

ρίας αναγνωρίζουν τη συγγένεια ανάμεσα στις συνθετικές κατασκευές και στα ξύλινα αεροπλάνα του παρελθόντος.

---

μπέρασμα ότι ήταν «πιθανό οι συνθετικές ρητίνες να παίξουν κάποια μέρα σημαντικό ρόλο στην κατασκευή αεροσκαφών» (σελ. 357).

ΠΟΛΙΤΙΚΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ:  
*Πυρηνικοί αντιδραστήρες και εθνική πολιτική  
στη μεταπολεμική Γαλλία*

GABRIELLE HECHT

Μετάφραση: Ειρήνη Μεργούπη-Σαβαΐδου

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 αμφισβητήσαμε επανειλημμένως και με επιτυχία την εικόνα που παρουσιάζει την τεχνολογία να προελαύνει στον δικό της ρυθμό, με αντίκτυπο σε όλη την κοινωνία. Δεν έχουμε κατορθώσει ακόμη να πείσουμε ευρύτερα ακροατήρια, αλλά, τουλάχιστον για όσους μελετούν το επιστημονικό και τεχνολογικό φαινόμενο από την οπτική του πεδίου Επιστήμης, Τεχνολογίας, Κοινωνίας, ο τεχνολογικός ντετερμινισμός είναι νεκρός.

Η πτώση του τεχνολογικού ντετερμινισμού σημαίνει ότι οι μελέτες για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη της τεχνολογίας θα πρέπει από εδώ και στο εξής να κάνουν κάτι παραπάνω από το να δείχνουν απλώς με ποιον τρόπο οι πολιτικοί, κοινωνικοί, οικονομικοί και πολιτισμικοί παράγοντες διαμορφώνουν την τεχνολογία και γίνονται μέρος της. Είμαστε πλέον υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούμε τις υλικότητες της τεχνολογίας ως φακούς, μέσα από τους οποίους θα εξετάζουμε ευρύτερα ιστορικά ερωτήματα και θα κατανοούμε τον τρόπο με τον οποίο η διαδικασία διαμόρφωσης της τεχνολογίας μπορεί επίσης να συνιστά διαδικασία διαμόρφωσης της πολιτικής, της κοινωνίας και του πολιτισμού. Η ιστορία του τεχνολογικού σχεδιασμού και της τεχνο-



λογικής ανάπτυξης είναι πλέον ώριμη να γίνει ένα πιο οργανικό κομμάτι της γενικότερης ιστορίας.<sup>1</sup>

Το παρόν άρθρο περιγράφει έναν τρόπο με τον οποίο η προσηκτική εξέταση του τεχνολογικού σχεδιασμού μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση γενικότερων ιστορικών ζητημάτων. Τοποθετώντας τον σχεδιασμό δύο πυρηνικών αντιδραστήρων στο πολιτικό πλαίσιο της μεταπολεμικής Γαλλίας, θα δείξω ότι αυτοί οι αντιδραστήρες ήταν κάτι περισσότερο από τεχνολογικές υλικότητες. Μηχανικοί και διευθύνοντα στελέχη ενέγραψαν τις πολιτικές τους επιδιώξεις στον σχεδιασμό των αντιδραστήρων τους. Για διάφορους λόγους, συμπεριλαμβανομένης της απουσίας σταθερής κυβερνητικής ηγεσίας κατά τη δεκαετία του 1950, οι σχεδιασμοί αυτοί έγιναν με τη σειρά τους μέρος της γαλλικής πολιτικής ρητορείας. Καθένας από τους δύο αντιδραστήρες ενσωμάτωσε ένα συγκεκριμένο όραμα για το γαλλικό κράτος και αποτέλεσε ισχυρό όπλο για τη διαμόρφωση τόσο της πυρηνικής όσο και της βιομηχανικής πολιτικής της μεταπολεμικής Γαλλίας.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Πρόσφατα έργα, στα οποία ρητά ή υπόρρητα έχει υποστηριχθεί αυτή η θέση είναι, μεταξύ άλλων, τα ακόλουθα: Thomas P. Hughes, *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm, 1870-1970* (Νέα Υόρκη, 1989)· και Judith McGaw, *Most Wonderful Machine: Mechanization and Social Change in Berkshire Paper Making, 1801-1885* (Πρίνστον, 1987). Δεν υπονοώ ότι οι ιστορικοί της γενικότερης ιστορίας έχουν αγνοήσει την εργογραφία της ιστορίας της τεχνολογίας ή ότι αυτή η εργογραφία δεν έχει συμβάλει σε άλλες περιοχές της ιστορικής γνώσης. Έχει συμβάλει, και μάλιστα πολύ αποδοτικά. Ωστόσο, οι μελέτες για τον τεχνολογικό σχεδιασμό έχουν την τάση να επικεντρώνονται στην αποδόμηση των διαδικασιών της εφεύρεσης, της ανάπτυξης και της διάχυσης. Κατά συνέπεια, απευθύνονται πρωτίστως σε ακροατήρια που έχουν ήδη ένα ενδιαφέρον για την τεχνολογία. Τέτοιες αναλύσεις έχουν πολλές αρετές, αλλά δεν συμβάλλουν σε ευρύτερες ιστορικές συζητήσεις.

<sup>2</sup> Για επιπλέον μελέτες που υποδεικνύουν τρόπους με τους οποίους οι τεχνολογικοί σχεδιασμοί έγιναν πολιτικά εργαλεία, βλ: Bryan Pfaffenberger, "The Harsh Facts of Hydraulics: Technology and Society in Sri Lanka's Colonization Schemes", *Technology and*

Το άρθρο ξεκινά με μια σύντομη σκιαγράφηση της μεταπολεμικής Γαλλίας και με ένα περίγραμμα για το πώς δημιουργήθηκαν οι δύο θεσμοί που διαμόρφωσαν τον πυρήνα του γαλλικού πυρηνικού προγράμματος: η Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, (Commissariat à l'Énergie Atomique – CEA), και η κρατικοποιημένη επιχείρηση ηλεκτρισμού, Électricité de France (EDF). Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, το πυρηνικό πρόγραμμα βρισκόταν αποκλειστικά στα χέρια των ηγετών της CEA. Στη συνέχεια του άρθρου, λοιπόν, αναφέρομαι στο πώς αυτοί προτίμησαν το σχέδιο για αντιδραστήρα αερίου-γραφίτη έναντι άλλων επιλογών. Τέλος, στο κύριο μέρος του άρθρου συγκρίνονται τα σχέδια δύο αρχικών αντιδραστήρων αερίου-γραφίτη, εκ των οποίων το ένα χρηματοδοτήθηκε από τη CEA και το άλλο από την EDF. Επειδή η Γαλλία δεν είχε τους οικονομικούς πόρους, το ανθρωπινό δυναμικό και τα πολιτικά μέσα για να υποστηρίξει ξεχωριστά προγράμματα, οι δύο οργανισμοί συνεργάστηκαν στον σχεδιασμό και την κατασκευή των δύο αντιδραστήρων. Είχαν, όμως, διαφορετικές και ενίοτε συγκρουόμενες πολιτικές, βιομηχανικές και τεχνολογικές επιδιώξεις, αν και ο ένας οργανισμός είχε ανάγκη τον άλλον για την οικοδόμηση του πυρηνικού προγράμματος. Ως εκ τούτου, οι δύο αντιδραστήρες εξελίχθηκαν σε δύο διακριτές προτάσεις για την πολιτική, τη βιομηχανία και την τεχνολογία.

### *Η Γαλλία μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο*

Μετά το τέλος του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, η Γαλλία ήταν κατεστραμμένη τόσο οικονομικά όσο και ψυχολογικά. Μεταξύ άλλων, οι γερμανικές δυνάμεις κατοχής είχαν αχρηστεύσει πάνω από το μισό σιδηροδρομικό δίκτυο, είχαν κατασχεύσει τις περιο-

*Culture* 31 (Ιούλιος 1990): 361-97· και Donald MacKenzie, *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance* (Καίμπριτζ, Μασσ., 1990).



σότερες εργαλειομηχανές κάτω των είκοσι πέντε ετών και είχαν εξαγάγει το 15 τοις εκατό όλων των αγροτικών προϊόντων. Εξίσου καταστροφικό ήταν το γεγονός ότι οι Γάλλοι είχαν υποστεί από τους Γερμανούς την τρίτη τους ήττα μέσα σε εβδομήντα χρόνια. Αυτό ήταν και το πιο ταπεινωτικό, αφού τους υπέβαλε σε τέσσερα χρόνια ξένης κατοχής και στο επαίσχυντο θέαμα ορισμένων συμπατριωτών τους που συνεργάστηκαν με τις δυνάμεις κατοχής στον εξευτελισμό τους.<sup>3</sup>

Κατά συνέπεια, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι, μετά την Απελευθέρωση, τόσο οι πολιτικοί που προέρχονταν από τις γραμμές των αριστερών όσο και οι υποστηρικτές του Σαρλ ντε Γκωλ έθεσαν ως επείγουσα προτεραιότητα την ανασυγκρότηση της οικονομίας του έθνους και την ανύψωση του ηθικού του. Οι δύο πλευρές συµμερίζονταν επίσης την πεποίθηση ότι η ήττα της Γαλλίας ήταν σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα του «οικονομικού φεουδαλισμού» και του «Μαλθουσιανισμού» που είχαν εφαρμόσει η ιδιωτική βιομηχανία και οι πολιτικοί πριν από τον πόλεμο. Κατέληγαν, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι το κράτος ήταν εκείνο που θα έπρεπε να δώσει ώθηση στην ανασυγκρότηση, αλλά και να την διευθύνει. Αναλαμβάνοντας και προωθώντας επενδύσεις που θα στόχευαν στον εκουγχρονισμό και την εξάπλωση της γαλλικής βιομηχανίας, το κράτος θα κατόρθωνε να επιτύχει τον διπλό στόχο: αφενός να αναζωογονήσει την οικονομία και αφετέρου να αποκαταστήσει τη χώρα στη σωστή της θέση, ανάμεσα στις τάξεις των μεγάλων εθνών.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Βλ., για παράδειγμα, Jean-Pierre Rioux, *La France de la Quatrième République*, τόμ. 1, *L'Ardeur et la Nécessité* (Παρίσι, 1980) και Maurice Larkin, *France since the Popular Front: Government and People, 1936-1986* (Οξφόρδη, 1988).

<sup>4</sup> Jean-Claude Asselain, *Histoire Économique de la France du XVIII<sup>e</sup> Siècle à nos Jours*, τόμ. 2, *De 1919 à la Fin des Années 1970* (Παρίσι, 1984), 109. Βλ., επίσης, Rioux, *La France*, τόμ. 1.

Αυτή η προσπάθεια ανασυγκρότησης αναπτύχθηκε σε πολλά μέτωπα. Ένας νεοσύστατος κυβερνητικός θεσμός, γνωστός ως *Commissariat Général au Plan* (Γενική Επιτροπή Σχεδιασμού), έθεσε πανεθνικούς στόχους παραγωγής, συντονίζοντας την οικονομική ανάπτυξη σε διάφορους ιδιωτικούς και δημόσιους βιομηχανικούς τομείς.<sup>5</sup> Οι βιομηχανίες ηλεκτρισμού, άνθρακα και αερίου κρατικοποιήθηκαν, και το κράτος έγινε ο μόνος μέτοχος σε αυτές τις επιχειρήσεις. Κατά συνέπεια, η νέα οικονομική δομή φαινόταν ότι θα υπηρετούσε τον γαλλικό λαό και όχι τα ιδιωτικά συμφέροντα – τουλάχιστον σε θεωρητικό επίπεδο.<sup>6</sup>

Προκειμένου να διασφαλίσουν ότι η εκστρατεία για βιομηχανική ισχύ θα κατέληγε σε επιτυχία, οι πολιτικοί προσέφυγαν στη βοήθεια του θεσμού των σωμάτων των κρατικών μηχανικών (*grands corps de l'état*), ο οποίος υπήρχε στη Γαλλία για διακόσια περίπου χρόνια. Συγκεκριμένα, απευθύνθηκαν σε δύο σώματα μηχανικών, στους μεταλλειολόγους (*Corps des Mines*) και στους γεφυροποιούς και οδοποιούς (*Corps des Ponts et Chaussées*). Τα δύο αυτά σώματα, τα οποία στελεχώνονταν σχεδόν αποκλειστικά από αποφοίτους της *École Polytechnique*, είχαν από καιρό υιοθετήσει την ιδεολογία ότι οι μηχανικοί θα έπρεπε να βρίσκονται στην υπηρεσία του δημοσίου. Η δύναμή τους μέσα στην κρατική διοίκηση, όμως, πέρασε από διάφορες φάσεις. Τον 19ο αιώνα, οι μηχανικοί των σωμάτων αυτών είχαν

<sup>5</sup> Ο πρώτος διευθυντής της Γενικής Επιτροπής Σχεδιασμού ήταν ο Jean Monnet, και το πρώτο πενταετές σχέδιο έγινε γνωστό ως *Monnet Plan*. Για περισσότερες πληροφορίες πάνω σε αυτό το θέμα, βλ. Rioux, *La France*, τόμ. 1· Asselain· Hubert Bonin, *Histoire Économique de la IV<sup>e</sup> République* (Παρίσι, 1987)· Henry Rousso, επιμ., *De Monnet à Massé: Enjeux Politiques et Objectifs Économiques dans le Cadre des Quatre Premiers Plans* (Παρίσι, 1986) και Pierre Massé, *Le Plan ou l'Anti-Hasard* (Παρίσι, 1965).

<sup>6</sup> Richard Kuisel, "Technocrats and Public Economic Policy: From the Third to the Fourth Republic", *Journal of European Economic History* 2 (1973): 53-99.



κατασκευάσει τους γαλλικούς σιδηρόδρομους και είχαν εκμεταλλευτεί τα γαλλικά ορυχεία.<sup>7</sup> Κατά τη διάρκεια της οικονομικής ύφεσης της δεκαετίας του 1930, όμως, οι απόπειρές τους να «εξορθολογήσουν», μέσω σχεδιασμού, την οικονομία του κράτους είχαν αποτύχει. Η αποτυχία τους οφειλόταν στην επιμονή τους να παραμένουν υπεράνω των «ανορθολογικών» διαδικασιών της πολιτικής.<sup>8</sup> Μετά τον πόλεμο, η Γαλλία έγινε μάρτυρας μιας μαζικής επανόδου των μηχανικών των *grands corps* σε θέσεις ισχύος στα υπουργεία, στη Γενική Επιτροπή Σχεδιασμού και στην ηγεσία των κρατικοποιημένων βιομηχανιών.

Μια τέτοια περίπτωση ήταν και η Επιχείρηση Ηλεκτρισμού της Γαλλίας (Électricité de France – EDF). Πριν από τον πόλεμο, ένας μεγάλος αριθμός ιδιωτικών εταιρειών παρείχε ηλεκτρική ενέργεια στη χώρα, χρησιμοποιώντας διάφορα δίκτυα, τα οποία λειτουργούσαν σε διαφορετικές συχνότητες και τάσεις. Για πολλά μέλη της προσωρινής μεταπολεμικής κυβέρνησης, οι εταιρείες αυτές αντιπροσώπευαν την επιτομή της κακής φύσης του καπιταλισμού, καθώς ενδιαφέρονταν περισσότερο για το άμεσο κέρδος παρά για την εξυπηρέτηση του κοινού. Επιπλέον, η ανομοιογένεια του δικτύου μεταφοράς και διανομής υπονόμεινε την αξιοπιστία της παροχής ηλεκτρισμού. Μηχανικοί, εργατικές ενώσεις και πολιτικοί συμφωνούσαν ότι η νέα Γαλλία έπρεπε να βασιστεί σε ένα μοναδικό και τυποποιημένο ηλεκτρικό δίκτυο, που θα λειτουργούσε υπό τη διεύθυνση ενός και μόνου κρατικού οργανισμού. Τον Απρίλιο του 1946, μετά από ζωηρές

<sup>7</sup> Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτό το σώμα μηχανικών, βλ. Cecil O. Smith, “The Longest Run: Public Engineers and Planning in France”, *American Historical Review* 95/3 (Ιούνιος 1990): 657-92· Jean-Claude Thoenig, *L'Ère des Technocrates* (Παρίσι, 1987)· André Thépot, *L'Ingénieur dans la Société Française* (Παρίσι, 1985)· και Ezra Suleiman, *Elites in French Society* (Πρίνστον, 1978).

<sup>8</sup> Kuisel, ό.π. Βλ., επίσης, Gérard Brun, *Technocrates et technocratie en France* (Παρίσι, 1985).

