

UN ESTUDI SOBRE ELS PROBLEMES DE LA INDÚSTRIA ELECTRONUCLEAR*

per

ANTONI LLORET

INTRODUCCIÓ

Per costum, en qualsevol Congrés hom sol presentar solucions i interpretacions inèdites de problemes científics i tècnics. Excepcionalment, en tot cas per a mi, el propòsit d'aquesta comunicació és tot el contrari. Es tracta de prendre consciència de quins són els problemes tècnics no resolts en la indústria electronuclear, de comprendre llur dificultat així com les conseqüències de la manca de solucions. Avui dia una gran part de la comunitat científica admet que el desenvolupament de la indústria electronuclear s'està duent a terme a un ritme excessivament ràpid, compte tingut que certes solucions tècniques són poc satisfactòries i que hi ha problemes no resolts. Aquesta situació contrasta vivament amb un inquietant optimisme dels sectors econòmics que promouen aquesta indústria, de les empreses elèctriques i dels constructors de les centrals. Si es tractava d'una empresa industrial corrent, hom podria restar indiferent en front d'aquesta actitud. Efectivament no hi ha empresa humana sense risc, i la possibilitat d'aquest risc és acceptat i no

* En ésser publicada la preparació del «Simposi Internacional sobre Fonts d'Energia i Desenvolupament» que hom celebrà a Barcelona del 19 al 21 d'Octubre de 1977, el Dr. Antoni Lloret, Maître de Recherche del CNRS a París d'acord amb la Secció de Física de la SCCFQM de l'I.E.C. i el G.S.I.N. (Grupement de Scientifiques pour l'Information sur l'Énergie Nucléaire) proposà una ponència sobre el tema «Un estudi sobre els problemes de la indústria electronuclear». A causa de l'estat avançat de l'organització del Simposi, aquesta ponència no va poder ésser inclosa en les sessions del Congrés, però el Secretari d'aquest assegurà la possibilitat d'una intervenció oral en ocasió d'un dels col·loquis, i que res no s'oposava a la publicació de la ponència en els «Treballs» del Congrés.

El Dr. Lloret es traslladà de París a Barcelona i ací es trobà amb una oposició total per part del President de la mesa, Dr. Alegre i Marcet, President de FECSA, i del Dr. Agustín Alonso. Com a resultat d'un seguit de discussions, hom va permetre

sorpren a ningú. Però la indústria electronuclear comporta un risc molt particular i és el de provocar situacions pràcticament irreversibles, i això a una escala que pot arribar a tenir dimensions geològiques. És doncs completament natural que hom s'inquieti d'aquesta situació i investigui amb esperit crític sobre la realitat de les solucions tècniques proposades pels constructors de les centrals i pels organismes responsables de la indústria nuclear. A França un grup de científics on figuren personalitats de la física i de l'enginyeria nuclear, i també de la biologia, han dut a terme estudis sobre els problemes essencials. Es tracta del GSIEN («Groupement de Scientifiques pour l'Information sur l'Énergie Nucléaire») i el propòsit d'aquesta comunicació és de resumir algunes de les principals conclusions d'aquests estudis.

L'enquesta realitzada ha consistit a cercar les referències i a estudiar-les críticament per tal de comprendre si les solucions estan correctament fonamentades. Els treballs són publicats pel GSIEN en forma de fitxes tècniques i d'un llibre recentment publicat: «Électronucléaire: danger», Ed. Seuil.

La indústria electronuclear planteja problemes a dos nivells: durant el seu funcionament normal i en cas d'accident. En absència d'accidents, els problemes poden ésser o no originats per l'existència de la radioactivitat. Examinarem ací, únicament els problemes que planteja la radioactivitat en cada etapa del cicle de la indústria electronuclear durant el seu funcionament normal.

al Dr. Lloret d'intervenir un minut, intervenció que quedà escurçada pel Dr. Alonso, qui va atribuir-se la paraula en sentir-se al·ludit per l'afirmació que la radioactivitat de tota la cadena de la indústria nuclear comporta problemes, fins i tot en funcionament normal.

