

Débat national sur la transition énergétique

Coût du nucléaire existant et futur

Benjamin Dessus

28 mars 2013



www.global-chance.org

Débat national sur la transition énergétique

Coût du nucléaire existant et futur

Benjamin Dessus.

Résumé

Sur la base de la méthode de calcul dite du « coût courant économique » (CCE) et des paramètres économiques (taux d'inflation, taux d'actualisation, taux de rémunération du capital, taux d'intérêt intercalaire) employés par La Cour des comptes dans son rapport sur « les coûts de la filière nucléaire », des éléments historiques présentés dans ce rapport et des éléments de coûts aujourd'hui publiés par les différents acteurs industriels, il apparaît que :

- le CCE de l'électricité produite par le parc existant se situe entre 55 et 65 €/MWh selon la durée de vie envisagée et le périmètre des frais pris en compte dans le calcul (hors constitution d'un fonds « accident majeur »)
- le CCE de l'électricité produite par l'EPR de Flamanville 3 se situe autour de 100€/MWh (hors constitution d'un fonds « accident majeur »)
- le CCE de l'électricité produite d'une petite série d' EPR (5 à 10) ne devrait pas tomber au dessous de 85€/MWh (hors constitution d'un fonds éventuel « accident majeur »).

Il n'a malheureusement pas été possible de confronter valablement les chiffres obtenus pour l'EPR de Flamanville et l'EPR de série avec ceux proposés par la note de Paul Lucchese : les acteurs industriels n'ont en effet pas souhaité renseigner les différents postes de coûts nécessaires à cette analyse.

1- Le coût de production des réacteurs actuels.

La Cour des comptes, dans son rapport « Les coûts de la filière nucléaire » indique un coût courant économique de 49,5€/ MWh. Elle propose d'y ajouter les frais d'investissement à engager pour la jouvence et la mise aux normes post Fukushima des réacteurs, contribuant pour 4,7 € au coût /MWh soit au total 54,2€/ MWh.

A noter que ces calculs ne prennent pas en compte :

- les frais de recherche jusqu'en 2010 estimés par la Cour à 77 milliards € 2010 dont 38 milliards de fonds publics dont l'incidence sur le coût du MWh est de 7 €,
- les investissements post 2025 à réaliser pour la prolongation de la durée de vie des réacteurs qui n'auront pas encore atteint 40 ans de durée de vie en 2025 (24 réacteurs).
- la prime annuelle nécessaire pour constituer un fonds éventuel d'indemnisation des dégâts engendrés par un accident grave ou majeur¹ .

Selon qu'on prend en compte ou non ces différents éléments le coût du MWh du parc existant se situe entre 55 et plus de 65 €/MWh pour un facteur de charge analogue au facteur actuel.

II- Le coût du MWh de Flamanville

La Cour des comptes avait approché le coût du nucléaire EPR de Flamanville avec pour hypothèse un coût d'investissement « overnight »² de 6 milliards d'euros, en adoptant un taux de rémunération de

¹ (voir note B Dessus Prise en compte économique des risques nucléaires 17 mars 2013)

loyer économique de 7,8%, un taux d'intérêt intercalaire de 4,5% pour les frais financiers et un taux d'actualisation de 5% pour les investissements de fin de vie du cycle nucléaire (démantèlement et stockage), un taux d'inflation de 2% par an (inclus dans le taux d'actualisation). Le coût du démantèlement y était choisi de même valeur que celle prise pour le parc actuel (291€/kW) et la date du démantèlement 9 ans après l'arrêt du réacteur, soit 69 ans après la mise en marche. En adoptant les coûts d'exploitation, de maintenance, de combustible et de provision pour stockage trouvés par la Cour pour le parc actuel, on peut reconstituer le tableau ci-dessous du calcul effectué.

Coût du MWh « Cour des comptes » pour des durées de fonctionnement de 6500 et 7000 heures et sur la base d'un coût overnight de 6 milliards d'€