συζητήσεις για το πώς ακριβώς θα έπρεπε να δομηθεί ένας τέτοιος οργανισμός, πέρασε τελικά ένας νόμος κρατικοποίησης. Ο νόμος αυτός συγκέντρωνε τις ιδιωτικές εταιρείες σε μία μόνο ηλεκτρική επιχείρηση κοινής ωφέλειας, την EDF, η οποία λογοδοτούσε για τις δαπάνες της στο Υπουργείο Οικονομικών και για το αναπτυξιακό της πρόγραμμα στο Υπουργείο Βιομηχανίας. Η νέα επιχείρηση κοινής ωφέλειας, έχοντας ως αποστολή να εξασφαλίσει στη Γαλλία αξιόπιστη, φθηνή και άφθονη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, ξεκίνησε αμέσως ένα μαζικό πρόγραμμα υδροηλεκτρισμού.<sup>9</sup>

Ενώ η EDF έγινε αντικείμενο μεγάλης δημόσιας συζήτησης, η Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (Commissariat à l'Énergie Atomique – CEA) προέκυψε μέσα από παρασκευαστικές διαπραγματεύσεις. Μετά τη Χιροσίμα και το Ναγκαασάκι, ο πολιτικός Raoul Dautry και ο κομμουνιστής φυσικός Frédéric Joliot έπεισαν με μεγάλη ευκολία τον Ντε Γκωλ, ο οποίος ήταν επικεφαλής της προσωρινής μεταπολεμικής κυβέρνησης από το 1945 ως το 1946, ότι ένα πυρηνικό πρόγραμμα θα ανύψωνε τη θέση της Γαλλίας στη διεθνή πολιτική σκηνή και θα επιτάχυνε τη βιομηχανική και οικονομική της ανασυγκρότηση. Τον Οκτώβριο του 1945, με προτροπή του Ντε Γκωλ, η Εθνική Συνέλευση ενέκρινε τη δημιουργία της Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας. Αποστολή της CEA ορίστηκε η «επιστημονική και τεχνική έρευνα με προοπτική την αξιοποίηση της ατομικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές της επιστήμης, της βιομηχανίας και της εθνικής άμυνας». <sup>10</sup> Για να υλοποιηθεί αυτή η αποστολή, συνέχιζε το ιδρυτικό διάταγμα, «[η CEA πρέπει να είναι] πολύ κοντά στην Κυβέρνη-

<sup>9</sup> Jean-François Picard, Alain Beltran και Martine Bungener, *Histoires de l'EDF* (Παρίσι, 1985)· Robert L. Frost, *Alternating Currents: Nationalized Power in France, 1946-1970* (Ίθακα, 1991).

<sup>10</sup> Διάταξη 45-2563, *Journal Officiel*, 31 Οκτωβρίου 1945, 7065, παρατίθεται στο Lawrence Scheinman, *Atomic Energy Policy in France under the Fourth Republic* (Πρίνστον, 1965), 8.



ση και, τρόπος του λέγειν, να αναμιγνύεται με αυτή. Παράλληλα, όμως, πρέπει να της εκχωρηθεί μεγάλη ελευθερία δράσης... Κοντά στην Κυβέρνηση πρέπει να είναι, επειδή το μέλλον του έθνους μπορεί να επηρεαστεί από τις εξελίξεις σε αυτόν τον κλάδο της επιστήμης. Για τον λόγο αυτόν κρίνεται απαραίτητο να βρίσκεται στη δικαιοδοσία της Κυβέρνησης. Από την άλλη πλευρά, πρέπει να της εκχωρηθεί μεγάλη ελευθερία δράσης, επειδή αυτό αποτελεί προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητά της».<sup>11</sup>

Η CEA ήταν ο μόνος κρατικός οργανισμός με τόσο μεγάλο βαθμό αυτονομίας, ο μόνος που δεν λογοδοτούσε σε κάποιο συγκεκριμένο υπουργείο και ο μόνος που δεν υπόκειτο στους οικονομικούς ελέγχους που χαρακτήριζαν τις άλλες κρατικές επιχειρήσεις. Η εσωτερική της οργάνωση αντανάκλασε μια αμφιλεγόμενη σύζευξη επιστήμης και πολιτικής, καθώς σε αυτήν υπήρχε μια διαρχία με επικεφαλής τον Joliot ως ανώτατο επίτροπο και τον Dautry ως γενικό διευθυντή.

Είναι φανερό, λοιπόν, ότι τόσο η EDF όσο και η CEA προέκυψαν μέσα από το μεταπολεμικό όραμα μιας σχέσης ανάμεσα στη βιομηχανική ανάπτυξη και το κράτος, η οποία θα διασφάλιζε την ανασυγκρότηση της χώρας. Οι περισσότεροι υψηλόβαθμοι αξιωματούχοι των δύο οργανισμών ανήκαν σε ένα από τα επίλεκτα στρατιωτικά σώματα μηχανικών. Ανήκαν, επομένως, στη μεγάλη γαλλική παράδοση των μηχανικών που υπηρετούσαν στο δημόσιο.<sup>12</sup> Στο πλαίσιο της εν λόγω παράδοσης, οι αξιωματούχοι αυτοί θεωρούσαν ότι είναι θεματοφύλακες του δημόσιου συμφέροντος σε ζητήματα τεχνολογίας. Μόνο που η EDF, ως

<sup>11</sup> Ό.π., το απόσπασμα παρατίθεται στο Scheinman, 12.

<sup>12</sup> Οι μηχανικοί της CEA ανήκαν συνήθως στο Corps des Mines, ενώ οι μηχανικοί της EDF στο Corps des Ponts et Chaussées. Η διαφορά αυτή επιδείκνυε τις εντάσεις ανάμεσα στα μέλη των συγκεκριμένων οργανισμών. Βλ. Picard, Beltran και Bungener (ό.π. σημ 9) και Philippe Simmonot, *Les Nucléocrates* (Γκρενόμπλ, 1978).

κρατικοποιημένη εταιρεία, εξέφραζε την αριστερή πτέρυγα του μεταπολεμικού κυβερνητικού συνασπισμού, ενώ η CEA, ιδίως μετά την απομάκρυνση του Joliot το 1950, εκπροσωπούσε την πλευρά του Ντε Γκωλ.<sup>13</sup> Ως εκ τούτου, οι αξιωματούχοι του κάθε οργανισμού είχαν την τάση να ορίζουν διαφορετικά το δημόσιο συμφέρον. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, οι ορισμοί αυτοί θα καθόριζαν την πορεία του πυρηνικού προγράμματος περισσότερο από οποιαδήποτε επίσημη κυβερνητική απόφαση.

### *Διαπραγματεύσεις για ένα σχέδιο*

Στα τέλη της δεκαετίας του 1940 και στις αρχές της δεκαετίας του 1950 η ανάπτυξη της ατομικής ενέργειας βρισκόταν αποκλειστικά στα χέρια της CEA. Κατά συνέπεια, τις αρχικές παραμέτρους του πυρηνικού προγράμματος τις έθεσαν οι επιστήμονες και οι μηχανικοί της. Το πρόγραμμα αυτό επικεντρώθηκε αρχικά στον εντοπισμό ορυχείων ουρανίου και στην κατασκευή ερευνητικών αντιδραστήρων. Μολονότι η «εθνική άμυνα» είχε αναφερθεί στο αρχικό διάταγμα, η κατασκευή ατομικής βόμβας φαινόταν να είναι εκτός συζήτησης, τόσο από τεχνολογικής όσο και από πολιτικής άποψης. Στα δώδεκα χρόνια της Τέταρτης Δημοκρατίας, από το 1946 ως το 1958, διετέλεσαν αρχηγοί κρά-

<sup>13</sup> Ο Marcel Paul, ο οποίος ολοκλήρωσε την κρατικοποίηση της EDF, είχε διοριστεί υπουργός Βιομηχανίας από τον Ντε Γκωλ. Παράλληλα, ωστόσο, ήταν δραστήριο μέλος της κομμουνιστικής εργατικής συνμοσπονδίας, της Confédération Général du Travail, και η τοποθέτησή του σε αυτή τη θέση από τον Ντε Γκωλ είχε γίνει εν μέρει και γι' αυτόν τον λόγο. Οι κυβερνήσεις της Τέταρτης Δημοκρατίας ήταν γενικά συνασπισμοί των κομμάτων που εκπροσωπούσαν περισσότερο στην Εθνοσυνέλευση, και ανάμεσα στα 1944-1946 οι κομμουνιστές αποτελούσαν τη μεγαλύτερη παράταξη στη Συνέλευση. Επομένως, ο Ντε Γκωλ ήταν υποχρεωμένος να έχει κομμουνιστές υπουργούς στο υπουργικό συμβούλιο, πράγμα το οποίο εκείνη την περίοδο δεν τον έβρισκε αντίθετο, καθώς οι κομμουνιστές είχαν αποδειχθεί τα πιο ενεργά μέλη της Αντίστασης.



τους πάνω από είκοσι διαφορετικά πρόσωπα. Στα έντεκα από τα δώδεκα εκείνα χρόνια, ο γάλλος εκπρόσωπος στα Ηνωμένα Έθνη διαβεβαίωνε ότι η Γαλλία δεν θα κατασκεύαζε ποτέ βόμβα. Καθώς, όμως, ο Ψυχρός Πόλεμος εντεινόταν, οι δηλώσεις αυτές δεν αρκούσαν για να καθησυχάσουν τις Ηνωμένες Πολιτείες. Το 1950 ο Joliot, ανώτατος επίτροπος της CEA, διακήρυξε δημοσίως ότι δεν θα κατασκεύαζε βόμβα, επειδή ένα τέτοιο όπλο δεν θα μπορούσε παρά να προορίζεται μόνο για τη Σοβιετική Ένωση. Τότε, οι αμερικανοί ηγέτες διαμαρτυρήθηκαν για την παρουσία ενός κομμουνιστή στην ηγεσία ενός τόσο στρατηγικά ευαίσθητου οργανισμού. Ο Joliot απολύθηκε τον Απρίλιο του 1950 και έναν χρόνο αργότερα αντικαταστάθηκε από έναν άλλο διαπρεπή επιστήμονα (ο οποίος δεν μιλούσε τόσο πολύ), τον Francis Perrin.<sup>14</sup> Τον Αύγουστο του 1951, ο γενικός διευθυντής της CEA, Raoul Dautry, απεβίωσε.

Οι εξελίξεις αυτές άφησαν την CEA χωρίς σαφή προσανατολισμό. Η ίδια, ωστόσο, είχε βρει έναν σημαντικό πολιτικό σύμμαχο στο πρόσωπο του βουλευτή Félix Gaillard.<sup>15</sup> Ο Gaillard έγινε γραμματέας του κράτους το 1951 και από τη θέση αυτή υπηρέτησε ως επίσημος εκπρόσωπος της κυβέρνησης στην οργανωτική επιτροπή της CEA.<sup>16</sup> Πεπεισμένος ότι το μέλλον της

<sup>14</sup> Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με αυτό το συμβάν, βλ. Spencer Weart, *Scientists in Power* (Καίμπριτζ, Μασσ., 1980).

<sup>15</sup> Ο τίτλος του Gaillard ήταν *Secrétaire d'État à la Présidence du Conseil*, υπό των René Pleven (1951), Edgar Faure (1952), Antoine Pinay (1952) και René Mayer (1953). Ο ίδιος είχε εξουσία πάνω στη CEA χάρη στα ακόλουθα διατάγματα: 14ης Αυγούστου 1951· 23ης Ιανουαρίου 1952 (52-105)· 22ας Μαρτίου 1952 (52-328)· 10ης Ιανουαρίου 1953 (53-10). Βλ. Georges Lamiral, *Chronique de Trente Années d'Équipement Nucléaire à Électricité de France* (Παρίσι, 1988).

<sup>16</sup> Η επιτροπή αυτή συγκροτήθηκε από δέκα μέλη, *haut fonctionnaires* ή επιστημονικούς ή βιομηχανικούς επικεφαλής. Πρόεδρος της ήταν είτε ο πρωθυπουργός είτε κάποιος αντιπρόσωπός του.

Γαλλίας εξαρτιόταν από την ισχύ του πυρηνικού της προγράμματος, ο Gaillard προέτρεψε την επιτροπή να συντάξει ένα φιλόδοξο πενταετές σχέδιο για την ανάπτυξη της ατομικής ενέργειας. Το σχέδιο αυτό θα δελείαζε το Κοινοβούλιο, καθώς θα υποσχόταν υλικά οφέλη όχι σε πενήντα χρόνια, αλλά στο άμεσο μέλλον. Σύμφωνα με τον Gaillard, θα ήταν πιο εύκολο να δικαιολογηθεί ένα σχέδιο 20 δισεκατομμυρίων φράγκων, που θα περιελάμβανε την ανάπτυξη ατομικής ενέργειας σε βιομηχανική κλίμακα, παρά ένα σχέδιο 3 δισεκατομμυρίων φράγκων μόνο για βασική έρευνα.<sup>17</sup> Ο Perrin και άλλοι επιστήμονες εξέφρασαν αμφιβολίες για το κατά πόσο η CEA θα μπορούσε να φέρει εις πέρας ένα τόσο εκτεταμένο πρόγραμμα. Κάποιοι τεχνοκράτες, όμως, υποστήριξαν τον Gaillard. Ένας από αυτούς ήταν ο François de Rose από το Υπουργείο Εξωτερικών, ο οποίος δήλωσε ότι η CEA θα έπρεπε να στοχεύει ψηλά. Ο ίδιος υποστήριξε πως η Γαλλία είχε πράγματι το προβάδισμα ανάμεσα στις πυρηνικές χώρες δεύτερης κατηγορίας, αλλά αυτό θα μπορούσε να αλλάξει αν η Γερμανία αποφάσιζε να ξεκινήσει ένα πυρηνικό πρόγραμμα ευρείας κλίμακας. Σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο, οι μελλοντικοί ηγέτες της Γαλλίας θα ευγνωμονούσαν τη CEA που είχε την προνοητικότητα να σχεδιάσει υπέρ της εκτεταμένης ανάπτυξης της πυρηνικής ενέργειας.

Τα μέλη της οργανωτικής επιτροπής πείστηκαν από αυτά επιχειρήματα και γι' αυτό συμφώνησαν ότι το επόμενο βήμα ήταν να κατασκευάσουν έναν πλήρη αντιδραστήρα. Αλλά τι είδους αντιδραστήρα; Οι «πρωτεύοντες» αντιδραστήρες, όπως εκείνοι που είχαν κατασκευάσει οι Βρετανοί, λειτουργούσαν με φυσικό ουράνιο, το οποίο υπήρχε άφθονο στη Γαλλία. Οι λεγόμενοι «δευτερεύοντες» αντιδραστήρες, οι οποίοι είχαν αναπτυχθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες, λειτουργούσαν με εμπλουτισμένο ουράνιο. Όμως, το εμπλουτισμένο ουράνιο που θα χρειαζόταν η

<sup>17</sup> Παλαιά γαλλικά φράγκα.



CEA για να λειτουργήσει δευτερεύοντες αντιδραστήρες δεν μπορούσε να βρεθεί στην αγορά. Θα έπρεπε, λοιπόν, να κατασκευάσει ένα εργοστάσιο εμπλουτισμού ουρανίου, κάτι το οποίο θα χρειαζόταν χρόνια για να ολοκληρωθεί. Από την άλλη πλευρά, οι πρωτεύοντες αντιδραστήρες μπορούσαν να παράγουν όχι μόνο ηλεκτρική ενέργεια, αλλά και πλουτώνιο κατάλληλο για χρήση σε όπλα. Χωρίς δεύτερη σκέψη, λοιπόν, η επιτροπή κατέληξε στους πρωτεύοντες αντιδραστήρες.

Όχι, η γαλλική κυβέρνηση δεν είχε αποφασίσει να κατασκευάσει ατομική βόμβα. Το 1951, την εποχή που λάμβαναν χώρα οι συγκεκριμένες συνεδριάσεις, κανένας επικεφαλής των γαλλικών κυβερνήσεων δεν είχε εξετάσει σοβαρά αυτή τη δυνατότητα.<sup>18</sup> Ωστόσο, τα μέλη της οργανωτικής επιτροπής της CEA, ως θεματοφύλακες των γαλλικών πυρηνικών συμφερόντων, έκριναν ότι η προληπτική συγκέντρωση αποθεμάτων πλουτωνίου οίγουρα δεν θα έβλαπτε. Το πλουτώνιο αυτό υποτίθεται ότι θα συγκεντρωνόταν για τη λειτουργία των αναπαραγωγικών αντιδραστήρων, οι οποίοι θα παρήγαν ενέργεια κάποια στιγμή στο μέλλον. Σχεδόν όλα τα μέλη της επιτροπής, όμως, είχαν στο μυαλό τους τη δυνατότητα στρατιωτικής του χρήσης. Χωρίς, λοιπόν, να προσδιορίσουν την τελική του χρήση, έθεσαν ως στόχο την παραγωγή 15 κιλών πλουτωνίου μέσα σε 5 χρόνια.<sup>19</sup>

Έχοντας καταλήξει σε αυτή την απόφαση, η επιτροπή έπρεπε στη συνέχεια να επιλέξει επιβραδυντή για τον αντιδραστήρα της. Η επιλογή θα γινόταν ανάμεσα στον γραφίτη και το βαρύ

<sup>18</sup> Βλ. Scheinman (ό.π. σημ. 10).