Pel que fa a la publicació de la ponència, hom assegurarà que aquesta dependria de la decisió del Comitè Científic Assessor. L'esmentada ponència no ha estat publicada. L'Institut d'Estudis Catalans, a través de la Secció de Física de la SCCFQM, sol·licità informació sobre aquest problema als organitzadors del Simposi. La resposta fou, en una primera carta, no signada (suposem per error), que la ponència no complia els requisits establerts pels organitzadors, essencialment perquè no mencionava les fonts bibliogràfiques de les dades que hi eren esmentades, cosa errònia, ja que eren incloses en el text. En una segona carta, signada aquesta vegada pel Dr. Agustín Alonso, hom donava senzillament com a raó «que no corresponia al Simposi». Cal finalment assenyalar que es tractava d'una ponència escrita en català. El Comitè Científic Assessor era format per: Ramon Trias i Fargas, President, Joan Albaigés, Melvin Calvin, J. M. Casas, Daniel Chavardes, Francesc Compta, Antonio Higuera, Manuel Losada, Ramon Margalef, Lorenzo Plaza, Karl H. van Heek i Joan Vilà i Valentí.

Davant aquest fet, la Junta de Govern de la Societat Catalana de Ciències Físiques, Químiques i Matemàtiques, a requeriment de la Secció de Física, acordà la publicació de l'esmentat treball en el present Butlletí. Aquesta decisió fou presa independentment de l'opinió científica exposada per l'autor del treball, membre de la Societat, i també perquè hom creu que la negativa per part dels responsables d'aquest fet és un greu atemptat contra la llibertat d'expressió dels científics a casa nostra.

Recordem que les etapes essencials d'aquest cicle són: l'extracció dels minerals d'urani a les mines, la preparació i eventual enriquiment del combustible, el funcionament del reactor nuclear, la recuperació energètica, la producció i el transport de l'electricitat, l'emmagatzematge i transport del combustible usat, el seu eventual tractament a les fàbriques de retractament i, finalment, la preparació i enterrament de les deixalles radioactives.

D'altra banda és interessant també d'observar que aquest cicle no és dut a terme en un sol país. Així per exemple l'urani pot ésser espanyol, el seu enriquiment es realitza als EUA, els constructors del reactor són americans en el cas dels reactors PWR i francesos en el cas del reactor de Vandellòs, algunes deixalles radioactives són transportades a través de Catalunya i tot França fins a la fàbrica de retractament de La Hague, i altres són enterrades en llocs de l'Estat espanyol.

En qualsevol estudi sobre la indústria electronuclear cal tenir en compte tot el cicle de manera que, per exemple, el fet que la fàbrica de retractament es trobi al nord de França no pot ésser cap argument per a ignorar-ne el risc i suposar que un accident allí no tindria conseqüències per als Països Catalans.

Finalment, cal considerar que els programes d'implantació de centrals nuclears són dictats no solament per la necessitat òbvia d'energia, sinó també per complexos interessos industrials lligats al desenvolupament capitalista.

Els plans actuals apareixen cada vegada més poc rendibles, i això, juntament amb el fet del ràpid esgotament previst de les reserves d'urani a baix preu (30 anys com a màxim) empeny els sectors interessats a efectuar un nou pas que consisteix en la implantació de reactors reproductors i de les inevitables fàbriques de retractament. És aquest un punt que cal no oblidar, ja que precisament aquests dos tipus de realitzacions són els que plantegen més problemes i que ofereixen perills amb conseqüències més greus.

EL PROBLEMA RADIOACTIU

Examinarem en primer lloc els problemes de pol·lució radioactiva en tota la cadena de la producció electronuclear. Es tracta d'un problema important, ja que la radioactivitat pot produir agressions greus en els éssers vivents.

Les radiacions poden arribar a l'organisme humà de tres maneres:

- per irradiació externa (el cos rep les radiacions emeses per un objecte exterior)
- per contaminació cutànea (la pell és en contacte amb substàncies radioactives)
- per contaminació interna (una substància radioactiva ha penetrat en l'organisme).

Hi ha una irradiació natural molt variable d'una regió a una altra i considerada inofensiva. De fet, estudis recents duts a terme a Kerala (Índia), on la radioactivitat natural és de 1500 a 3000 mrem/any, ens mostren una preponderància relativa del mongolisme i de deficients mentals associats o no a anormalitats físiques, respecte al mateix tipus de població que viu en una regió veïna on la radioactivitat és d'uns 100 mrem/any.

Els efectes de les radiacions, en particular a petites dosis, no han estat suficientment estudiats a causa del llarg període de latència existent entre la causa i l'efecte. Els mecanismes produïts no són gens senzills. Les radiacions que poden ésser de tres tipus diferents, produeixen efectes a nivell atòmic i molecular que pertorben la vida cel·lular.

