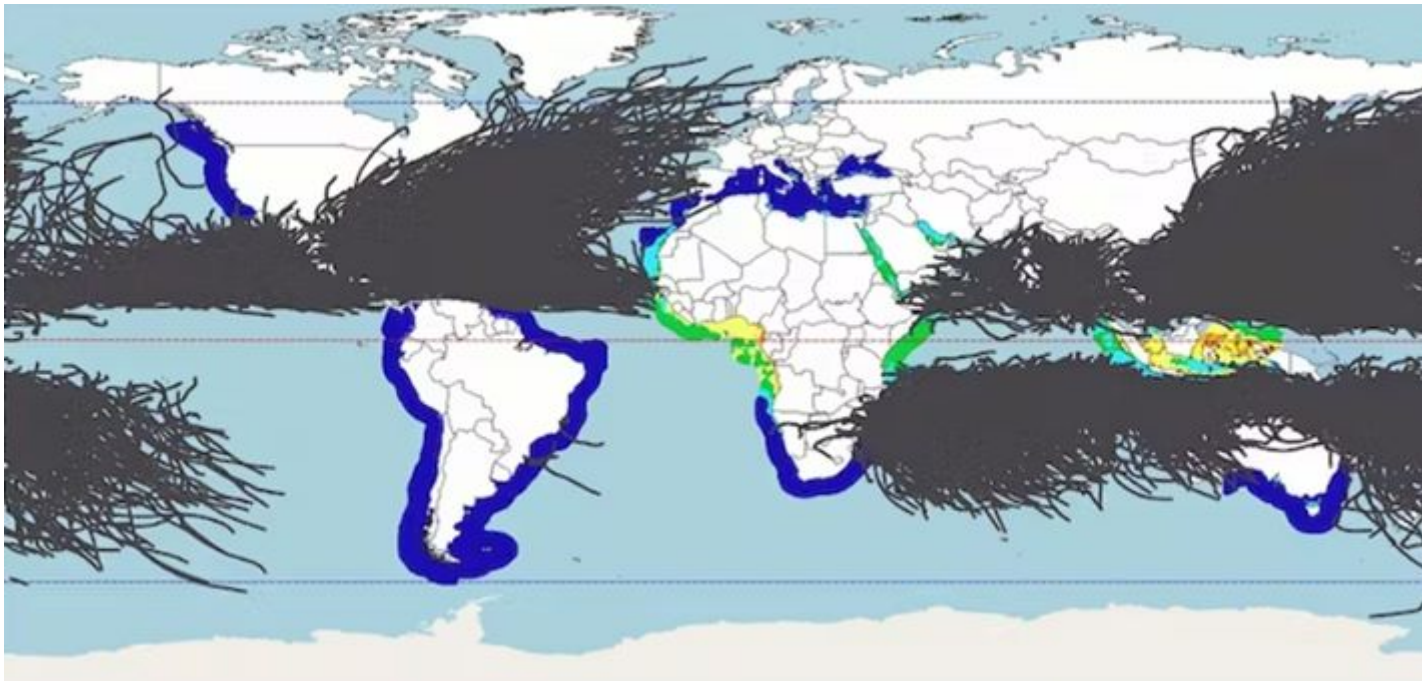
Les taux d'humidité élevés que l'on relève en Asie du Sud-Est constituent, en règle générale, un défi majeur pour l'électronique de puissance et les systèmes de stockage d'énergie, sur l'usage desquels reposent couramment toutes sortes de technologies associées à la transition énergétique. Il est préférable de procéder à des essais de spécification et de validation appropriés avant de se lancer dans toute installation sur site. Lors de la conférence, la présentation de Sirris s'est également arrêté sur ce thème (que nous aborderons dans un prochain article).

Centrales photovoltaïques flottantes en mer

Le potentiel des centrales photovoltaïques flottantes est indéniable sur les mers plus clémentes. Le potentiel des centrales flottantes déployées à proximité de l'équateur devrait leur permettre d'alimenter en énergie les futures zones à haute densité de population. Dans les zones maritimes peu agitées, ces champs de panneaux photovoltaïques flottants pourraient constituer une source

d'énergie renouvelable intéressante. Plus précisément, dans ces régions où la hauteur des vagues est inférieure à 6 m et la vitesse du vent à 15 m/s, la production de telles centrales photovoltaïques (PV) flottantes en mer pourrait atteindre 1 million de TWh par an. Les contrées les plus propices à de telles activités se situent essentiellement à proximité de l'équateur, en particulier à Singapour, en Indonésie, en Malaisie et dans les régions tropicales d'Afrique occidentale. L'Indonésie peut s'enorgueillir de posséder près de 140.000 km² de zones marines où la hauteur des vagues est restée inférieure à 4 m et la vitesse des vents à 10 m/s durant les quatre dernières décennies. Cette vaste étendue d'eau se prête à la production de quelque 35.000 TWh d'énergie solaire par an, une capacité qui correspond à la production mondiale actuelle d'électricité, laquelle avoisine 30.000 TWh par an. L'Indonésie pourrait également assurer l'acheminement de l'électricité vers des pays voisins tels que Singapour dans le but de répondre à leurs besoins en matière de transition énergétique.

Contrairement à la plupart des régions océaniques sujettes aux tempêtes, les zones équatoriales se distinguent par un environnement maritime plus clément, lequel dispense les parties concernées de construire des ouvrages d'art respectables et coûteux pour protéger leurs centrales photovoltaïques flottantes en mer. Plusieurs projets de démonstration visant à en évaluer le potentiel technique et économique démarrent dans la région.