Taux de rémunération capital	7,8%	7,8%
Durée de fonctionnement installation (ans)	60,0	60,0
Taux d'intérêt intercalaire	4,5%	4,5%
Durée d'avance de trésorerie (ans)	5	5
Taux d'actualisation	3%	3%
Délai des dépenses de fin de vie (ans)	69	69
Production annuelle	6500	7000
Facteur de charge	74,2%	79,9%
Rendement	35%	35%
Coût overnight (k€ /MW)	3636,0	3636,0
Coût yc avance trésorerie	4531	4531
Dépenses fin de vie k€/MW	291,0	291,0
Dépenses fin de vie actualisées k€/MW	37,9	37,9
Investissement total k€/MW	4569,0	4569,0
Loyer économique	360,4	360,4
<i>dont loyer dépenses fin de vie</i>	3,0	3,0
Frais d'exploitation (k€ /MW)	110,0	110,0
Combustible (€/MWh thermique)	1,8	1,8
Invt maintenance (k€/MW)	2,7	2,7
Provisions stockage (€/MWh	2,7	2,7
Annuités capital/MWh	55,4	51,5
<i>dont annuités dépenses fin de vie</i>	0,46	0,43
Frais d'exploitation /MWh	16,9	15,7
Inv maintenance/MWh	0,4	0,4
provisions pour dépenses stockage/MWh	2,7	2,7
combustibles€/MWh	5,2	5,2
Coût CCE (€/MWh)	80,7	75,5

Le calcul donne des ordres de grandeur de coût comparables à ceux affichés par la Cour.

A noter :

- la très faible valeur apparente du démantèlement (de l'ordre de 0,5% du coût du MWh). Cela tient à l'actualisation à 69 ans qui rabote complètement ce coût. On peut considérer qu'un taux réel d'actualisation hors inflation de 3% est très élevé alors que la croissance espérée à long terme est inférieure à 1,5%. Si on refait la calcul avec un taux de 3% (dont deux d'inflation) on obtient une participation de 1,65 euros de démantèlement au coût du MWh ce qui reste marginal. Par contre il est fort probable que le coût indiqué par la Cour pour les réacteurs actuels soit très sous estimé notamment

² Ce point important a été confirmé par Michèle Pappalardo. Le coût « overnight » est celui d'une construction en une « nuit ». Il faut donc y ajouter les frais financiers entraînés par la durée du chantier.

pour l'EPR. Avec un coût doublé et un taux d'actualisation de 3% la participation du démantèlement au coût du MWh n'atteint encore que un peu plus d'un euro³.

-l'absence de prise en compte d'un risque d'accident à travers une prime d'assurance. Ce point important peut augmenter le coût de 5 à 10 euros au minimum le coût du MWh (voir note B Dessus) . Sans remettre en cause les autres hypothèses prises en compte par la Cour, on peut cependant calculer le coût du MWh pour le nouveau coût d'investissement de l'EPR, 8,5 milliards € overnight, soit 5150€/kW, toutes choses égales d'ailleurs.

Coût du MWh « Cour des comptes » pour des durées de fonctionnement de 6500 et 7000 heures et sur la base d'un coût « overnight » de 8,5 milliards d'€.

Taux de rémunération capital	7,8%	7,8%
Durée de fonctionnement installation (ans)	60,0	60,0
Taux d'intérêt intercalaire	4,5%	4,5%
Durée d'avance de trésorerie (ans)	5	5
Taux d'actualisation	3%	3%
Délai des dépenses de fin de vie (ans)	69	69
Production annuelle	6500	7000
Facteur de charge	74,2%	79,9%
Rendement	35%	35%
Coût overnight (k€ /MW)	5150,0	5150,0
Coût yc avance trésorerie	6418	6418
Dépenses fin de vie k€/MW	291,0	291,0
Dépenses fin de vie actualisées k€/MW	37,9	37,9
Investissement total k€/MW	6455,7	6455,7
Loyer économique	509,2	509,2
<i>dont loyer dépenses fin de vie</i>	3,0	3,0
Frais d'exploitation (k€ /MW)	110,0	110,0
Combustible (€/MWh thermique)	1,8	1,8
Invt maintenance (k€/MW)	2,7	2,7
Provisions stockage (€/MWh	2,7	2,7
Annuités capital/MWh	78,3	72,7
<i>dont annuités dépenses fin de vie</i>	0,46	0,43
Frais d'exploitation /MWh	16,9	15,7
Inv maintenance/MWh	0,4	0,4
provisions pour dépenses stockage/MWh	2,7	2,7
combustibles€/MWh	5,2	5,2
Coût CCE (€/MWh)	103,6	96,7

Dans ces conditions le coût du MWh EPR Flamanville 3 tourne autour 100 euros/MWh toujours sans assurance.

A noter que si le chantier est rallongé d'un an ce coût est augmenté de deux euros environ par MWh.

Dans sa négociation avec le Royaume Uni, les calculs d'EDF semblent se fonder sur un taux de rémunération du capital **de 10% et non de 7,8% comme le fait la Cour**. Sur cette base et toujours avec les mêmes données on obtient le tableau ci dessous

³ A ce propos l'important est de comprendre la signification de ce type de calcul. Il indique qu'il faut placer d'aujourd'hui à l'année 69 la somme « annuités fin de vie » du tableau au taux d'actualisation choisi (par exemple 3% hors inflation) pour obtenir en bout de course le montant financier nécessaire à ce démantèlement.