La importància ecològica dels diversos radionúclids no és comparable. En particular els efectes dels radioisòtops dels cossos senzills són molt perillosos, ja que són concentrats per les cadenes alimentàries i esdevenen constituents de la matèria orgànica. És el cas del triti evacuat per les centrals nuclears en l'aigua, que pot substituir l'hidrogen de les molècules orgàniques. Sobre els problemes del triti no hi ha pràcticament cap estudi. Així no se sap res sobre els seus processos químics ni orgànics, ni com es concentra, ni els seus efectes genètics. Igualment pot citar-se el iode 131, l'estronci 90 i el cesi 40. A nivell fisiològic hi ha efectes somàtics (càncer) i genètics fins i tot a febles dosis cròniques.

Per controlar tots aquests efectes hom introdueix el concepte de llimitar de dosis. A dosis elevades els llimitars són precisos, mentre que a petites dosis els llimitars no estan ben determinats. Així ens trobem que la dosi màxima admissible per la població (DMA), adoptada per la Comissió Internacional de Radioprotecció, ha estat fixada en 170 mrem/any d'una manera molt aproximada per manca d'estudis en aquest domini. Un altre problema no resolt és la mesura de les radiacions per a controlar-ne els efectes biològics. El problema en dosimetria és que hom emprà aparells que reaccionen d'una manera completament diferent dels organismes vius. Els primers estudis realitzats sobre dosimetries biològiques (fonamentats sobre les mutacions somàtiques de la flor tradescàntia) mostren que aquesta diferència és considerablement apreciable (més d'un factor 10).

En conclusió podem afirmar que el nostre coneixement sobre els efectes de les radiacions és molt reduït i que a mesura que avança esdevé contradictori amb les idees optimistes i tranquil·litzadores dels oficials de la indústria nuclear.

La radioactivitat en les mines i en la preparació del combustible

Les mines d'urani i l'elaboració del combustible produeixen problemes essencialment a nivell dels treballadors. Aquests reben una irradiació externa

beta i gamma no gens menyspreable, ja que per a 2.000 hores de treball l'any, la dosi és d'uns 5 rems per a un mineral al 5 %. També es produeix una contaminació interna per inhalació de pols amb radi 226 i tori 230, així com de radó 222. Els efectes d'aquestes contaminacions són actualment clars i produeixen lesions i càncer als pulmons. El nombre de morts per aquesta causa apareix que és superior al doble respecte a una mina no radioactiva, i pot arribar a ésser 4 vegades més gran. Les solucions rauen en el control de la contaminació rebuda, i aquí apareix la dificultat. La dosimetria planteja problemes i, sobretot, no hi ha cap mètode per a mesurar la irradiació interna. Hom només pot calcular-la a partir de mesures fetes regularment a certs llocs de les mines, i del temps passat a cada lloc. Les normes són establertes d'una manera aproximada, sense un fonament científic, i difereixen considerablement d'un país a l'altre.

El perill d'irradiació i de contaminació no solament es produeix al fons de la mina sinó també durant el transport i preparació del mineral i la refinació de l'urani.

La producció industrial a aquest nivell planteja problemes particularment greus pels treballadors. Pel que fa als efectes sobre la població veïna, no hi ha avui dia cap estudi seriós.

La radioactivitat a les centrals nuclears

La radioactivitat a les centrals nuclears és originada per la presència del combustible i dels productes de fissió. Aquestes substàncies es troben normalment aïllades i confinades per tot un seguit de proteccions de manera que no puguin escapar-se cap a l'exterior. Malauradament amb la tècnica actual això no és possible. Examinem aquest tipus de problemes en el cas d'un PWR. Les fundes de les barres de combustible s'esquerden sota l'efecte de les radiacions, de les altes temperatures i de la dilatació. Es un fenomen inevitable, i oficialment hom tolera que 1,1 % de les fundes estiguin esquerdades. D'altra banda hi ha aparició de productes radioactius en el metall de la mateixa funda. El fluid del circuit primari, constituït d'aigua i certs productes químics a 300° C, és corrosiu i ataca aquest metall, bo i emportant-se una part dels productes d'activació. Cal doncs descontaminar aquest fluid, la qual cosa produeix deixalles en els filtres. El volum d'aquestes deixalles és de 100 m³/any per a cada unitat de 100 MWe. Cal afegir a això un tractament d'efluents radioactius d'un volum compès entre 5.000 i 15.000 m³/any, provinents de fuites. Tot aquest tractament comporta un alliberament de gasos radioactius.