<sup>19</sup> Ο Bertrand Goldschmidt επίσης υποστηρίζει στα διάφορα βιβλία του ότι μπορεί να σιωπούσαν, αλλά όλοι αντιλαμβάνονταν τον στρατιωτικό σκοπό της παραγωγής πλουτωνίου. Βλ., π.χ., *Les Pionniers de l'Atome* (Παρίσι, 1987) και *Le Complexe Atomique* (Παρίσι, 1980). Τον ισχυρισμό αυτόν επιβεβαίωσαν σε μεγάλο βαθμό οι πολλοί μηχανικοί της CEA, από τους οποίους πήρα συνέντευξη το 1989-90.

ύδωρ. Προτού προχωρήσω, θα πρέπει να ανοίξω εδώ μια σύντομη παρένθεση για να εξηγήσω κάποιες βασικές λειτουργίες ενός αντιδραστήρα σχάσης.

Το φυσικό ουράνιο που είχε η Γαλλία περιέχει δύο ισότοπα ουρανίου: το  $U_{238}$  και το  $U_{235}$ . Η σχάση επιτυγχάνεται όταν ένα άτομο  $U_{235}$  απορροφά ένα νετρόνιο, προκαλώντας τη διάσπαση του ελαφρύτερου ατόμου ουρανίου και απελευθερώνοντας μεγάλη ποσότητα ενέργειας, καθώς επίσης και μερικά ακόμη νετρόνια. Κάποια από τα νετρόνια αυτά θα απορροφηθούν από περισσότερα άτομα  $U_{235}$ , προκαλώντας περαιτέρω σχάση. (Την εποχή εκείνη, οι επιστήμονες και οι μηχανικοί κατανοούσαν ότι με τη συγκέντρωση επαρκούς ποσότητας ουρανίου –τη λεγόμενη κρίσιμη μάζα– η αντίδραση σχάσης θα μπορούσε να αυτοσυντηρηθεί.) Κάποια άλλα νετρόνια θα απορροφηθούν από άτομα  $U_{238}$  και δεν θα προκαλέσουν σχάση. Αντιθέτως, όταν το άτομο  $U_{238}$  απορροφά ένα νετρόνιο, μετατρέπεται σε  $U_{239}$  – το οποίο καταλήγει σε  $Pu_{239}$ , δηλαδή σε πλουτώνιο κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί σε όπλα.

Τα μέλη της επιτροπής γνώριζαν ότι ένα άτομο  $U_{235}$  μπορεί να απορροφήσει ένα νετρόνιο, εφόσον το νετρόνιο κινείται με ταχύτητα μικρότερη από εκείνη που είχε όταν απελευθερώθηκε. Χρειαζόταν, επομένως, ένας επιβραδυντής για να ελαττώσει την ταχύτητα των νετρονίων. Ο ιδανικός επιβραδυντής, μάλιστα, ήταν εκείνος που δεν θα απορροφούσε κανένα νετρόνιο. Τέλος, χρειαζόταν και ένα ψυκτικό μέσο που θα αφαιρούσε τη θερμότητα από τον πυρηνικό αντιδραστήρα.

Τον Σεπτέμβριο του 1951, μέχρι να συνεδριάσει η οργανωτική επιτροπή, η CEA είχε ήδη κατασκευάσει πειραματικούς αντιδραστήρες βαρέος ύδατος.<sup>20</sup> Οι φυσικοί προτιμούσαν ως επιβραδυντή το βαρύ ύδωρ, επειδή απορροφούσε λιγότερα

<sup>20</sup> Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με το πρόγραμμα πειραματικών αντιδραστήρων της CEA, βλ. Weart (ό.π. σημ. 14)· και Goldschmidt (ό.π. σημ. 19).



νετρόνια. Το βαρύ ύδωρ, όμως, μπορούσε να παραχθεί μόνο με ηλεκτρόλυση, για την οποία απαιτούνταν ηλεκτρική ενέργεια.<sup>21</sup> Επιπλέον, σύμφωνα με τους μηχανικούς της επιτροπής, η κατασκευή ενός εργοστασίου που θα παρήγε βαρύ ύδωρ ήταν πολύπλοκη και δαπανηρή, πόσο μάλλον που η Γαλλία παρήγε ήδη γραφίτη. Αυτές ήταν οι επίσημες εξηγήσεις που δόθηκαν για την επιλογή του γραφίτη έναντι του βαρέος ύδατος ως επιβραδυντή.

Κάποιοι μηχανικός, όμως, που εργαζόταν στα αρχικά σχέδια του αντιδραστήρα αερίου-γραφίτη υπαινίχθηκε έναν πρόσθετο λόγο. Πολλοί από εκείνους που είχαν δουλέψει σε ερευνητικούς αντιδραστήρες με βαρύ ύδωρ ήταν κομμουνιστές. Μερικοί από αυτούς –αν και όχι όλοι– είχαν απολυθεί μαζί με τον Joliot το 1950. Με δεδομένο ότι το πλουτώνιο που παραγόταν από τους πρώτους αντιδραστήρες βιομηχανικής κλίμακας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια μελλοντική γαλλική βόμβα, κάποια μέλη της επιτροπής χρειαζόνταν έναν εύκολο τρόπο για να αποκλείσουν τους κομμουνιστές επιστήμονες και τεχνικούς από τα νέα προγράμματα. Με το να μην επιλέξουν την τεχνολογία στην οποία οι κομμουνιστές επιστήμονες και τεχνικοί είχαν εμπειρία, διευκόλυναν σημαντικά τον αποκλεισμό τους.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας, πήρα συνέντευξη από περίπου εβδομήντα μηχανικούς, οι οποίοι τις δεκαετίες του 1950 και του 1960 εργάστηκαν είτε για τη CEA είτε για την EDF. Για νομικούς και διαδικαστικούς λόγους, δεν μπορώ να αναφέρω επιμέρους ονόματα σε συγκεκριμένες παραπομπές. Μπορώ, όμως, να παραθέσω τον κατάλογο των ονομάτων εκείνων των οποίων η συνέντευξη χρησιμοποιήθηκε ως πηγή για το παρόν άρθρο (οι ημερομηνίες των συνεντεύξεων σημειώνονται στις παρενθέσεις): Pierre Bacher (11 Μαΐου 1990), Claude Bienvenu (27 Οκτωβρίου 1989), Rémy Carle (27 Φεβρουαρίου 1990), André Crégut (18 και 20 Ιουνίου 1990), Adrien Mergui (18 Δεκεμβρίου 1989), Jean-Pierre Roux (20 Δεκεμβρίου 1989), Boris Saitcevsy (27 Φεβρουαρίου 1990), André Teste du Bailler (28 Νοεμβρίου 1989) και Pierre Zaleski (22 Δεκεμβρίου 1989).

<sup>22</sup> Συνεντεύξεις.

Η οργανωτική επιτροπή της CEA κατέληξε, λοιπόν, σε ένα πενταετές σχέδιο για την περίοδο 1952-1957, σύμφωνα με το οποίο η CEA δεσμευόταν να κατασκευάσει δύο αντιδραστήρες που θα τροφοδοτούνταν με φυσικό ουράνιο και θα επιβραδύνονταν με γραφίτη. Το σχέδιο περιελάμβανε, επίσης, την κατασκευή ενός εργοστασίου στο οποίο θα εξαγόταν πλουτώνιο από το ουράνιο που θα είχε καταναλωθεί ως καύσιμο στους αντιδραστήρες. Ο Gaillard έμεινε ικανοποιημένος με τους στόχους αυτούς και έπεισε με ευκολία τους συναδέλφους του βουλευτές να εγκρίνουν το σχέδιο. Το επιχείρημά του ήταν ότι η πυρηνική ενέργεια προσέδιδε κύρος και δόξα, και γι' αυτό ήταν απαραίτητη στη Γαλλία. Ο ίδιος υπογράμμισε την ανεπάρκεια πηγών ενέργειας στη χώρα, σημειώνοντας ότι η εξάπλωση του πυρηνικού προγράμματος θα ισοδυναμούσε με ανάπτυξη της βιομηχανικής υποδομής της Γαλλίας και με εξασφάλιση παροχής ενέργειας για το μέλλον. Χωρίς να εξηγήσει ότι οι αντιδραστήρες θα μπορούσαν να παράγουν πλουτώνιο κατάλληλο για χρήση σε όπλα, ο Gaillard εξέφρασε τη γνώμη ότι η Γαλλία δεν θα έπρεπε να παραιτηθεί επισήμως από το δικαίωμά της να κατασκευάσει βόμβα, ειδικά όταν υπήρχαν χώρες και από τις δυο πλευρές του Σιδηρού Παραπετάσματος που διέθεταν προγράμματα για την κατασκευή τέτοιων όπλων. Οι υπόλοιποι βουλευτές δεν υπέβαλαν καμία ερώτηση στον Gaillard για οποιαδήποτε λεπτομέρεια, προφανώς επειδή εμπιστεύονταν τους ειδικούς που είχαν συλλάβει το σχέδιο. Τον Ιούλιο του 1952, μετά από μια περιέργως μικρή αντιπαράθεση, ψήφισαν υπέρ του να δοθεί στη CEA ένα κονδύλι 37,7 εκατομμυρίων φράγκων.<sup>23</sup> Αφού αποφασίστηκε η

<sup>23</sup> Οι κομμουνιστές βουλευτές, το κόμμα των οποίων είχε πρόσφατα εστιάσει στη συγκέντρωση υπογραφών για την Stockholm Appeal, μια διεθνή έκκληση για την απαγόρευση των πυρηνικών όπλων, προσπάθησαν να εισαγάγουν στο σχέδιο ένα άρθρο που θα εμποδισόσε τη δέσμευση της Γαλλίας στο ειρηνικό άτομο. Οι υπόλοιποι του συνασπισμού ερμήνευσαν αυτή την προσπάθεια ως μέρος της κομμουνιστικής προπαγάνδας και έτσι η πρόταση μπήκε στο



χρηματοδότηση του σχεδίου, το Κοινοβούλιο ανέθεσε την υλοποίησή του στους επιστήμονες και τους μηχανικούς των *grands corps* που ήταν επικεφαλής της CEA. Άλλωστε, οι περισσότεροι από αυτούς είχαν εκπαιδευτεί με τη συμφωνία να υπηρετήσουν το κράτος και έπρεπε να υπάρξει εμπιστοσύνη στο ότι θα το έκαναν. Το Κοινοβούλιο είχε άλλα, πιο πεστικά πολιτικά προβλήματα να επιλύσει.

Τα μέλη της επιτροπής της CEA είχαν επιλέξει το σχέδιο αερίου-γραφίτη, γνωρίζοντας ότι αυτό *θα μπορούσε* να αποφέρει πλουτώνιο κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί σε όπλα. Εκείνος όμως που διαβεβαίωσε ότι οι αντιδραστήρες *όντως* παρήγαν αυτού του είδους το πλουτώνιο ήταν ο νέος γενικός διευθυντής της υπηρεσίας, ο Pierre Guillaumat, ο οποίος είχε διοριστεί από την επιτροπή τον Νοέμβριο του 1951. Ο Guillaumat, φίλος από παλιά τού Ντε Γκωλ και σύμμαχός του, είχε αποφοιτήσει από την *École Polytechnique* και ανήκε στο σώμα των μεταλλειολόγων. Προωθούσε με επιθετικό τρόπο το πρόγραμμα παραγωγής πλουτωνίου, την ίδια στιγμή που οι επικεφαλής των γαλλικών κυβερνήσεων συνέχιζαν ο ένας μετά τον άλλον να διακηρύσσουν ότι η Γαλλία ενδιαφερόταν μόνο για την ειρηνική χρήση της ατομικής ενέργειας. Την ίδια περίοδο, οι διαφωνίες για το ζήτημα αυτό είχαν μόλις αρχίσει να διατυπώνονται μέσα στους υπουργικούς κύκλους.

Ο Guillaumat δημιούργησε μια ειδική διεύθυνση για τον συντονισμό των προγραμμάτων κατασκευής, τη Διεύθυνση Βιομηχανίας (*Direction Industrielle*). Προϊστάμενο της νέας διεύθυνσης τοποθέτησε τον Pierre Taranger, επίσης απόφοιτο της *École Polytechnique*. Ο Guillaumat και ο Taranger κατέστησαν σαφές στους υψηλόβαθμους μηχανικούς τους ότι έπρεπε

σουρτάρι. Ως εκ τούτου, δεν έγινε καμία συζήτηση στο κοινοβούλιο για τις στρατιωτικές συνέπειες του σχεδίου. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις ενέργειες ή την έλλειψη ενεργειών του κοινοβουλίου πάνω σε αυτό το θέμα, βλ. Scheinman (ό.π. σμ. 10).

να κατασκευάσουν μια εγκατάσταση παραγωγής πλουτωνίου το συντομότερο δυνατό. Σε λιγότερο από πέντε χρόνια, λειτουργούσαν ήδη στο Μαρκούλ όχι μόνο ο πρώτος αντιδραστήρας, ο G1, αλλά και το εργοστάσιο παραγωγής πλουτωνίου. Κι ενώ οι μελέτες για έναν δεύτερο, μεγαλύτερο αντιδραστήρα –τον G2– ήταν σε εξέλιξη, ο Guillaumat διαπραγματευόταν συμφωνία με το Υπουργείο Άμυνας για την κατασκευή ενός τρίτου αντιδραστήρα παραγωγής πλουτωνίου, υπερδιπλασιάζοντας με τον τρόπο αυτόν τη χρηματοδότηση της CEA.<sup>24</sup>

Το Κοινοβούλιο είχε εγκρίνει το σχέδιο του Gaillard εν μέρει επειδή αυτό υποτίθεται ότι αποτελούσε το πρώτο βήμα προς ένα πιο εκτεταμένο πρόγραμμα πυρηνικής *ενέργειας*. Κανένας, ωστόσο, δεν είχε κάνει την παραμικρή νύξη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον G1 μέχρι τη στιγμή που το σχέδιό του πήρε σχεδόν την τελική του μορφή. Τότε ο Pierre Ailleret, προϊστάμενος του τμήματος έρευνας της EDF και μέλος της επιτροπής της CEA από το 1950, εισηγήθηκε την προσάρτηση στον G1 ενός εργοστασίου παραγωγής 5 μεγαβάτ.<sup>25</sup> Κάποιες μικρές προστριβές είχαν ήδη εκδηλωθεί σε σχέση με το ποιος οργανισμός θα παρείχε πυρηνική ενέργεια στη Γαλλία: η EDF, η οποία ήταν ο επίσημος πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, ή η CEA, επίσημος θεματοφύλακας όλων των πραγμάτων που σχετίζονταν με τα πυρηνικά; Ο Ailleret θεωρούσε ότι ο G1 ήταν μια πολύ καλή ευκαιρία ώστε μια ομάδα της EDF να εμπλακεί στην

<sup>24</sup> Bénédicte M. Vallet, “The Nuclear Safety Institution in France: Emergence and Development” (Διδακτορική Διατριβή, New York University, 1986), 50.

<sup>25</sup> Ο Ailleret ήταν στην πραγματικότητα ο πρώτος εκπρόσωπος της EDF στη CEA. Τα άλλα μέλη της EDF που θα έπρεπε θεωρητικά να είχαν εμπλακεί στις επιτροπές της CEA ήταν ο Πρόεδρος του Διοικητικού Συμβουλίου (θέσπισμα της 3ης Ιανουαρίου 1951), ο Γενικός Διευθυντής ή ένας από τους αναπληρωτές του (19 Απριλίου 1951), και δύο Βοηθοί Γενικοί Διευθυντές (12 Δεκεμβρίου 1952 και 18 Νοεμβρίου 1952). Βλ. Lamiral (ό.π., 15).