Coût du MWh EDF méthode « Cour des comptes » pour des durées de fonctionnement de 6500 et 7000 heures et sur la base d'un coût « overnight » de 8,5 milliards d'€. rémunération du capital 10%.

Taux de rémunération capital	10,0%	10,0%
Durée de fonctionnement installation (ans)	60,0	60,0
Taux d'intérêt intercalaire	4,5%	4,5%
Durée d'avance de trésorerie (ans)	5	5
Taux d'actualisation	3%	3%
Délai des dépenses de fin de vie (ans)	69	69
Production annuelle	6500	7000
Facteur de charge	74,2%	79,9%
Rendement	35%	35%
Coût overnight (k€ /MW)	5150,0	5150,0
Coût yc avance trésorerie	6418	6418
Dépenses fin de vie k€/MW	291,0	291,0
Dépenses fin de vie actualisées k€/MW	37,9	37,9
Investissement total k€/MW	6455,7	6455,7
Loyer économique	647,7	647,7
<i>dont loyer dépenses fin de vie</i>	3,0	3,0
Frais d'exploitation (k€ /MW)	110,0	110,0
Combustible (€/MWh thermique)	1,8	1,8
Invt maintenance (k€/MW)	2,7	2,7
Provisions stockage (€/MWh)	2,7	2,7
Annuités capital/MWh	99,6	92,5
<i>dont annuités dépenses fin de vie</i>	0,46	0,43
Frais d'exploitation /MWh	16,9	15,7
Inv maintenance/MWh	0,4	0,4
provisions pour dépenses stockage/MWh	2,7	2,7
combustibles€/MWh	5,2	5,2
Coût CCE (€/MWh)	124,9	116,5

Le coût se situe alors autour de **120\$/MWh**, toujours avec les mêmes hypothèses et sans assurance. On est dans les ordres de grandeur de la négociation EDF qui réclame 100 livres /MWh soit 115 €/MWh

Le coût de l'EPR et l'effet de série

L'étude historique de la Cour des comptes ne montre pas de conséquences claires de l'effet d'apprentissage sur le parc actuel.

En effet :

- **Pour le premier palier de 900 MW**, la Cour donne un coût actualisé en 2010 (tableau page 22 et 23 du rapport) de 836 €/MW pour les deux tranches de Fessenheim et des coûts supérieurs pour les 34 autres tranches, jusqu'à 1253 €/kW pour Cruas 1 et 2 (+49%), à l'exception des tranches 3 et 4 de Tricastin qui ont coûté 2% de moins que Fessenheim.

Le coût moyen du palier 900 ressort à 1048€/kW, soit 25% de plus que le prototype.

- **Pour le palier 1350 MW, l'effet d'apprentissage semble plus favorable** : 1530€/kW pour Paluel 1 et 2, 1250 €/kW pour Golfech 1 et 2 qui sont le 19^{ème} et le vingtième exemplaire du palier, soit une diminution de 22%. **Le coût moyen de ce palier est de 1200 €/kW (- 27% par rapport au premier).**

Pour le palier N4 (1470 MW), seulement construit à 4 exemplaires, la chute de coût entre les deux premiers et les deux suivants est de 24%.

Même en admettant les projections d'EDF d'une diminution du coût « overnight » de l'EPR de 25% dès le deuxième ou le troisième exemplaire EPR par rapport au premier, et à supposer qu'on soit en possession de devis définitif de celui-ci (on ne sait aujourd'hui ni si le devis ne dépassera pas largement les 8,5 milliards et ni si les derniers délais annoncés seront tenus), le coût d'investissement serait ramené à 6,8 milliards, une valeur 12% supérieure à celle des calculs initiaux de la Cour et donc à des coûts de l'ordre de 85€/MWh (toujours sans assurance) pour 7000 heures de fonctionnement par an (facteur de charge 80%).

Il paraît donc très improbable que, même s'il était construit en une série d'une vingtaine en un laps de temps assez court dans un seul pays, par exemple 2 ou 3 par an, le coût courant économique puisse tomber au dessous de 85€/MWh pour un facteur de charge de l'ordre de 80% , supérieur au facteur de charge actuel, et à la condition de faire l'impasse sur les conséquences financières d'un accident grave ou majeur dont la prise en compte se traduirait par une prime d'assurance qui pèserait lourd sur le coût du MWh.