No tots els efluents plantegen els mateixos problemes. Així per exemple els efluents gasosos de vida breu es deixen escapar després d'un cert temps de desactivació. Aquí hi ha desacord entre especialistes sobre aquest temps (a França és de 35 dies, i a Alemanya de 70). En tot cas cal saber que aques-

ta pol·lució representa uns 35.000 curies/any/1.000 MWe. Si la vida mitjana dels efluents és més llarga, es fixen en filtres químics. Altres com el triti i el criptó són simplement expulsats a l'atmosfera. El triti és el cos que és expulsat en més quantitat en la forma d'efluent líquid. Un PWR americà ha arribat a expulsar 12.000 curies de triti en forma líquida, en un any, i actualment hom creu que no podrà ésser evitada l'expulsió d'uns 1.000 curies anuals/1.000 MWe.

Els altres cossos que són expulsats representen uns 10 curies anuals. Es tracta de cobalt 60, estronci 90, iode 131 i 133, i cesi 135 i 137. Tots acaben concentrant-se a les cadenes tròfiques i així apareixen en els nostres aliments.

La radioactivitat global produïda per una central és tanmateix feble, però *la seva innocuïtat no ha estat demostrada* i una excessiva proliferació de centrals pot produir problemes en aquest nivell.

La radioactivitat en els transports de les deixalles

L'embalatge del combustible usat en una central grafit-gas representa unes 60 tones i conté 6 tones d'urani irradiat. Ocupa un volum de 2,5 m × 2,5 m × 2 m, i és transportat habitualment en tren. La dosi màxima a 2 m del vagó és de 10 m rad/h. Els blindatges dels combustibles irradiats provinents dels PWR són més petits (16 tones).

En absència d'accident, aquests embalatges no representen pràcticament cap perill.

La radioactivitat a les fàbriques de retractament

Un reactor nuclear produeix energia tèrmica que és transformada en electricitat i unes «cendres» fortament radioactives constituïdes per les barres de combustible usat. Entre aquestes hi ha els productes de fissió provinents de la divisió dels nuclis de ^{235}U , el triti produït en la fissió ternària, transurànids i una mica d'urani 235. Els productes de fissió tenen unes vides relativament curtes (p. ex., 30 anys per al ^{137}Cs) mentre que per als transurànids són molt més llargues (24.000 anys per al ^{239}Pu). El retractament consisteix en un conjunt d'operacions mecàniques i químiques destinades a aïllar el plutoni, l'urani i els productes de fissió que cal emmagatzemar.

Hi ha en funcionament dues fàbriques de retractament en el món: Marcoule i La Hague. Els problemes plantejats pel retractament són molt delicats. Avui dia hom en té una certa experiència per als combustibles de les centrals grafit-gas, però la industrialització dels combustibles amb una radioactivitat entre 5 i 10 vegades més gran, que provenen dels reactors PWR, planteja encara molts problemes i no parlem ja dels combustibles dels reac-

tors reproductors 15 vegades més radioactius i per als quals no hi ha encara cap procediment industrial satisfactori. Si les operacions són tan delicades és a causa de l'alta radioactivitat. El personal és freqüentment contaminat, en particular en el moment de treure el combustible usat de la seva funda. Les condicions de treball són extraordinàriament dures i angoixoses. D'altra banda, el retractament és l'activitat més pollüidora del cicle industrial del combustible nuclear.

Exemples: 1. Tot el ^{85}Kr (de 10 anys de període) és expulsat per la xemeneia cap a l'atmosfera. Això representa 380.000 curies per cada 33 tones tractades, és a dir, la quantitat anual que dona un PWR de 1.000 MWe. Si el gas criptó es dilueix perfectament a l'atmosfera no hi haurà cap problema d'irradiació externa. Hi ha ací, però, una suposició gratuïta, i és la de suposar que no hi ha cap possibilitat de concentració i que la irradiació interna no planteja cap problema ja que el criptó no es fixarà en els teixits. Cap estudi no permet d'afirmar aquests dos punts.

2. Tot el triti (600.000 curies/any) serà llençat al mar a partir de l'any 1980. Aquesta solució esdevé cada dia més inacceptable ja que els estudis actuals demostren que el triti es fixa a les molècules orgàniques i pot arribar a l'home a través de les cadenes tròfiques.

3. El iode 131, extremadament perillós, és en principi retingut.

4. Certs efluents líquids són causa de pollucions importants. A La Hague ha estat constatat un espectacular augment de la radioactivitat en les algues i els crustacis, deguda al ^{106}Ru .

5. En el retractament hi ha una pèrdua de plutoni. Una part sobre 10.000 de plutoni serà enviada al mar. Segons les previsions de producció, això significa que el 1980 hom enviarà anualment al mar gairebé un quilo de plutoni a La Hague. Aquesta xifra és considerable, ja que és superior a les normes actualment autoritzades (90 curies).

