

Le coût de production d'hydrogène par électrolyse – une étude, quelques résultats

Il m'est arrivé de demander à quelqu'un de compétent quel est le coût de production d'hydrogène par électrolyse et d'avoir comme réponse : entre 2 €/kg et 9 €/kg. J'ai tenté d'y voir un peu plus clair – et je peux « démontrer » qu'il peut être de 1 €/kg - résultat fallacieux, bien sûr.

Un calcul de base : avec coût de l'installation, rendement, facteur de charge, coût de l'électricité
Cela ne suffit pas : il y a aussi le coût du stockage pour pouvoir délivrer l'hydrogène à flux constant.

Le coût et le rendement de l'installation : 700 ou 2000 €/kW ? Un rendement de 75 %

On lit parfois que l'électrolyseur coûtera 700 €/kW; RTE ajoute dans ses derniers documents « sans compter son environnement ». Il est plus réaliste de retenir au total, y compris les installations électriques, le traitement de l'eau et des gaz produits, la compression et le stockage, etc. 2000 €/kW.

Dans un numéro récent de Techniques de l'ingénieur (mai 2023), on lit dans l'article « Le power-to-gas, technologies, enjeux et perspectives » écrit à la lumière de l'expérience Jupiter 1000 : « (à l'horizon 2030) l'unité d'électrolyse représenterait entre un tiers et un demi du coût total d'une installation de Power-to-H₂. Ainsi une installation de Power-to-H₂ coûterait de 2000 à 4500 €/kW selon la technologie retenue » p.14.

Le coût du stockage d'hydrogène, y compris le transport jusqu'au stockage : selon une étude récente de RTE et GRT gaz, il est en annuité 3 €/kg de capacité de stockage.

Si l'électrolyse est alimentée par une source d'électricité dédiée, nucléaire, éolienne ou solaire

Une simulation (à l'aide par exemple de SimelSP3, qui est publié) permet d'ajuster la capacité de l'électrolyse à celle de la production électrique, avec éventuellement un moyen de stockage d'électricité, de façon à minimiser les dépenses de production et de stockage d'hydrogène.

Quelques résultats : avec une électricité éolienne ou solaire, le coût, stockage d'hydrogène compris, est entre 3,9 et 5,1 €/kg selon le coût de l'électrolyse (700 ou 2000 €/kW) ; avec du nucléaire, il est entre 3,6 et 4,3 €/kg.

Si l'électrolyse s'alimente sur le réseau électrique – c'est beaucoup plus compliqué

L'électricité consommée par l'électrolyse est, ou bien une demande qui s'efface lorsque le prix de l'électricité est très haut, ou bien une électricité « excédentaire ». Quelle valeur lui donner ?

Voici une méthode qui évite cette difficulté : comparer les dépenses *totales* de production et de stockage d'électricité et d'hydrogène pour répondre à une même demande d'électricité et pour produire plus ou moins d'hydrogène ; rapporter la différence de dépenses à la différence de production d'hydrogène. La simulation calcule le facteur de charge de l'électrolyse et le besoin de stockage d'hydrogène – qui est souvent compris entre 30 et 40 % de la production annuelle.

Cette méthode n'est valable que si les parcs de production d'électricité et d'hydrogène sont, avec plus ou moins d'hydrogène, des parcs qui répondent à la demande en dépensant aussi peu que possible. Sinon, on peut « démontrer » que l'hydrogène coûte très cher, ou très peu, par exemple 1 €/kg.

Si la capacité nucléaire est inférieure à celle qui minimise les dépenses et si l'on disait qu'on l'augmente de 3 GW « pour produire de l'hydrogène », on comparerait les dépenses avec hydrogène et ces 3 GW de plus aux dépenses sans hydrogène et sans ces 3 GW ; résultat : 1 €/kg. Explication : le gain d'efficacité apporté par ces 3 GW bénéficierait entièrement à l'hydrogène. Le calcul n'est exact qu'en comparant les dépenses avec ou sans production d'hydrogène avec dans les deux cas ces 3 GW nucléaires supplémentaires.

Il reste une difficulté. Quelle valeur donner à l'électricité consommée autrement que par la consommation finale et la production d'hydrogène ? Ici faute de mieux, on retient 20 ou 40 €/MWh.

Quelques résultats : pour une consommation finale de 580 TWh/an sans production d'hydrogène, 55 GW nucléaire. Avec production de 1 Mt/an d'hydrogène on augmente le nucléaire, ou l'éolien ou le solaire. Si les autres usages valent 20 €/MWh et si l'électrolyse ne coûtait que 700 €/kW, le coût de l'hydrogène, stockage compris, serait entre 3,6 et 4 €/kg. Si les exportations valent 40 €/MWh et si l'électrolyse coûte 2000 €/kW, le coût de l'hydrogène est entre 5,9 et 6,5 €/kg.

Pour aller plus loin : considérer l'ensemble du système électricité-hydrogène-chaleur.

L'électricité peut produire de la chaleur et l'hydrogène peut être produit autrement qu'en s'alimentant sur le réseau : on peut alors arbitrer entre production d'hydrogène et de chaleur – cf. la prochaine note.

Sur www.hprevot.fr, [le coût de l'hydrogène produit par électrolyse](#). Et aussi www.hprevot.fr/les-notes-brèves.html, une stratégie conjointe avec des pays d'Afrique sur www.hprevot.fr/eurmonde.html etc.