©Global Atlas of Marine Floating Solar PV Potential – Prof. Andrew Blakers /ANU
Illustration 6 : Carte thermique indiquant les régions propices au déploiement de centrales photovoltaïques flottantes en mer. Les zones rouges sont les plus intéressantes, les zones jaunes, vertes et bleu foncé leur emboîtent successivement le pas. Les traits gris rendent compte des trajectoires empruntées par les tempêtes tropicales

À titre d'exemple, la start-up néerlandaise SolarDuck s'est associée à une entreprise en vue de la réalisation, en Malaisie, d'une centrale d'énergie solaire en mer d'une capacité de 780 kWp. Une unité de démonstration située au large de l'île de Tioaman sera installée en 2025. Cette unité permettra d'évaluer la viabilité technique et économique de projets analogues dans le pays. Ce projet entretient également un lien avec la Belgique, comme en témoigne la livraison de profilés en

aluminium provenant des installations industrielles d’Hydro Extrusion Norway situées à Lichtervelde, Belgique.



©SolarDuck
Illustration 7 : Concept d’installation photovoltaïque en mer créé par SolarDuck en Malaisie

Appelé à devenir opérationnel dans le courant du premier trimestre 2024, le « Floating Living Lab » est le premier système de stockage d'énergie (ESS) en mer de Singapour. À l’avenir, une telle installation pourrait répondre aux besoins d’une petite île pour ce qui concerne le stockage de l’énergie provenant de sources renouvelables et aider Singapour à surmonter certaines contraintes foncières.

Équipée de batteries, à même d’avitailler les navires en gaz naturel liquéfié (GNL), de recharger les bâtiments électriques de servitude et d’assurer l’approvisionnement en électricité d’îles éloignées, une centrale électrique flottante révolutionnaire, entrera bientôt en service. Élément essentiel d’une solution flottante et intégrée, conçue pour remédier aux contraintes foncières inhérentes à Singapour, cette installation innovante de stockage d’énergie se distingue par une empreinte de déploiement inférieure de 40 % max. par rapport à celle des installations de stockage d'énergie terrestres. L’installation comprend un système de stockage d’énergie par batteries

(BESS) de 7,5 MW/7,5 MWh aménagé sur le Floating Living Lab, une barge servant de plateforme d'essai pour tester diverses applications énergétiques en mer. Soutenu par un financement accordé par l'Energy Market Authority (EMA), ce projet vise à explorer diverses fonctionnalités de l'énergie marine. L'ESS fait office de batterie à grande échelle, conçue pour stocker l'énergie excédentaire pendant les périodes creuses et pour la restituer lors des phases de forte demande. Sa réactivité autorise une gestion active des écarts entre l'offre et la demande d'électricité, dans la mesure où elle permet de réguler les fluctuations instantanées du réseau électrique. En conséquence, l'ESS gère en toute efficacité la nature intermittente de l'énergie solaire, laquelle fluctue tout au long de la journée en raison du climat tropical de Singapour, affecté par la pluie et la couverture nuageuse.

Le complexe flottant intègre également diverses installations d'avitaillement en GNL des bâtiments de servitude et des petits navires, ainsi qu'une infrastructure permettant de tester la recharge des navires entièrement électriques. Cette installation complète constitue une étape importante vers la mise en oeuvre de solutions énergétiques durables et évolutives au sein d'environnements maritimes.



©Seatrium
Illustration 8 : Floating Living Lab

Pour plus d'informations concernant le Floating Living Lab de Seatrium, consultez la page Web suivante.

Cette année, Sirris a également l'intention de développer, en partenariat avec VIL, un concept de batterie flottante dans le cadre d'un nouveau projet de R&D, en guise d'alternative plus flexible qu'une alimentation à quai fixe, pour recharger les bateaux de navigation intérieure.

Sirris aide les entreprises belges à traduire ces tendances et perspectives mondiales en feuilles de route concrètes et en études de faisabilité pour de nouveaux produits et processus. Si vous souhaitez en savoir plus sur l'aide que nous sommes en mesure de vous apporter, nous vous

invitons à découvrir l'étendue de notre expertise et de notre offre en matière de technologies énergétiques renouvelables.

Découvrez les autres articles de la série

- **Désavantagé en termes d'énergies renouvelables, Singapour relève ses défis | Partie 2**
- **Explorer les possibilités de production d'énergie (offshore) de demain | Partie 3**
- **« Accélérer l'apprentissage au moyen de tests grandeur nature en milieu hostile » | Partie 4**

Sources

- https://www.straitstimes.com/multimedia/graphics/2023/11/energy-mix-203…
- https://www.reuters.com/business/energy/singapore-unveils-one-worlds-bi…;
- https://www.euronews.com/green/2021/08/26/singapore-is-turning-to-float…
- https://innovation.Engie.com/en/news/news/other-innovations/foster-inno…
- https://www.seaborg.com/
- https://www.neimagazine.com/news/newsindonesia-to-consider-seaborgs-mol…
- https://www.cnbc.com/2023/12/01/this-tiny-country-drove-15percent-of-nv…;
- https://www.trade.gov/market-intelligence/singapore-new-data-centers
- https://www.cnbc.com/2023/12/06/water-why-a-thirsty-generative-ai-boom-…
- https://www.pv-magazine.com/2023/08/08/offshore-floating-solar-on-calm-…;
- https://www.mdpi.com/2673-9941/3/3/23
- https://www.offshore-energy.biz/solarduck-partners-up-for-780kw-offshor…;
- https://www.straitstimes.com/singapore/singapore-s-first-floating-energ…
- https://news.cgtn.com/news/2023-11-24/China-puts-in-water-world-s-1st-c…;
- https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/building-underwater/
- https://innovation.engie.com/en/news/news/new-energies/accelerating-the…;

Auteurs



Pieter Jan Jordaens