La radioactivitat causada per les deixalles

El problema de les deixalles radioactives pot ésser considerat un dels problemes més greus i difícils que planteja la indústria electronuclear. No hi ha avui dia cap solució satisfactòria. La industrialització agreuja el problema a causa de les quantitats importants de deixalles (milers de metres cúbics l'any).

La solució ideal fóra que hom pogués assegurar que no hi haurà cap tipus de contaminació, en particular cap a les capes freàtiques, durant milers d'anys! El tractament previst avui dia depèn si es tracta de sòlids, gasos o líquids i de llur activitat. Vegem-ne només un aspecte, el cas dels líquids. Al final de les operacions en una fàbrica de retractament els productes de fissió es presenten en la forma de solucions aquoses que, a causa de llur alta activitat,

produceixen una calor de 200 KW/m³ tèrmics, encara 10 anys després de llur tractament. Els recipients que els contenen han d'ésser refrigerats i agitats per tal d'évitar concentracions de punts calents. Aquests residus d'alta activitat (10⁴ a 10⁶ Ci/m³) són produïts a raó de 400 m³ en 25 anys de funcionament d'un reactor de 1.000 MWe i representen les deixalles més perilloses. Les millors solucions previstes consisteixen a concentrar les solucions i vitrificar-les. Aquest procediment consisteix a evaporar i calcinar els productes de fissió per introduir-los en un forn juntament amb els constituents habituals dels vidres. Els vidres així fabricats hauran d'ésser enterrats en formacions geològiques considerables estables. Qui pot, però, assegurar la conservació d'aquests vidres durant segles quan hom sap que la radiació acaba produint defectes en el vidre, que existeix una migració dels elements radioactius cap a l'exterior i que hi haurà una erosió de l'aigua inevitable fins i tot en les mines de sal?

La solució actual d'aquest problema consisteix a tenir confiança en la tècnica, suposant que abans de 100 anys hom haurà trobat per exemple un procediment que gastí poca energia i que permeti la transmutació d'aquestes substàncies. Però això, de fet, consisteix a no pagar la factura esperant que els nostres fills ho podran fer sense dificultats.

La radioactivitat en les centrals usades

La vida d'una central és limitada a uns 25 anys o 30. D'una banda hi ha l'acció de les radiacions i el desgast del material. D'altra banda es va produint una radioactivitat induïda cada cop més gran. La central esdevé inutilitzable i convé parar-la i desmantellar-la. No hi ha cap decisió sobre el mètode a seguir. L'estudi més seriós publicat fins ara, és el realitzat per Nuclear Energy Services per compte de l'Atomic Industrial Forum (Nuclear Industry, feb. 77). Hi ha dues solucions proposades: vigilar la central durant 100 anys i desmantellar-la després o protegir-la amb una muralla de formigó també durant cent anys.

Per manca de solucions, el lloc on ha estat implantada una central nuclear està condemnat per sempre.

CONCLUSIONS

L'examen dels problemes que planteja la radioactivitat en el cicle de la indústria electronuclear ens mostra que hi ha moltes dificultats a passar de l'estat de recerca al desenvolupament industrial. L'energia nuclear no és una indústria neta ni sense perill per al personal i la població, que poden ésser agredits per la irradiació tant externa com interna. Igualment representa una

pertorbació ecològica amb la pol·lució radioactiva de les cadenes tròfiques i de les capes freàtiques.

Tota aquesta pol·lució radioactiva és avui dia inevitable i el desenvolupament industrial intensiu no pot fer altra cosa sinó augmentar el perill que representa. Una contaminació radioactiva irremeiable d'una regió natural és una eventualitat que no pot ésser exclosa.

En aquest breu comentari no hem desenvolupat ni la contaminació no radioactiva ni les possibilitats d'accidents greus, però els problemes plantejats pel funcionament normal són ja considerables. Aquesta situació fa que hom consideri molt perillós de prosseguir els plans actuals d'implantació de centrals nuclears. Una moratòria sembla absolutament necessària. El temps d'aquest ajornament no pot ésser fixat. És el temps que caldrà per a resoldre tots els problemes que planteja l'arriscada industrialització electronuclear.

La confiança extraordinària que certs sectors financers i industrials tenen en la Ciència i la Tècnica per a resoldre aviat els complicats problemes que produeix la indústria nuclear no es manifesta paradoxalment en les alternatives energètiques. L'energia solar, per exemple, malgrat les reduïdes inversions dutes a terme per a la seva utilització fins avui dia ofereix perspectives molt interessants.

[ANTONI LLORET]