πυρηνική περιπέτεια. Η CEA συμφώνησε, τονίζοντας, όμως, ότι το πρόγραμμα αυτό δεν θα έπρεπε να παρακωλύσει την παραγωγή πλουτωνίου. Στο ίδιο πλαίσιο, η CEA συμφώνησε επίσης να αναθέσει στην EDF την κατασκευή ενός εργοστασίου παραγωγής 25 μεγαβάτ για τον G2.<sup>26</sup>

Το ασταθές πολιτικό κλίμα από τις αρχές μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1950, σε συνδυασμό με την αναποφασιστικότητα της κυβέρνησης ως προς την πυρηνική της πολιτική, παρείχε τελικά στους επικεφαλής της CEA απόλυτη ελευθερία δράσης, όσον αφορά τη διαμόρφωση του γαλλικού πυρηνικού προγράμματος.<sup>27</sup> Αποφασίζοντας ποιο είδος αντιδραστήρα θα κατασκεύαζαν, οι ίδιοι –και όχι η κυβέρνηση– χάραξαν τη γαλλική πολιτική για την ατομική ενέργεια. Την επιλογή να χρησιμοποιηθεί η πυρηνική ενέργεια για στρατιωτικούς σκοπούς δεν μπορούσαν να την επιδιώξουν ανοιχτά, κι ούτε ήθελαν όλοι τους κάτι τέτοιο. Μπορούσαν, όμως, να κάνουν βήματα προς αυτή την κατεύθυνση.

Αυτή είναι μόνο η αρχή της ιστορίας. Πρέπει τώρα να προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε πώς οι μηχανικοί και τα διευθύνοντα στελέχη της CEA και της EDF εκμεταλλεύτηκαν την ασάφεια που υπήρχε εγγενώς στο σχέδιο που περιγράψαμε παραπάνω, προκειμένου να προωθήσουν τους δικούς τους πολιτικούς και βιομηχανικούς στόχους. Η σύγκριση των σχεδίων, της διαδικασίας υπογραφής των συμβολαίων και της ρητορικής που

<sup>26</sup> Picard, Beltran και Bungener (ό.π. σημ. 9), 187.

<sup>27</sup> Αυτή είναι η θέση του Scheinman (ό.π. σημ. 10), ο οποίος καταλήγει σε αυτό το συμπέρασμα στο πλαίσιο μιας μελέτης πολιτικής ιστορίας, χωρίς να έχει εξετάσει τις συνεδριάσεις στις οποίες ελήφθη η απόφαση για αντιδραστήρα αερίου-γραφίτη, πόσο μάλλον για το ίδιο το σχέδιο του αντιδραστήρα. Κατά συνέπεια, δεν είναι σε θέση να μιλήσει επαρκώς για τα εργαλεία και τις τακτικές που χρησιμοποίησαν οι μηχανικοί και οι διευθυντές για τη διαμόρφωση του πυρηνικού προγράμματος, ή για τις συνέπειες τού να έχουν αυτοί στα χέρια τους μια τέτοια δύναμη.

περιέβαλλε δύο από τους πρώτους αντιδραστήρες αερίου-γραφίτη, τον G2 και τον EDF1, φανερώνει τον τρόπο με τον οποίο οι αντιδραστήρες έγιναν όργανα των μηχανικών για τη διαμόρφωση πολιτικής.

*Διαμορφώνοντας το πρόγραμμα ενός αντιδραστήρα:  
το στυλ της CEA*

Η μέθοδος με την οποία ο Taranger και ο Guillaumat επέλεξαν τις εταιρείες που θα σχεδίαζαν τα επιμέρους τμήματα του G2 σηματοδότησε την έναρξη ενός νέου είδους βιομηχανικής πολιτικής στη Γαλλία: της «πολιτικής των πρωταθλητών».<sup>28</sup> Οι δυο άνδρες αντιλαμβάνονταν ότι ο καλύτερος τρόπος για να πείσουν την ιδιωτική βιομηχανία να συμμετάσχει σε ένα εγχείρημα που δεν θα απέδιδε άμεσα κέρδη ήταν να επιλέξουν για τον σχεδιασμό κάθε τμήματος την πιο «προηγμένη» τεχνολογικά εταιρεία, ανεξαρτήτως κόστους. Κατά τη γνώμη τους, μια τέτοια πολιτική θα είχε ως συνέπεια ότι οι γαλλικές εταιρείες δεν θα έχαναν χρόνο ή πόρους με το να ανταγωνίζονται η μία την άλλη. Επιπλέον, θα προσέφερε ένα προστατευμένο περιβάλλον, μέσα στο οποίο η βιομηχανία θα μπορούσε να αναπτύξει νέες τεχνολογίες. Η γαλλική βιομηχανία θα αποκτούσε πολύτιμη τεχνογνωσία, την οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει στο μέλλον για να εξάγει τεχνολογία. Ο Guillaumat και ο Taranger επέμεναν ότι κατ' αυτόν τον τρόπο και η βιομηχανική βάση της Γαλλίας θα ενισχυόταν στο άμεσο μέλλον και η οικονομία της θα αναπτυσσόταν.

Υπό την καθοδήγηση του Taranger, η Διεύθυνση Βιομηχανίας της CEA συγκέντρωσε όσες εταιρείες επιλέχθηκαν σε μια κοινοπραξία και τοποθέτησε επικεφαλής την Αλσατική Εταιρεία Μηχανικών Κατασκευών (Société Alsacienne des Constructions Mécaniques – SACM), η οποία αποτελούσε, με τη σειρά της, μια

<sup>28</sup> Συνεντεύξεις Lamiral (ό.π. σημ. 15).



κοινοπραξία εταιρειών που ειδικεύονταν στους τομείς των ηλεκτρολόγων και των μηχανολόγων μηχανικών. Η CEA υπέγραψε συμβόλαιο με την SACM. Αυτή έδωσε υπεργολαβίες στις άλλες εταιρείες, συντονίζοντας τη συνολική διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής του G2. Η διαδικασία σχεδιασμού ήταν μια προσπάθεια συνεργασίας: αφού οι μηχανικοί της CEA προσδιόριζαν τη λειτουργία κάποιου τμήματος του αντιδραστήρα, οι άνθρωποι της βιομηχανίας θα πρότειναν ένα αρχικό σχέδιο, το οποίο στη συνέχεια θα γινόταν αντικείμενο συζήτησης σε μια σειρά συσκέψεων. Οι συσκέψεις που έλαβαν χώρα ήταν δύο ειδών: συσκέψεις ανάμεσα σε μία ομάδα της CEA και μία μόνο εταιρεία, προκειμένου να συζητηθεί ένα συγκεκριμένο τμήμα του αντιδραστήρα, και μεγάλες μηνιαίες συσκέψεις, στις οποίες συγκεντρώνονταν εκπρόσωποι όλων των ομάδων της CEA, όλων των εταιρειών, συν της EDF, όποτε αυτό κρινόταν σκόπιμο.<sup>29</sup> Ο αντιδραστήρας έπρεπε να κατασκευαστεί γρήγορα,<sup>30</sup> και αυτός ο τρόπος λήψης αποφάσεων είχε το άμεσο πλεονέκτημα ότι παρήγαγε προτάσεις τις οποίες η βιομηχανία μπορούσε να υλοποιήσει. Ένας μηχανικός της EDF που παρευρισκόταν σε αυτές τις συναντήσεις έχει πει ότι, αν οι ομάδες της CEA χειρίζονταν μόνες τους τον σχεδιασμό, θα είχαν οραματιστεί περίπλοκες προτάσεις οι οποίες θα ήταν πέρα από τις δυνατότητες της γαλλικής βιομηχανίας. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί ο στόχος μέσα στα καθορισμένα χρονικά όρια. Πρόσθεσε ότι, παρ' όλα αυτά, οι προτάσεις που επιλέγονταν ήταν συχνά πολυδάπανες και δύσκολο να υλοποιηθούν.<sup>31</sup>

<sup>29</sup> Ο.π.

<sup>30</sup> Όλα σχεδόν τα μέλη του προσωπικού της CEA από τα οποία πήρα συνέντευξη υπογράμμισαν το ότι οι προτάσεις έπρεπε να επιλεγούν και να εφαρμοστούν γρήγορα, επειδή βιάζονταν να προμηθευτούν επαρκείς ποσότητες πλουτωνίου κατάλληλου για χρήση σε όπλα έτσι ώστε να κατασκευάσουν μία ή περισσότερες βόμβες.

<sup>31</sup> Lamiral (ό.π. σημ. 15), 26.

Το κόστος, ωστόσο, δεν απασχολούσε τη CEA, ενώ η EDF δεν μπορούσε να έχει ουσιαστικό λόγο για το κόστος του G2. Οι μηχανικοί της CEA είχαν ξεκαθαρίσει εξαρχής ότι ο ρόλος της EDF έπρεπε να είναι υποδεέστερος. Αν και είχε υπογράψει και η ίδια το κύριο συμβόλαιο με τη SACM, η «εγκατάσταση ανάκτησης ενέργειας», όπως ονομαζόταν το κομμάτι που την αφορούσε, θεωρούνταν επικουρικός εξοπλισμός στον αντιδραστήρα. Ενώ, λοιπόν, οι μηχανικοί της EDF συμμετείχαν στις μηνιαίες συσκέψεις με τους εκπροσώπους της βιομηχανίας, δεν είχαν τη δυνατότητα να εκφράσουν τους προβληματισμούς τους σχετικά με το σχέδιο της εγκατάστασης. Οι βιομηχανικοί εκπρόσωποι έπρεπε να δώσουν προτεραιότητα στα συμβόλαια που είχαν υπογράψει με τη CEA εις βάρος εκείνων που είχαν υπογράψει με την EDF.<sup>32</sup> Επιπλέον, οι μηχανικοί της EDF δεν ενημερώνονταν πάντοτε για εκείνες τις αλλαγές στα σχέδια που είχαν άμεσο αντίκτυπο στη δουλειά τους.<sup>33</sup> Όπως θα δούμε στη συνέχεια, αυτό σήμαινε ότι κανένα τμήμα του αντιδραστήρα –σε αντίθεση με τη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής– δεν σχεδιάστηκε με στόχο τη βελτιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

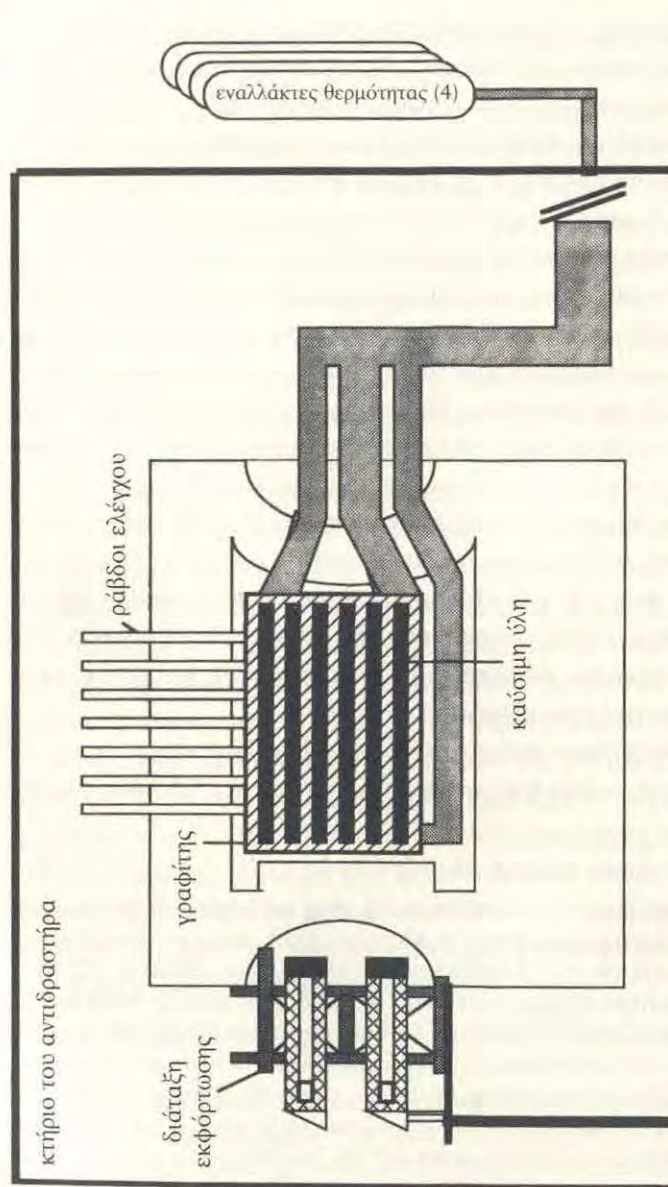
Το «πυρηνικό» τμήμα του αντιδραστήρα απέκτησε έτσι προτεραιότητα έναντι του «κλασικού» τμήματος.<sup>34</sup> Αδιαφορώντας

<sup>32</sup> Συνεντεύξεις· Lamiral, 27.

<sup>33</sup> Για παράδειγμα, σε μια επιστολή προς τη Διεύθυνση Βιομηχανίας της CEA, με ημερομηνία 4 Μαρτίου 1958, η οποία συνόδευε μια αναφορά για τις "Installations de récupération d'énergie G2-G3" (προσωπικά έγγραφα του συνεντευξιαζόμενου Claude Bienvenu), ο Georges Lamiral έγραψε: «Εφιστούμε την προσοχή σας στο εξής γεγονός: ως αποτέλεσμα των τελευταίων τροποποιήσεων σε σχέση με τον τρόπο φόρτωσης του καυσίμου, η εταιρεία Rateau συνέταξε μια μελέτη προκειμένου να καθορίσει τα νέα χαρακτηριστικά του CO<sub>2</sub> στις διατάξεις για την ανάκτηση της ενέργειας. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δεν έχουν κοινοποιηθεί σε εμάς».

<sup>34</sup> Οι όροι «πυρηνικό» και «κλασικό» χρησιμοποιούνταν από τους μηχανικούς τόσο της CEA όσο και της EDF καθ' όλη τη διάρκεια των





Εικόνα 1. Ο αντιδραστήρας G2 της CEA στο Μαρκούλ. Σχηματικό διάγραμμα, εκ προσαρμογής από το περιοδικό *Bulletin d'informations scientifiques et techniques du CEA*, no. 20 (1958). Το σχέδιο δεν ακολουθεί την αυθεντική κλίμακα.

για το κόστος, επιλέχθηκαν οι «καλύτερες» εταιρείες για να κατασκευάσουν τα πιο περίπλοκα, τα «πιο πυρηνικά» μέρη. Τα συμβόλαια που υπογράφηκαν για τα μέρη αυτά ήταν προσύμφωνα, με τα οποία η εταιρεία αναλάμβανε να κατασκευάσει ένα τμήμα του εξοπλισμού που θα εκτελούσε συγκεκριμένες λειτουργίες, χωρίς να προσδιορίζονται εκ των προτέρων οι προδιαγραφές. Αντιθέτως, τα «λιγότερο πυρηνικά» τμήματα του αντιδραστήρα, όπως η εγκατάσταση ανάκτησης ενέργειας ή το δοχείο προεντεταμένου σκυροδέματος, καλύπτονταν με συμβόλαια τα οποία παρέθεταν αναλυτικά τόσο τις προδιαγραφές όσο και το κόστος.<sup>35</sup>

Τι είδους αντιδραστήρας προέκυπτε, λοιπόν, από όλη αυτή τη διαδικασία; Η Εικόνα 1 παρουσιάζει τον G2. Το μεγαλύτερο τμήμα του αντιδραστήρα στεγαζόταν σε ένα μεγάλο κτήριο το οποίο είχε σχεδιαστεί για να προστατεύει τα περιεχόμενά του σε περίπτωση δυσμενών καιρικών συνθηκών (όπως και πολλοί σοβιετικοί αντιδραστήρες, οι αντιδραστήρες του Μαρκούλ δεν είχαν ειδικά κτήρια-περιβλήματα). Τον πυρήνα του αντιδραστήρα, ο οποίος είχε τοποθετηθεί μέσα στον μεγάλο κύλινδρο, τον αποτελούσε ένας σωρός από ράβδους γραφίτη που είχαν τοποθετηθεί σε οριζόντια στρώματα. Κατά μήκος αυτής της διάταξης είχαν κατανεμηθεί 1.200 διάυλοι, στους οποίους φορτωνόταν το καύσιμο του ουρανίου. Το ουράνιο έφθανε σε μικρές κυλινδρικές ράβδους, ερμητικά κλεισμένες σε κουτιά αλουμίνιου. Κάθε διάυλος μπορούσε να περιέχει το πολύ είκοσι οκτώ τέτοιες ράβδους ουρανίου, οι οποίες ονομάζονταν και βλήματα καυσίμου. Όταν είχαν φορτωθεί αρκετά τέτοια βλήματα μέσα στον αντιδραστήρα, αυτός «έφτανε στο κρίσιμο σημείο», οπότε και πυροδοτούνταν μια αντίδραση σχάσης που μπορούσε να αυτοσυντηρηθεί. Η σχάση μέσα στα

δεκαετιών του 1950 και του 1960.

<sup>35</sup> Συνεντεύξεις.



βλήματα απελευθέρωνε μια μεγάλη ποσότητα θερμότητας, την οποία απορροφούσαν τα αλουμινένια κουτιά. Αέριο διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο εισχωρούσε στους διαύλους από ανοίγματα στην πίσω όψη, έρρεε γύρω από τα βλήματα και έψυχε τον αντιδραστήρα, απορροφώντας αυτή τη θερμότητα. Μόλις εγκατέλειπε τον πυρήνα, το ψυκτικό μέσο κινούνταν προς την «εγκατάσταση ανάκτησης ενέργειας», όπου η θερμότητα μετατρεπόταν σε ηλεκτρισμό.

Ακόμη και αυτή η σύντομη περιγραφή του G2 φανερώνει ότι η λειτουργία του αντιδραστήρα ως παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας είχε περάσει σε δεύτερη μοίρα. Η εγκατάσταση ανάκτησης ενέργειας στήθηκε έξω από το κτήριο που στέγαζε τον αντιδραστήρα, απομακρύνθηκε δηλαδή από την αντίδραση σχάσης, τόσο φυσικά όσο και συμβολικά. Προκειμένου να φανεί αναλυτικότερα με ποιον τρόπο οι πολιτικές επιδιώξεις που αφορούσαν την παραγωγή πλουτωνίου απέκτησαν προβάδισμα σε σχέση με τους πολιτικούς και βιομηχανικούς στόχους που αφορούσαν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θα εστιάσω σε δύο όψεις του σχεδίου του G2: στη φόρτωση και εκφόρτωση του καυσίμου στον αντιδραστήρα και στην ίδια την εγκατάσταση για την ανάκτηση ενέργειας.

Η απόκτηση όσο το δυνατόν περισσότερου  $Pu_{239}$  με όσο το δυνατόν λιγότερα «δηλητηριώδη» ισότοπα πλουτωνίου αποτελούσε για τη CEA κομβικό σημείο ως προς την παραγωγή πλουτωνίου κατάλληλου να χρησιμοποιηθεί σε όπλα. Το  $Pu_{239}$ , το οποίο παραγόταν όταν ένα άτομο  $U_{238}$  απορροφούσε ένα νετρόνιο και στη συνέχεια διασπάτο, δεν ήταν σταθερό ισότοπο: με την πάροδο του χρόνου μετατρεπόταν σε  $Pu_{240}$  και  $Pu_{241}$ . Τα ισότοπα αυτά αποκαλούνταν «δηλητηριώδη», επειδή, ανάμεσα στα άλλα, όταν συγκεντρώνονταν σε επαρκείς ποσότητες, μπορούσαν να προκαλέσουν αυθόρμητη σχάση.<sup>36</sup> Επομένως, μια βόμ-

<sup>36</sup> Πιο συγκεκριμένα, τα ισότοπα ουρανίου και πλουτωνίου με ζυγό αριθμό δεν μπορούν να υποστούν σχάση, γι' αυτό και το  $Pu_{240}$  ήταν

βα που θα περιείχε υπερβολική ποσότητα αυτών των ισοτόπων μπορούσε να εκραγεί απρόβλεπτα. Στόχος της ομάδας της CEA που εργαζόταν για την παραγωγή πλουτωνίου στο εργοστάσιο του Μαρκούλ ήταν να διαχωρίσει το πλουτώνιο από το ουράνιο που είχε χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Για να το κάνει αυτό, είχε ήδη επιλέξει μια χημική διαδικασία η οποία δεν έκανε διάκριση ανάμεσα στα διαφορετικά ισότοπα πλουτωνίου. Οι ομάδες του G2 ήταν υποχρεωμένες να εργάζονται με λίγη γνώση και αυστηρό χρονικό περιορισμό. Με αυτό ως δεδομένο, η μόνη λύση στην οποία μπορούσαν να προσφύγουν για να ελαχιστοποιηθεί το δηλητήριο περιελάμβανε την απομάκρυνση των βλημάτων πυρηνικού καυσίμου, προτού παραχθεί πολύ μεγάλη ποσότητα  $Pu_{240}$  ή  $Pu_{241}$ . Όσο μικρότερος ήταν ο χρόνος κατά τον οποίο ακτινοβολούσε καθένα από τα βλήματα ουρανίου –ο χρόνος, δηλαδή, στον οποίο γινόταν η σχάση– τόσο λιγότερο δηλητήριο παραγόταν. Οι μηχανικοί της CEA υπολόγισαν ότι, υπό συνθήκες βέλτιστης ακτινοβολίας για την επίτευξη της σωστής ισορροπίας μεταξύ των ισοτόπων, κάθε βλήμα πυρηνικού καυσίμου δεν έπρεπε να παραμείνει στον αντιδραστήρα για περισσότερο από 250 ημέρες.<sup>37</sup> Από τη σκοπιά της παραγωγής ηλεκτρικής

«δηλητήριο». Το πλουτώνιο 241 μπορούσε να προκαλέσει αυθόρμητη σχάση.

<sup>37</sup> Η ισχύς (power) είναι το μέτρο της ενέργειας ανά μονάδα χρόνου. Στην περίπτωση ενός πυρηνικού αντιδραστήρα, μετράει πόσες ραδιενεργές διασπάσεις γίνονται σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Ο G2 λειτουργούσε με ισχύ περίπου 200 θερμικών μεγαβάτ (MW) και περιείχε 100 τόνους ουρανίου. Η βέλτιστη ακτινοβολία (μετρημένη σε ισχύ που πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό των ημερών παραμονής στον αντιδραστήρα, και έπειτα διαιρείται με το βάρος των τόνων ουρανίου) τοποθετήθηκε στα 500 MW ημέρες/t. Για να βρουν τον αριθμό των ημερών, οι μηχανικοί έκαναν τον εξής υπολογισμό:  $500 \text{ ημέρες} / t = [(200 \text{ MW}) / (100 t)] \times N \text{ ημέρες}$ . Έτσι,  $N \text{ ημέρες} = [500 \text{ MW ημέρες} / t] \times [100 t / 200 \text{ MW}] = 250 \text{ ημέρες}$ . Αυτός ήταν ο χρόνος που έπρεπε ένα βλήμα να παραμείνει μέσα στον αντιδραστήρα (τα δεδομένα προέρχονται από συνέντευξη).



ενέργειας, η σύντομη αυτή περίοδος ακτινοβολίας κατέληγε σε εξαιρετικά αναποτελεσματική χρήση του καυσίμου. Το ιδεώδες θα ήταν να παραμένουν τα βλήματα στον αντιδραστήρα μέχρι να καεί όλο το ουράνιο, έτσι ώστε να παραχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη θερμότητα.

Οι υπολογισμοί αυτοί οδήγησαν τους μηχανικούς της CEA στο να επιβάλουν έναν τεχνικοπολιτικό περιορισμό στη SACM, την εταιρεία που ήταν υπεύθυνη για τον σχεδιασμό και την κατασκευή του συστήματος αυτού. Με είκοσι οκτώ βλήματα πυρηνικού καυσίμου σε καθέναν από τους 1.200 διαύλους, το να σταματά ο αντιδραστήρας, να ξεφορτώνεται και να επαναφορτώνεται ο πυρήνας δίαυλο-δίαυλο, και έπειτα να ξεκινά εκ νέου κάθε 250 ημέρες, θα οδηγούσε σε σημαντική απώλεια χρόνου.<sup>38</sup> Εξάλλου, η εξοικονόμηση χρόνου ήταν κρίσιμη υπόθεση για τη CEA, τόσο τεχνολογικά, για να αποφύγει τη δημιουργία δηλητηριωδών ισοτόπων πλουτωνίου, όσο και πολιτικά, αφού χρειαζόταν όσο το δυνατόν πιο σύντομα τη μέγιστη ποσότητα πλουτωνίου κατάλληλου να χρησιμοποιηθεί σε όπλα. Για τους λόγους αυτούς οι μηχανικοί της CEA αναζητούσαν ένα σύστημα φόρτωσης που θα μπορούσε να λειτουργεί την ώρα που δούλευε ο αντιδραστήρας.<sup>39</sup>

Οι μηχανικοί της SACM επέλεξαν μια δαπανηρή και περίπλοκη λύση, η οποία όμως πληρούσε τέλεια τις απαιτήσεις της

<sup>38</sup> Βάσει της σημερινής τεχνολογίας αντιδραστήρων, ίσως φανταζόταν κανείς ότι η EDF θα ενδιαφερόταν επίσης για τη φόρτωση του πυρήνα κατά τη διάρκεια λειτουργίας του αντιδραστήρα, έτσι ώστε να αποφύγει την οικονομική απώλεια όσο ο αντιδραστήρας θα βρισκόταν εκτός λειτουργίας. Ωστόσο, όπως θα δούμε στην ενότητα για τον αντιδραστήρα της EDF, από τα μέσα ως τα τέλη της δεκαετίας του 1950, οι μηχανικοί της EDF προέκριναν τεχνικές και οικονομικές μελέτες οι οποίες τους οδήγησαν στο να προτιμούν να φορτώνουν σταματημένους παρά εν λειτουργία αντιδραστήρες.

<sup>39</sup> Συνεντεύξεις: A. Ertaud και G. Derome, “Chargement et Déchargement”, *Bulletin d'Informations Scientifiques et Techniques du CEA* 20 (1958) (στο εξής *BIST*), 69-88.

CEA. Απέναντι από τη βορινή όψη του κυλινδρικού δοχείου τοποθετήθηκε ένας τοιμεντόλιθος με σωληνοειδείς οπές. Ο τοιμεντόλιθος αυτός περιείχε έναν σωλήνα για κάθε δίαυλο. Στο αριστερό άκρο, ο σωλήνας συνδεόταν με τον μηχανισμό φόρτωσης, ο οποίος ήταν τοποθετημένος σε έναν γερανό που είχε στηθεί πάνω σε μια εξέδρα δίπλα στον τοιμεντόλιθο. Ο ίδιος ο μηχανισμός αποτελούνταν από δύο θαλάμους ασφαλείας οι οποίοι βρίσκονταν ο ένας δίπλα στον άλλο. Ο χειριστής που θα καθόταν στην κορυφή του γερανού θα μπορούσε να συνδέσει αυτούς τους δύο θαλάμους με οποιονδήποτε δίαυλο του πυρήνα του αντιδραστήρα, κατευθύνοντας τον γερανό πάνω-κάτω και αριστερά-δεξιά σε σχέση με τον τοιμεντόλιθο. Επειδή η διαδικασία αυτή λάμβανε χώρα ενώ ο αντιδραστήρας βρισκόταν σε λειτουργία, οι δύο θάλαμοι ήταν συνεχώς εκτεθειμένοι σε ραδιενέργεια. Αυτός ήταν και ο λόγος που ήταν εγκιβωτισμένοι μέσα σε 56 τόνους μετάλλου και σκυροδέματος.<sup>40</sup>

Ο θάλαμος ασφαλείας συνδεόταν με έναν θάλαμο αποθήκευσης, ο οποίος περιείχε τα νέα βλήματα καυσίμου. Τα καινούρια βλήματα θα φορτώνονταν πάνω σε έναν ανελκυστήρα και θα μεταφέρονταν στον θάλαμο αποθήκευσης. Καθώς ο θάλαμος ασφαλείας μετακινιόταν μπρος-πίσω σε μια καθορισμένη τροχιά, θα συνέλεγε τα βλήματα και θα τα έφερνε στον δίαυλο, ενώ ένας μηχανικός βραχίονας θα έφτανε μέσα στον σωλήνα και θα άνοιγε το καπάκι. Τα καινούρια βλήματα θα φορτώνονταν στον δίαυλο, σπρώχνοντας προς τα έξω τα προηγούμενα που είχαν εκτεθεί σε ακτινοβολία. Επειδή όλη αυτή η διαδικασία θα λάμβανε χώρα ενόσω ο αντιδραστήρας βρισκόταν υπό πίεση, έπρεπε να βρεθεί ένα πολύπλοκο σύστημα με ασφάλειες και αισθητήρες, που θα εγγυόταν ένα απολύτως ερμητικό σφράγισμα, κάθε φορά που η συσκευή θα συνδεόταν με τον θάλαμο αποθήκευσης ή με έναν δίαυλο.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> Ο.π.

<sup>41</sup> Ο.π.



Η φόρτωση του καυσίμου δεν ήταν σε καμία περίπτωση το μόνο σημείο στον σχεδιασμό του G2 το οποίο είχε διαμορφωθεί με βάση τον στόχο για παραγωγή πλουτωνίου. Ένα ακόμη παράδειγμα ήταν το κύκλωμα ψύξης του CO<sub>2</sub> και η ίδια η εγκατάσταση ανάκτησης ενέργειας. Η εγκατάσταση αυτή περιείχε στην ουσία τέσσερις εναλλάκτες θερμότητας, μια στροβιλογεννήτρια και βοηθητικό εξοπλισμό. Το θερμό αέριο του CO<sub>2</sub> εξερχόταν από τον πυρήνα του αντιδραστήρα προς τους εναλλάκτες θερμότητας, όπου ψυχόταν με τη μεταφορά της θερμότητάς του στο νερό. Κατά τη διαδικασία αυτή, το νερό μετατρέποταν σε ατμό. Μετά από διάφορα στάδια συμπίεσης, ο θερμός ατμός υποτίθεται ότι θα έφτανε στη στροβιλογεννήτρια, όπου η θερμότητά του θα μετατρέποταν σε ηλεκτρισμό.

Αν κύριος σκοπός του αντιδραστήρα ήταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τότε οι μηχανικοί της EDF θα είχαν υπολογίσει πόση πίεση, θερμοκρασία και ροή του CO<sub>2</sub> θα κατέληγαν σε αποδοτικότερη ανάκτηση ενέργειας. Ο προσανατολισμός του G2 στο πλουτώνιο, όμως, επέβαλλε αυστηρούς περιορισμούς σε αυτόν τον κύκλο ανάκτησης ενέργειας. Πρώτον, ο αντιδραστήρας έπρεπε να λειτουργεί αδιαλείπτως, για να αποφεύγονται οι απότομες υπερθερμάνσεις των βλημάτων πυρηνικού καυσίμου. Δεύτερον, επειδή οι μηχανικοί της CEA δεν είχαν μεγάλο ενδιαφέρον για την ενεργειακή απόδοση, δεν είχαν σχεδιάσει τα αλουμινένια κουτιά που περιέβαλλαν τα βλήματα έτσι ώστε να αντέχουν τις υψηλές θερμοκρασίες. Εξαιτίας αυτών των δύο περιορισμών, η CEA όρισε ειδικές τιμές για την πίεση και τη θερμοκρασία του CO<sub>2</sub>, οι οποίες δεν αντιστοιχούσαν στις τιμές που θα απέφεραν βέλπιστα παραγωγή ηλεκτρισμού.<sup>42</sup> Ένας τρίτος και πιο σημαντικός περιορισμός σχετιζόταν με το ότι η CEA ήθελε ο

<sup>42</sup> Passérieux και R. Scalliet, "Installations de Récupération d'Énergie", *BIST*, 99-114· και J. Kieffer, "La Centrale de Marcoule: Expérience, Résultats et Enseignements dans le Domaine de la Production d'Électricité", *Énergie Nucléaire* 5 (Ιούνιος 1963).

αντιδραστήρας να λειτουργεί συνεχώς σε μέγιστη ισχύ. Μέγιστη ισχύς σήμαινε περισσότερες ραδιενεργές διασπάσεις ανά δευτερόλεπτο του U<sub>238</sub> σε Pu<sub>239</sub>. Σε συνδυασμό με την ταχεία φόρτωση των βλημάτων καυσίμου, αυτό, από την άλλη πλευρά, σήμαινε ότι η εμφάνιση και η απομάκρυνση μιας μέγιστης ποσότητας Pu<sub>239</sub> μπορούσε να γίνει προτού ένα μεγάλο μέρος της διασπαστεί σε δηλητηριώδη ισότοπα. Ωστόσο, το ηλεκτρικό δίκτυο που τροφοδοτούνταν με αυτόν τον τρόπο δεν μπορούσε να ανταποκριθεί στη συνεχή λειτουργία του αντιδραστήρα σε μέγιστη ισχύ. Οι μεταβολές στην κατανάλωση ενέργειας το εμπόδιζαν να απορροφά πάντα όλη αυτή την ενέργεια. Κατά συνέπεια, όλοι οι περιορισμοί που προαναφέρθηκαν ανάγκασαν τους μηχανικούς της EDF να προσθέσουν στο κύκλωμα έναν «αφυπερθερμαντήρα», ο οποίος τοποθετήθηκε ακριβώς πριν από τη γεννήτρια ατμού, για να απορροφά την περίσσια θερμότητα. Επιπλέον, ο τέταρτος εναλλάκτης θερμότητας υπήρχε μόνο για ασφάλεια σε περίπτωση βλάβης. Στην πραγματικότητα, τρεις εναλλάκτες θα επαρκούσαν για τη λειτουργία τόσο του αντιδραστήρα όσο και του εργοστασίου. Τέλος, για να λειτουργεί ο αντιδραστήρας σε μέγιστη ισχύ και σε χαμηλή θερμοκρασία, έπρεπε το CO<sub>2</sub> να προωθείται στον πυρήνα με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Αυτό δεν ευνοούσε την ενεργειακή απόδοση, πρώτον επειδή η μεγάλη ταχύτητα απαιτούσε περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για την κίνηση του φυσητήρα, και δεύτερον επειδή το CO<sub>2</sub> που απομακρυνόταν περιείχε λιγότερη ενέργεια, λόγω του ότι βρισκόταν σε χαμηλότερη θερμοκρασία.<sup>43</sup>

Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι μηχανικοί της CEA μετέφρασαν τον ενθουσιασμό του Guillaumat για μια γαλλική ατομική βόμβα στον σχεδιασμό ενός αντιδραστήρα του οποίου η ιδανική λειτουργία θα ήταν η παραγωγή πλουτωνίου κατάλληλου για χρήση σε όπλα. Η ιστορία που μόλις ειπώθηκε για τον G2 θα μπο-

<sup>43</sup> Passérieux και Scalliet, ό.π.



ρούσε εύκολα να είναι η ιστορία των δύο άλλων αντιδραστήρων του Μαρκούλ, του G1 και του G3. Ενώ η γαλλική κυβέρνηση δεν μπορούσε να καταλήξει σε μια οριστική απόφαση για το αν θα προχωρούσε στην κατασκευή βόμβας, οι μηχανικοί της CEA έκαναν το πρώτο αποφασιστικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση. Τον Απρίλιο του 1958, είχαν σχεδόν αποπερατώσει την κατασκευή του G2. Τότε, ο Félix Gaillard, ο οποίος την εποχή εκείνη ήταν πρωθυπουργός, υπέγραψε ένα διάταγμα για την ολοκλήρωση της κατασκευής της βόμβας στις αρχές του 1960. Χωρίς τους αντιδραστήρες του Μαρκούλ, η Γαλλία δεν θα είχε καταφέρει ποτέ να πραγματοποιήσει την έκρηξη της πρώτης της βόμβας σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα.

Για τους μηχανικούς και τους τεχνικούς του Μαρκούλ, η στρατιωτική πλευρά της εργασίας τους δεν ήταν μυστική. Μια αίσθηση ενθουσιασμού και επείγοντος κατέκλυζε τόσο τα γραφεία όπου οι μηχανικοί πάλευαν με σχεδιαστικά προβλήματα, όσο και τις εγκαταστάσεις της κατασκευής όπου θα ανεγείρονταν οι τεράστιοι αντιδραστήρες. Μηχανικοί και τεχνικοί δημιουργούσαν μια τελείως καινούρια τεχνολογία, μοναδικής σημασίας για τη χώρα τους. Μολονότι είχαν κάποιες έμμεσες γνώσεις για ορισμένες αμερικανικές, βρετανικές και καναδικές πυρηνικές εργασίες, δεν είχαν απ' ό,τι φαίνεται πρόσβαση σε πολλές από τις τεχνικές προτάσεις που είχαν επεξεργαστεί οι αγγλοσάξονες ερευνητές.<sup>44</sup> Βασίστηκαν, λοιπόν, στην περιορισμένη εμπειρία τους με πειραματικούς αντιδραστήρες και στην ίδια την εφευρετικότητά τους. Ενίοτε προτιμούσαν προτάσεις

<sup>44</sup> Το προσωπικό της CEA, όπως δήλωσε στις συνεντεύξεις, δεν απέκτησε πρόσβαση στην τεχνογνωσία που είχαν συσσωρεύσει οι Βρετανοί όταν κατασκευάζονταν οι αντιδραστήρες αερίου-γραφίτη, παρά μόνο αφού είχαν ήδη προχωρήσει πολύ τα προγράμματα του Μαρκούλ. Σύμφωνα με φήμες, κάποια επιστημονική και τεχνική γνώση δόθηκε μυστικά στους Γάλλους από τους Βρετανούς. Έστω και αν αυτό είναι αληθές όμως, η γνώση που μεταδόθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1950 ήταν μάλλον μικρή.

επειδή είχαν ακούσει ότι οι Βρετανοί δούλευαν πάνω σε κάτι παρόμοιο. Το σύνθημα, όπως εξηγήσαμε και παραπάνω, ήταν να προτιμούν ιδέες που έμοιαζαν να μπορούν να υλοποιηθούν γρήγορα, χωρίς να είναι πάντοτε οι καλύτερες. Συχνά μάλιστα δεν ήξεραν καν αν θα λειτουργήσει μια διάταξη, προτού κατασκευαστεί και προσαρτηθεί στον αντιδραστήρα. Η αβεβαιότητα που επικρατούσε, λοιπόν, στη δουλειά τους δημιουργούσε μια «ατμόσφαιρα πρωτοπορίας», όπως θα έλεγαν κάποιοι αργότερα. Η ατμόσφαιρα αυτή και ο ενθουσιασμός τούς έκαναν να αντέχουν τις εξήντα ή εβδομήντα ώρες εργασίας την εβδομάδα καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Στις 13 Φεβρουαρίου του 1960 εξερράγη η πρώτη γαλλική ατομική βόμβα, φορτωμένη με πλουτόνιο που είχε παραχθεί στο Μαρκούλ. Τότε, ένας μηχανικός δήλωσε ότι ο ίδιος και οι συνάδελφοί του ήταν τόσο υπερήφανοι για τη χώρα τους και τον δικό τους ρόλο σε αυτό το επίτευγμα που «έκλαιγαν από χαρά».<sup>45</sup>

Ο χαρακτηρισμός του Μαρκούλ ως γαλλικού επιτεύγματος που υλοποιήθηκε από τη γαλλική βιομηχανία με την καθοδήγηση της CEA κατέκλυσε τον επιστημονικό τύπο και τα περιοδικά των μηχανικών.<sup>46</sup> Κάποιες μάλιστα από τις περιγραφές του Μαρκούλ παρέπεμπαν σε σπουδαία γαλλικά επιτεύγματα των μηχανικών του παρελθόντος. Για παράδειγμα, στον πρόλογο μιας ειδικής

<sup>45</sup> Συνέντευξη.

<sup>46</sup> Είναι χαρακτηριστική η συχνότητα με τη οποία δημοσιεύονταν άρθρα που ανέφεραν ότι οι αντιδραστήρες ή οι εγκαταστάσεις ήταν γαλλικοί. Βλ. R. Papault, "Le Centre du Production de Plutonium et d'Énergie Électrique d'Origine Nucléaire de Marcoule (Gard)", *Le Génie Civil* 134 (1 Οκτωβρίου 1957): 389-98· M. de Rouville, "Le Centre de Production de Plutonium de Marcoule: Sa Place dans la Chaîne Industrielle de l'Énergie Nucléaire", *Revue de l'Industrie Nucléaire* 40 (Ιούνιος 1958): 483-89· "Nous Avons Visité pour Vous... le Centre Français de Production de Plutonium à Marcoule", *Énergie Nucléaire* 1/3 (Ιούλιος/Σεπτέμβριος 1957): 141-44· και πολλά άλλα.



περιοδικής έκδοσης που ήταν αφιερωμένη αποκλειστικά στον G2 και τον G3, ο ανώτατος επίτροπος της CEA Francis Perrin έγραψε: «[Η CEA] έκρινε απαραίτητο να συνδέσει τη γαλλική βιομηχανία με αυτά τα σπουδαία επιτεύγματα, τα οποία ανοίγουν τον δρόμο για να αναπτυχθεί η χρήση της πυρηνικής ενέργειας στη βιομηχανία. Η γαλλική βιομηχανία ανταποκρίθηκε στην πρόκληση αυτή, παρά το γεγονός ότι οι περιορισμοί σε χρόνο και πρώτες ύλες ήταν συχνά πολύ σοβαροί... Το αποτέλεσμα αυτής της συνεργασίας είναι πάνω απ' όλα ορατό στα δύο ογκώδη κτίσματα που δεσπόζουν με τα 50 μέτρα τους στις όχθες του Ρήνου. [Αυτά είναι] ένα σύγχρονο αντίγραφο του αρχαίου τείχους της Οράγγης που βρίσκεται ακριβώς απέναντί τους».<sup>47</sup> Ο δε διευθυντής των εγκαταστάσεων του Μαρκούλ, σε άρθρο του για ένα περιοδικό μεταλλειολόγων μηχανικών, έδωσε στους αναγνώστες του μια ιδέα για την κλίμακα μεγέθους των αντιδραστήρων: «Η Αψίδα του Θριάμβου του Étoile θα χωρούσε εύκολα μέσα στην τεράστια μεταλλική δομή που στεγάζει... τον G2».<sup>48</sup>

Όπως είδαμε παραπάνω, το πλουτώνιο που θα παραγόταν στο Μαρκούλ προοριζόταν για χρήση σε βόμβα. Ωστόσο, μέχρι τον Απρίλιο του 1958, όταν ο Gaillard υπέγραψε το διάταγμα για τη βόμβα, το γεγονός αυτό παρέμενε κρυφό από όσους δεν εμπλέκονταν άμεσα στο πρόγραμμα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο G2 όχι μόνο διαμόρφωσε την πυρηνική στρατιωτική πολιτική της Γαλλίας, αλλά και αποτύπωσε την ασάφεια αυτής της πολιτικής. Το πλουτώνιο που παραγόταν μέσα στον G2 υποτίθεται ότι προοριζόταν για μελλοντικά πειράματα και αντιδραστήρες. Ο ίδιος ο G2 μπορούσε τελείως νόμιμα να παρουσιαστεί ως πρωτότυπο αντιδραστήρα για την παραγωγή ενέργειας – διαφορετικά, για ποιον άλλο λόγο θα είχε εμπλακεί η EDF στον σχεδιασμό; Το γεγονός ότι ο G2 παρήγαγε πράγματι μια ελάχιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας (25 μεγαβάτ σε μια καλή μέρα)

<sup>47</sup> F. Perrin, "Avant-Propos", *BIST*.

<sup>48</sup> de Rouville, 486.

έδινε τη δυνατότητα στους μηχανικούς και τα διευθύνοντα στελέχη να αναφέρονται σε αυτόν ως ένα επιτυχημένο πρωτότυπο, αντάξιο των τρομερών επενδύσεων στο πυρηνικό πρόγραμμα. Ένα άρθρο που δημοσιεύθηκε το 1957 σε γαλλικό περιοδικό πολιτικών μηχανικών ανέφερε:

Το πρώτο στάδιο του σχεδίου απαιτούσε την κατασκευή δύο πυρηνικών αντιδραστήρων (G1 και G2). Αυτοί υποτίθεται ότι το μόνο που θα έκαναν θα ήταν να παράγουν πλουτώνιο που θα χρησιμοποιόταν ως καύσιμο στους δευτερεύοντες αντιδραστήρες του μέλλοντος... Κατά τη διάρκεια της μελέτης, όμως, αρχίσαμε να οραματιζόμαστε ότι θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τη θερμότητα που απελευθερώνεται από αυτούς τους δύο αντιδραστήρες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Προς το παρόν, προβλέπεται ότι η συνολική επένδυση θα φτάσει τα 60 δισεκατομμύρια φράγκα. Η προσπάθεια γι' αυτή τη χρηματοδότηση δικαιολογείται από το γεγονός ότι κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη σε βιομηχανική κλίμακα της παραγωγής ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια. Η ανάγκη αυτή προκύπτει λόγω της έλλειψης ευρωπαϊκών πόρων σε ορυκτά καύσιμα. Ο ρόλος του Μαρκούλ είναι ουσιαστικά να καταστήσει δυνατή αυτή την ανάπτυξη, να εκπαιδεύσει ομάδες χειριστών σε διάφορα επίπεδα και να προωθήσει την τεχνική και βιομηχανική πρόοδο στο πεδίο αυτό.

Κατά συνέπεια, οι επενδύσεις δεν θα πρέπει να αξιολογούνται με βάση την ποσότητα ενέργειας που θα παράγουν οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις, αλλά με βάση το πώς θα ενισχύσουν τη δυνατότητα ανάπτυξης. Στην πραγματικότητα, το ποσό αυτών των επενδύσεων αντιστοιχεί σχεδόν ακριβώς στην αύξηση των ενεργειακών μας αναγκών.<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Parault, 389 και 398. Ο υπολογισμός της αξίας ενός μεγάλου τεχνολογικού προγράμματος με βάση τη γενική του σημασία για τη χώρα και όχι με βάση την άμεση οικονομική απόδοση της επένδυσης ήταν ένα επιχείρημα με μακρά παράδοση στους κόλπους των γάλλων μηχανικών που υπηρετούσαν στο δημόσιο. Βλ., π.χ., Smith (ό.π. σμ. 7), 683.



Στα περιοδικά των γάλλων μηχανικών γράφτηκαν αρκετά τέτοιου είδους άρθρα. Καθώς φαίνεται, το προσωπικό της CEA ένιωσε την ανάγκη να δικαιολογήσει το προνομιακό καθεστώς χρηματοδότησής του στους συναδέλφους μηχανικούς. Με τον τρόπο αυτόν, οι αντιδραστήρες του Μαρκούλ λειτουργούσαν ως τέλειο όργανο της γαλλικής πυρηνικής πολιτικής. Είχαν ανοίξει το δρόμο για την κατασκευή της γαλλικής βόμβας, αλλά, μέχρι αυτό να γίνει γνωστό σε όλους, μπορούσαν να δικαιολογούνται εύκολα, με αναφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Εξετάζοντας εν συντομία τις πρώτες υπουργικές συζητήσεις για τη γαλλική βόμβα, μπορούμε να δούμε ένα εντυπωσιακό παράδειγμα του ρόλου που έπαιξε στη γαλλική πυρηνική πολιτική η ασάφεια των σχεδιασμών του Μαρκούλ. Οι συζητήσεις αυτές έγιναν στα τέλη του 1954, σε μια σειρά συσκέψεων, στις οποίες προήδρευε ο τότε επικεφαλής της κυβέρνησης Pierre Mendès-France. Στις συσκέψεις αυτές παρευρίσκονταν, μεταξύ άλλων, ο Guillaumat και ο Perrin της CEA, καθώς επίσης και ο υπουργός Οικονομικών, ο υπουργός Εθνικής Άμυνας, ο γενικός γραμματέας Έρευνας και διάφορα άλλα μέλη του υπουργικού συμβουλίου. Ο Guillaumat, ο υπουργός εθνικής άμυνας και ορισμένοι άλλοι από εκείνους που ήταν υπέρ της κατασκευής γαλλικής βόμβας προσπάθησαν να πείσουν τον Mendès-France να πάρει μια επίσημη απόφαση προς αυτή την κατεύθυνση. Υποστήριξαν, μεταξύ άλλων, ότι ένα τέτοιο εγχείρημα θα είχε επωφελείς συνέπειες στον πολιτικό τομέα.<sup>50</sup> Όπως ανέφερε αργότερα ο Mendès-France:

Θυμάμαι ότι είχα ρωτήσει να μάθω ποιο κομμάτι της υπό εξέλιξη έρευνας ήταν οικονομικού ενδιαφέροντος και ποιο ήταν αποκλειστικά στρατιωτικού ενδιαφέροντος. Αποτραβήχτηκαν σε μια γωνιά

<sup>50</sup> Aline Coutrot, “La Politique Atomique sous le Gouvernement de Mendès France”, στο *Pierre Mendès France et le Mendèsisme*, επιμ. F. Bédarida και J.-P. Rioux (Παρίσι, 1985), 309-16. Βλ., επίσης, Simmonot (ό.π. σημ. 12) και Scheinman (ό.π. σημ. 10).

του γραφείου μου για να συζητήσουν το ζήτημα χαμηλόφωνα και λίγο αργότερα επέστρεψαν λέγοντάς μου: «Για τρία ακόμη χρόνια δεν θα είμαστε σε θέση να διαχωρίσουμε το στρατιωτικό από το πολιτικό. Μόνο μετά από τρία χρόνια θα φτάσουμε σε ένα σημείο διακλάδωσης, όπου θα μπορούμε να πούμε: αυτό είναι καθαρά στρατιωτικό και αυτό έχει ένα καθαρά οικονομικό ενδιαφέρον». Υπ’ αυτές τις συνθήκες δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα, είπα: πρέπει να συνεχίσουμε την έρευνα... Δεν υπήρχε καμιά περίπτωση να στερήσουμε από τη γαλλική οικονομία τις θετικές πλευρές ενός τέτοιου ερευνητικού έργου.<sup>51</sup>

Ο Mendès-France, ο οποίος μέχρι εκείνη τη στιγμή ήταν ένας από τους πιο αποφασιστικούς και ισχυρούς ηγέτες της Τέταρτης Δημοκρατίας,<sup>52</sup> επέλεξε έτσι να μην πάρει καμία απόφαση. Η κυβέρνησή του διήρκεσε δύο ακόμη μήνες και, ως εκ τούτου, ο ίδιος δεν έφτασε ποτέ στο κρίσιμο αυτό «σημείο διακλάδωσης».

Οι επόμενες κυβερνήσεις γοητεύτηκαν από το ενδεχόμενο να πάρουν μια οριστική απόφαση. Όμως, όλες όσες προηγήθηκαν της κυβέρνησης Gaillard το απέφυγαν.<sup>53</sup> Κατά συνέπεια, η ασάφεια του σχεδίου του Μαρκούλ εξυπηρέτησε τον Guillaumat και όσους ήταν υπέρ της γαλλικής βόμβας. Ανάλογα με το πολιτικό κλίμα, μπορούσαν να εμφανίζουν τους αντιδραστήρες του Μαρκούλ, οι οποίοι βρίσκονταν στο επίκεντρο του προγράμματος της CEA, ως καθαρά πολιτικούς, καθαρά στρατιωτικούς, ή κάτι ενδιάμεσο. Στο μεταξύ, οι μηχανικοί του Guillaumat είχαν εγγράψει τις στρατιωτικές επιδιώξεις τους στους αντιδραστήρες, δίνοντας τη δυνατότητα στη Γαλλία να πορευτεί διακριτικά προς τη βόμβα.

<sup>51</sup> Το απόσπασμα παρατίθεται στο Simmonot, 228-29.

<sup>52</sup> Βλ. Larkin (ό.π. σημ. 3) και Jean-Pierre Rioux, *La France de la Quatrième République*, τόμ. 2, *L'Expansion et l'Impuissance, 1952-1958* (Παρίσι, 1983)· επίσης Bédarida και Rioux, επιμ., ό.π.

<sup>53</sup> Ιδίως οι κυβερνήσεις των Edgar Faure και Guy Mollet. Βλ. Simmonot (ό.π. σημ. 12)· Scheinman (ό.π. σημ. 10) και Patrice Buffotot,



*Κατασκευάζοντας έναν αντιδραστήρα: το στυλ της EDF*

Στις αρχές του 1955, λίγο μετά την εκκίνηση του προγράμματος του G2, κάποιοι από τους κορυφαίους μηχανικούς της EDF και της CEA σχεδίασαν ένα μακροπρόθεσμο πρόγραμμα για την κατασκευή ενός αντιδραστήρα αερίου-γραφίτη. Το πρώτο βήμα για την υλοποίηση αυτού του προγράμματος ήταν ο EDF1, ένας αντιδραστήρας ηλεκτρικής παραγωγής 60 μεγαβάτ. Θα ακολουθούσε μια σειρά από ολοένα και πιο ισχυρούς αντιδραστήρες, για τους οποίους υπολογιζόταν ότι μέχρι το 1965 θα παρήγαγαν συνολικά 800 μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μηχανικοί υπέβαλαν το σχέδιό τους στην επιτροπή PEON,<sup>54</sup> η οποία είχε μόλις συσταθεί για να συμβουλευεί την κυβέρνηση σε θέματα ανάπτυξης πυρηνικής ενέργειας. Ανάμεσα στα μέλη της PEON συγκαταλέγονταν υψηλόβαθμοι μηχανικοί και διευθύνοντα στελέχη τόσο από την EDF όσο και από την CEA. Πολύ φυσιολογικά, λοιπόν, η επιτροπή ενέκρινε το σχέδιο.<sup>55</sup> Τον Ιούλιο του 1955, οι μηχανικοί ξεκίνησαν να σχεδιάζουν τον EDF1.

Παρά το γεγονός ότι οι αντιδραστήρες του Μαρκούλ δεν παρήγαγαν ενέργεια με τον τρόπο που θα ήθελε η EDF, οι προσπάθειες της CEA στον τομέα αυτόν ωφέλησαν τελικά την ηλεκτρική επιχείρηση κοινής ωφέλειας τόσο τεχνολογικά όσο και πολιτικά. Η ίδια είχε, άλλωστε, την ευκαιρία να πειραματιστεί λίγο με την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας. Πόσο μάλλον αφού

“Guy Mollet et la Défense: Du Socialisme Patriotique au Socialisme Atlantique”, στο *Guy Mollet, un Camarade en République*, επιμ. Bernard Ménager κ.ά. (Λιλ, 1987), 499-514.

<sup>54</sup> Το πλήρες όνομα αυτής της επιτροπής, η οποία δημιουργήθηκε τον Απρίλιο του 1955, ήταν *Commission Consultative pour la Production d'Électricité d'Origine Nucléaire* (Συμβουλευτική Επιτροπή για την Παραγωγή Ηλεκτρισμού Πυρηνικής Προέλευσης).

<sup>55</sup> Στα πρώτα μέλη της συμπεριλαμβάνονταν οι Guillaumat, Perrin και Taranger από την CEA, και οι R. Gaspard, Ailleret και R. Guiguet από την EDF.

δεν είχε τον χρόνο, τα χρήματα και την εμπειρία για να εγκαινιάσει ένα ανεξάρτητο πυρηνικό πρόγραμμα. Από πολιτική σκοπιά, η συμμετοχή της EDF στα προγράμματα του Μαρκούλ είχε ενισχύσει τους ισχυρισμούς της CEA για το ότι οι αντιδραστήρες του Μαρκούλ ήταν πρωτότυπα αντιδραστήρων ενέργειας. Αντιστρόφως, η επιτυχία του Μαρκούλ ισχυροποιούσε την EDF στην επιχειρηματολογία της υπέρ της χρηματοδότησης των δικών της αντιδραστήρων ενέργειας. Ήταν προφανές ότι οι δυο οργανισμοί συνεργάζονταν σε μεγάλο βαθμό επειδή είχαν ανάγκη ο ένας τον άλλον.

Κατά την επεξεργασία των παραμέτρων αυτής της συνεργασίας, όμως, καθένας από τους δύο οργανισμούς ανυπομονούσε επίσης να εδραιώσει τον δικό του ρόλο στη χάραξη του μέλλοντος όχι μόνο του πυρηνικού προγράμματος, αλλά και της βιομηχανικής ανάπτυξης της Γαλλίας. Στη θεωρία, οι όροι της συνεργασίας ήταν σαφείς. Οι ομάδες της CEA θα σχεδίαζαν τα «πυρηνικά» μέρη του αντιδραστήρα και οι ομάδες της EDF θα ηγούνταν του προγράμματος, λαμβάνοντας επομένως τις περισσότερες τελικές αποφάσεις. Στην πράξη, ωστόσο, υπήρξε μεγάλη ένταση ανάμεσα στους μηχανικούς των δύο οργανισμών για το πρόγραμμα του EDF1. Η ένταση αυτή επικεντρώθηκε σε δύο ζητήματα: στον ρόλο της ιδιωτικής βιομηχανίας στο πρόγραμμα, και στο ακριβές σχέδιο του αντιδραστήρα. Αιτία των διαμαχών δεν ήταν η άρνηση της CEA να κατασκευάσει έναν αντιδραστήρα που θα παρήγε ηλεκτρική ενέργεια –μέρος της αποστολής της, άλλωστε, ήταν η ανάπτυξη πυρηνικής τεχνολογίας σε οποιαδήποτε μορφή–, αλλά το ότι οι μηχανικοί της CEA ήθελαν να κατασκευάσουν τους αντιδραστήρες με τον δικό τους τρόπο. Επιπλέον, ήθελαν να συντηρήσουν τη διπλή φύση του σχεδίου αερίου-γραφίτη, έχοντας κατά νου ότι ίσως τελικά να μπορούσαν να αποσπασουν κάποια ποσότητα πλουτωνίου από τους αντιδραστήρες της EDF, όπως ακριβώς η EDF είχε πά-



ρει μια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας από το Μαρκούλ. Οι μηχανικοί του κάθε οργανισμού θεωρούσαν ότι το κλειδί για τον σχεδιασμό του EDF1 ήταν η προσωπική τους ειδίκευση. Οι μηχανικοί της CEA υποστήριζαν ότι είχαν το προβάδισμα λόγω της εξοικειώσής τους με την πυρηνική τεχνολογία. Από την άλλη πλευρά, οι μηχανικοί της EDF ισχυρίζονταν ότι η εμπειρία τους με τα συμβατικά εργοστάσια ενέργειας έδινε σε αυτούς το πάνω χέρι.

Το πρόγραμμα του EDF1 δεν ήταν τελικά το μόνο ζήτημα που προκαλούσε ερωτηματικά. Αβέβαιο ήταν ακόμη το ότι το πυρηνικό πρόγραμμα θα εξασφάλιζε μακροπρόθεσμη υποστήριξη. Μέχρι το 1958, δεν ήταν καν σαφές τι ακριβώς ήταν εκείνο που θα εξασφάλιζε υποστήριξη: ένα στρατιωτικό πρόγραμμα, ένα πολιτικό πρόγραμμα ή και τα δύο – και σε ποιον βαθμό; Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα εκτιμούσαν ότι το σύνολο εργασιακών μεθόδων και εμπειρίας που καθόριζαν τη διαμόρφωση του EDF1 θα επικρατούσαν αναμφίβολα στα μελλοντικά προγράμματα αντιδραστήρων, ή τουλάχιστον θα τα επηρέαζαν. Επομένως, θεωρούσαν ότι συμμετείχαν στη σύλληψη όχι μόνο ενός, αλλά μιας ολόκληρης σειράς γαλλικών πυρηνικών αντιδραστήρων.<sup>56</sup> Στη δεκαετία του 1960, όταν σταθεροποιήθηκε το πρόγραμμα για την πυρηνική βόμβα και η EDF είχε εδραιώσει εμφανώς την κυριαρχία της στην παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, οι εντάσεις ανάμεσα στους δύο φορείς ελαττώθηκαν σημαντικά.<sup>57</sup> Από τα μέσα έως τα τέλη της δεκαετίας του 1950,

<sup>56</sup> Η ένταση ήταν τόσο μεγάλη ώστε ο Ailleret επέμενε να ονομαστεί ο αντιδραστήρας EDF1, αντί για G4 – ή, όπως έγινε αργότερα γνωστό, όταν η EDF εδραιώσε τη θέση της στο πυρηνικό πρόγραμμα, Chinon A1 (πληροφορία η οποία βασίζεται σε συνέντευξη).

<sup>57</sup> Ο Frost (ό.π. σημ. 9) δείχνει ότι, στη δεκαετία του 1960, εμφανίστηκαν εντάσεις όχι τόσο ανάμεσα στους δύο οργανισμούς, αλλά κυρίως στο εσωτερικό της EDF. Στις εντάσεις αυτές εμπλέκονταν μηχανικοί που έπαιρναν μέρος στον τεχνικό σχεδιασμό εργοστασίων ενέργειας και οικονομικοί ειδήμονες, οι οποίοι είχαν ως μέλημά

όμως, καθένας από τους δύο οργανισμούς έδινε μάχη για το μέλλον του και για το μέλλον της Γαλλίας.

Το πρόγραμμα του EDF1 δεν εξετάζεται για να ανακαλύψουμε ποιος κέρδισε αυτή τη σειρά των διαμαχών. Σχεδόν πάντα η EDF ήταν εκείνη που κέρδιζε, επειδή τα πρωτόκολλα της συνεργασίας έδιναν στην ίδια τη δικαιοδοσία να αποφασίζει τελικά για τους δικούς της αντιδραστήρες. Αυτό που έχει σημασία είναι να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο οι μηχανικοί της EDF ενέγραψαν στο πρόγραμμα του EDF1 τις πολιτικές, οικονομικές και τεχνολογικές τους επιδιώξεις, μετατρέποντας τον EDF1 σε όργανο προώθησης της δικής τους πολιτικής. Οι διαμάχες, επομένως, μας παρέχουν μια πρόσθετη απόδειξη για το ότι κάθε οργανισμός έκανε πράγματι κάτι περισσότερο από το να σχεδιάζει απλώς έναν αντιδραστήρα. Καθένας προσπαθούσε να επιβάλει έναν συγκεκριμένο τρόπο δημιουργίας τεχνολογίας και μια συγκεκριμένη πορεία που θα έπρεπε να ακολουθήσει η πυρηνική ανάπτυξη της Γαλλίας.

Οι εντάσεις ανάμεσα στους δύο οργανισμούς έγιναν για πρώτη φορά φανερές στην οργάνωση του προγράμματος. Όπως συνέβη και στην περίπτωση του G2, ο Guillaumat και ο Taranger ήθελαν ο συντονισμός του σχεδιασμού και της κατασκευής του EDF1 να γίνει από την ιδιωτική βιομηχανία. Η πυρηνική ομάδα της EDF, όμως, πίστευε ότι τον ρόλο του συντονιστή του προγράμματος θα έπρεπε να έχει η ίδια, ρόλο αντίστοιχο με εκείνον που είχε η SACM στον G2.<sup>58</sup> Τα μέλη της ομάδας ενστερνίζονταν το αντικαπιταλιστικό αίσθημα το οποίο αρχικώς είχε οδη-

τους τον μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο οικονομικό σχεδιασμό.

<sup>58</sup> Ο επίσημος όρος για τον συγκεκριμένο ρόλο ήταν «βιομηχανικός αρχιτέκτονας». Ο βιομηχανικός αρχιτέκτονας συντόνιζε το συνολικό πρόγραμμα, ταιριάζοντας τα διάφορα τμήματα του αντιδραστήρα σε ένα σύνολο και παρακολουθώντας τα συμβόλαια που είχαν υπογραφεί με τις διάφορες εταιρείες.



γήσει στην κρατικοποίηση της ηλεκτρικής επιχείρησης κοινής ωφέλειας. Με την κατασκευή του EDF1, θα παρείχαν δημόσια υπηρεσία. Ο καλύτερος τρόπος για να το κάνουν αυτό ήταν να ελαχιστοποιήσουν το κόστος και να βελτιστοποιήσουν την απόδοση του αντιδραστήρα.<sup>59</sup> Ο Ailleret, ο οποίος στο μεταξύ είχε ανέλθει στη θέση του διευθύνοντος συμβούλου της επιχείρησης κοινής ωφέλειας, ισχυρίστηκε ότι οι μελέτες βελτιστοποίησης θα έπρεπε να διεξαχθούν από την EDF και όχι από την ιδιωτική βιομηχανία. Σύμφωνα με τον ίδιο, αυτό θα έπρεπε να γίνει «για να είμαστε βέβαιοι ότι δεν θα επηρεαστούμε από την τάση των βιομηχάνων να αναπτύσσουν συγκεκριμένους τύπους υλικών έναντι άλλων».<sup>60</sup> Ένας άλλος επικεφαλής της ομάδας σχολίασε υποτιμητικά: «Ο Guillaumat και ο Taranger [ήταν] άνθρωποι του πετρελαίου, που το μόνο τους όνειρο ήταν η ιδιωτική βιομηχανία».<sup>61</sup> Επιπλέον, φαινόταν σωστό να γίνει από την EDF τόσο ο συντονισμός του συνολικού σχεδιασμού όσο και η κατασκευή. Σύμφωνα με τους μηχανικούς της επιχείρησης, ο καλύτερος τρόπος για να κρατηθεί το κόστος χαμηλά ήταν να διαιρέσουν τον αντιδραστήρα σε τμήματα και να δεχθούν προσφορές για κάθε τμήμα. Με τον τρόπο αυτόν, η EDF θα μπορούσε να ελέγχει αφενός τη γνώση που ήταν απαραίτητη για την κατασκευή του αντιδραστήρα και αφετέρου το κόστος του προγράμματος. Το κυριότερο δε από όλα ήταν ότι η διαδικασία αυτή ήταν «πολιτικώς ορθή». Όπως ειρωνικά ανέφερε ένα υψηλόβαθμο διευθύνον στέλεχος της EDF, «η αποδεδειγμένα αδιάφθορη EDF, η

<sup>59</sup> “Étude Préliminaire d’Une Installation de Récupération sur EDF1”, 1956, προσωπικά έγγραφα του Claude Bienvenu.

<sup>60</sup> Δήλωση του Ailleret στο Οικονομικό και Κοινωνικό Συμβούλιο, 27 Ιουνίου 1963, προσωπικά έγγραφα του Claude Bienvenu. Η θέση του Ailleret ονομαζόταν directeur général adjoint (βοηθός γενικός διευθυντής).

<sup>61</sup> Claude Bienvenu, το απόσπασμα παρατίθεται στους Picard, Beltran και Bungener (ό.π. σμ. 9), 191.

οποία ήταν μια εταιρεία κρατικοποιημένη, θα εξασφάλιζε την τεχνογνωσία, αφήνοντας στους κατασκευαστές, δηλαδή στις καπιταλιστικές εταιρείες, τον άχαρο ρόλο του προμηθευτή».<sup>62</sup>

Αγνοώντας τις ενστάσεις του Guillaumat και του Taranger, η ομάδα της EDF αποφάσισε να προχωρήσει κατ’ αυτόν τον τρόπο.<sup>63</sup> Το πρώτο της βήμα ήταν να προετοιμάσει ένα προκαταρκτικό πρόγραμμα σχεδιασμού. Ο Jean-Pierre Roux, επικεφαλής της ομάδας σχεδιασμού της EDF, είχε ζητήσει από τη CEA να κάνει το ίδιο πράγμα τον Ιούλιο του 1955. Οι μηχανικοί της EDF βρήκαν την πρόταση απαράδεκτη, επειδή βασιζόταν υπερβολικά στον σχεδιασμό του G2. Η δική τους πρόθεση ήταν να παράγουν ηλεκτρισμό με τον «βέλτιστο» τρόπο, κάτι το οποίο δεν έκανε ο G2.<sup>64</sup>

Η ομάδα της EDF επεχείρησε να αλλάξει σχεδόν τα πάντα στην προκαταρκτική πρόταση της CEA.<sup>65</sup> Στόχος της ήταν η βελτιστοποίηση του αντιδραστήρα για την παραγωγή ηλεκτρικής

<sup>62</sup> Jean Cabanius, το απόσπασμα παρατίθεται στους Picard, Beltran και Bungener (ό.π. σμ. 9), 191. Η Direction de l’Équipement της EDF, ο τομέας, δηλαδή, που είχε αναλάβει την κατασκευή των αντιδραστήρων, είχε ήδη υιοθετήσει αυτή τη μέθοδο εργασίας κατά τη διάρκεια κατασκευής των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

<sup>63</sup> Συνεντεύξεις. Ο Taranger είχε στην ουσία ασκήσει πολύ έντονες πιέσεις ώστε τον ρόλο του βιομηχανικού αρχιτέκτονα να τον αναλάβει η ιδιωτική βιομηχανία, και εξοργίστηκε όταν οι μηχανικοί της EDF απέρριψαν αυτό το ενδεχόμενο. Η εχθρότητα που δημιουργήθηκε στη συνεδρίαση αυτή συνέβαλε πολύ στο να οξυνθεί η ένταση ανάμεσα στους δύο οργανισμούς.

<sup>64</sup> Lamiral (ό.π. σμ. 15), 280. “Memo RETN 1”, 25 Ιουλίου 1957, προσωπικά έγγραφα του Claude Bienvenu.

<sup>65</sup> Προκειμένου να επισπεύσει την ανάπτυξη του σχεδίου του EDF1, ο Ailleret συνέστησε μια πυρηνική επιτροπή (Comité Nucléaire) μέσα στην EDF. Η επιτροπή αυτή συνεδρίαζε περίπου μία φορά τον μήνα, για να συζητήσει τεχνολογικά προβλήματα που συνδέονταν με το σχέδιο του αντιδραστήρα, καθώς επίσης και τη συνολική πυρηνική πολιτική της EDF. Στη διάρκεια ακριβώς αυτών των συνεδριάσεων οι



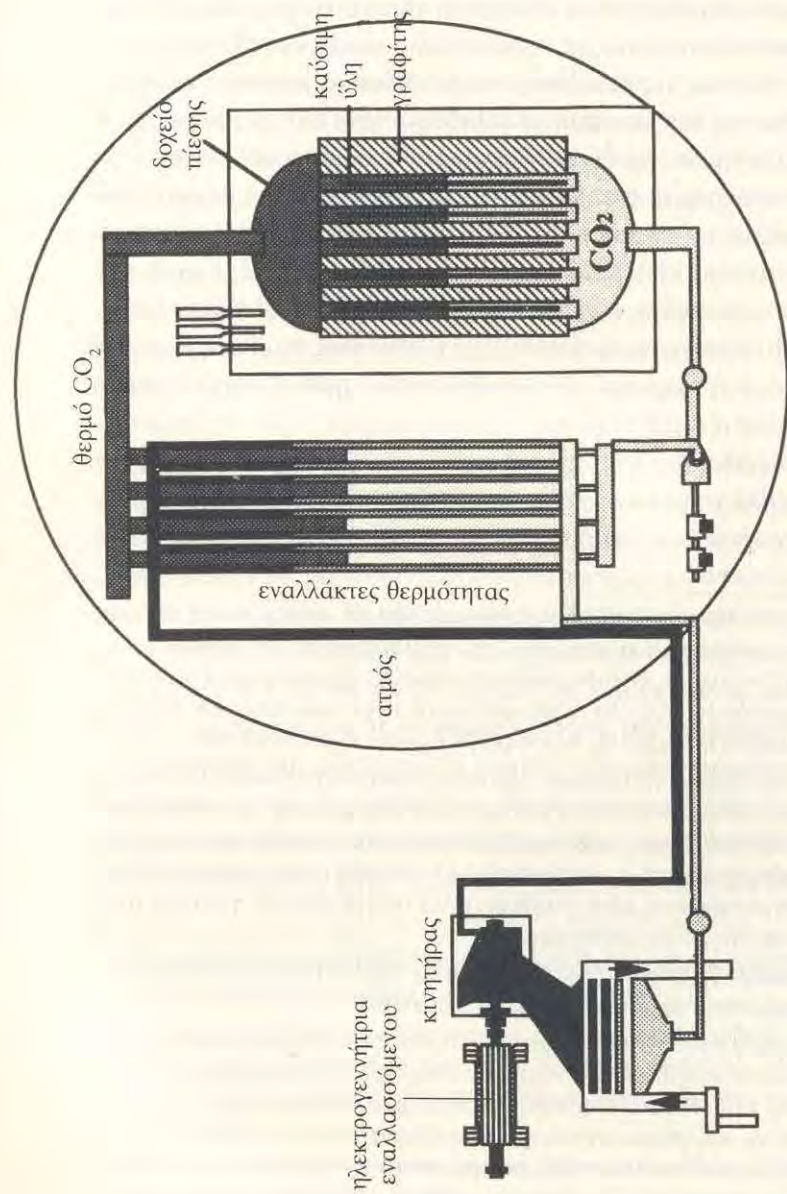
ενέργειας. Επεδίωξε, λοιπόν, να ελέγξει τον καθορισμό όλων σχεδόν των τμημάτων του αντιδραστήρα, όπως της στήλης ουρανίου-γραφίτη και των μηχανισμών φόρτωσης και εκφόρτωσης του καυσίμου, καθώς επίσης και τον καθορισμό όλων των παραμέτρων, όπως η πίεση του ψυκτικού αερίου του CO<sub>2</sub> και η λειτουργική ισχύς του αντιδραστήρα.<sup>66</sup>

Το ολοκληρωμένο σχέδιο του EDF1, το οποίο απεικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 2, έδειχνε αρκετά διαφορετικό από το σχέδιο του G2. Η πιο αξιοσημείωτη και ενδεχομένως η πιο συμβολική αλλαγή ήταν ότι οι εναλλάκτες θερμότητας βρισκόνταν ακριβώς δίπλα από το δοχείο πίεσης που περιέβαλλε τον πυρήνα του αντιδραστήρα, χωρίς έτσι να χρειάζονται αρκετά μέτρα από σωλήνες που θα επέφεραν απώλεια ενέργειας. Επιπλέον, τοποθετήθηκαν μέσα στο κτήριο του αντιδραστήρα (το οποίο, σε αντίθεση με το κτήριο του G2, ήταν σφαιρικό), αντί για έξω. Παρ' όλα αυτά, ο EDF1 λειτουργούσε και αυτός με φυσικό ουράνιο, το οποίο ήταν κλεισμένο σε βλήματα καυσίμου, όμοια με εκείνα του G2. Επίσης, επιβραδυνόταν με γραφίτη και ψυχόταν με CO<sub>2</sub>, όπως ο G2. Σχεδόν όλα τα υπόλοιπα, όμως, είχαν τροποποιηθεί.

Η ομάδα της EDF επέμενε να αλλάξει την πίεση λειτουργίας του αντιδραστήρα και το δοχείο πίεσης που περιέβαλλε τον πυρήνα. Η ομάδα της CEA είχε προτείνει ένα δοχείο προεντεταμένου σκυροδέματος, όπως εκείνο του Μαρκούλ. Το επιχείρημά της ήταν ότι το προεντεταμένο σκυρόδεμα ήταν ένα δοκιμασμένο προϊόν, μάλιστα ενός τομέα στον οποίο η Γαλλία είχε αναδειχθεί, αφήνοντας πίσω τις άλλες χώρες. Οι αξιωματούχοι της CEA θεώρησαν υποχρέωσή τους να υποστηρίξουν τη γαλλική βιομη-

μηχανικοί της EDF συμφώνησαν για τα βασικά χαρακτηριστικά του EDF1.

<sup>66</sup> “Étude des Réacteurs Énergétiques EDF, Projet d'Organisation dans le Cas d'un Réacteur du Type Uranium Naturel-Graphite-CO<sub>2</sub>”, 8 Μαρτίου 1957, προσωπικά έγγραφα του Claude Bienvenu.



Εικόνα 2. Ο αντιδραστήρας EDF1 στο Chinon. Σχηματικό διάγραμμα βασισμένο στο Rapport de sûreté Chinon A1 της EDF (1980). Το σχέδιο δεν ακολουθεί την αυθεντική κλίμακα.



χανία ώστε να ενισχύσει τα πεδία υπεροχής της.<sup>67</sup> Η EDF, όμως, έκρινε ότι το δοχείο αυτό ήταν πολύ ακριβό. Το προεντεταμένο σκυρόδεμα δεν θα μπορούσε να αντέξει στις θερμοκρασίες στις οποίες η EDF σχεδίαζε να λειτουργήσει τον αντιδραστήρα, με αποτέλεσμα να χρειαστεί ένα ειδικό κύκλωμα ψύξης. Αυτό θα αύξανε το συνολικό κόστος λειτουργίας και θα μείωνε την απόδοση του αντιδραστήρα. Οι φυσήκτες που χρειαζόνταν για να κυκλοφορήσουν το CO<sub>2</sub> μέσα από το ειδικό κύκλωμα θα κατανάλωναν το 10 τοις εκατό της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραγόταν από τον αντιδραστήρα.<sup>68</sup> Αντί γι' αυτό, οι μηχανικοί της EDF επέλεξαν ένα δοχείο το οποίο ήταν κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου από χάλυβα. Το δοχείο αυτό ήταν κυλινδρικό, έχοντας ως κάλυμμα ένα χαλύβδινο ημισφαίριο στο κάθε του άκρο.<sup>69</sup> Ένα δοχείο από χάλυβα θα μπορούσε να αντέξει υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις. Επιπλέον, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Μεγάλη Βρετανία είχαν κατασκευάσει χαλύβδινα δοχεία για τους αντιδραστήρες τους, γεγονός το οποίο γέμιζε με αυτοπεποίθηση τους μηχανικούς της EDF για το ότι θα μπορούσαν και οι ίδιοι να κατασκευάσουν ένα λειτουργικό δοχείο από χάλυβα για τον αντιδραστήρα τους. Αυτό που τους ενδιέφερε περισσότερο ήταν να χρησιμοποιήσουν τις πιο φθηνές και αξιόπιστες τεχνικές παρά να προωθήσουν κάποια τεχνολογία μόνο

<sup>67</sup> Στα πρακτικά της συνεδρίασης EDF και CEA της 16ης Μαρτίου 1955 διαβάζουμε: «Ο κ. Guillaumat θεωρεί ότι είναι βασικό να υπάρχει μια τεχνολογία γνήσια γαλλική. Όμως, ο κ. Gaspard [πρόεδρος της EDF] δεν επιθυμεί να παίζει τόσο πολύ τον ρόλο του χρηματοδότη». Το απόσπασμα παρατίθεται στον Lamiral (ό.π. σημ. 15), 29.

<sup>68</sup> Συνεντεύξεις: Lamiral, 280.

<sup>69</sup> Πριν καταλήξουν σε αυτή τη λύση, είχαν οκεφτεί διάφορες άλλες δυνατότητες, όπως τον συνδυασμό χάλυβα και προεντεταμένου σκυροδέματος. Συνεντεύξεις.

και μόνο επειδή υπήρχε αποκλειστικά στη Γαλλία ή ήταν χαρακτηριστική της χώρας.<sup>70</sup>

Οι μηχανικοί της EDF είχαν αποφασίσει από νωρίς ότι ο EDF1 έπρεπε να λειτουργεί σε υψηλότερη πίεση από τον G2, με είκοσι πέντε ράβδους αντί για δεκαπέντε. Οι αντιδραστήρες χαμηλότερης πίεσης κατασκευάζονταν πιο εύκολα και πιο γρήγορα. Η ταχύτητα είχε αποτελέσει για τους μηχανικούς της CEA τον σημαντικότερο παράγοντα κατασκευής του G2. Χαμηλότερη λειτουργική πίεση, όμως, σήμαινε ότι θα χρειαζόταν υψηλότερη ροή CO<sub>2</sub> για την εξαγωγή της θερμότητας. Αυτό θα απαιτούσε ισχυρότερους φυσήκτες, μειώνοντας τελικά την απόδοση του αντιδραστήρα.<sup>71</sup> Οι μηχανικοί της EDF είχαν επίσης αποφασίσει από την αρχή του προγράμματος ότι η φόρτωση και εκφόρτωση του καυσίμου θα γινόταν όσο ο αντιδραστήρας ήταν σταματημένος. Σε αντίθεση με τη CEA, η EDF ήθελε να καούν τα βλήματα πυρηνικού καυσίμου όσο το δυνατόν περισσότερο, για να εξαχθεί η μέγιστη ποσότητα θερμότητας. Ένας μηχανισμός που θα μπορούσε να μετακινεί τα βλήματα μέσα και έξω από τον αντιδραστήρα με γρήγορο ρυθμό τής ήταν παντελώς άχρηστος. Από την άλλη πλευρά, η κατασκευή ενός μηχανισμού φόρτωσης που μπορούσε να λειτουργεί μόνο όσο ο αντιδραστήρας ήταν σταματημένος περιόριζε την ποσότητα πλουτωνίου για όπλα που θα μπορούσε να αξιώσει η CEA από τον EDF1.<sup>72</sup>

<sup>70</sup> Συνεντεύξεις: Jean-Pierre Roux, "La Centrale Nucléaire EDF1 de Chinon", *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France* 110/4 (Ιούλιος-Αύγουστος 1957): 294-309.

<sup>71</sup> "Étude Préliminaire d'Une Installation de Récupération sur EDF1", 1956, και η δήλωση του Ailleret στο Οικονομικό και Κοινωνικό Συμβούλιο, 1963, προσωπικά έγγραφα του Claude Bienvenu.

<sup>72</sup> Η εκκίνηση οποιουδήποτε αντιδραστήρα αερίου-γραφίτη για πρώτη φορά απαιτεί αναπόφευκτα τη μετακίνηση κάποιων βλημάτων πριν εκτεθούν πλήρως σε ακτινοβολία και παραχθεί έτσι αυτό που αποκαλείται «θανατηφόρο πλουτώνιο». Ως εκ τούτου, η CEA ανέκτησε πράγματι μια ποσότητα πλουτωνίου από τα βλήματα που



Αφού η ομάδα της EDF κατέληξε στη συγκεκριμένη μέθοδο φόρτωσης, στη συνέχεια αποφάσισε να προσανατολίσει τους διαύλους που περιέβαλλαν τα βλήματα σε κάθετη διάταξη, αντί της οριζόντιας διάταξης του G2. Με μια κάθετη διάταξη, το CO<sub>2</sub> μπορούσε να αντληθεί από τον πυθμένα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, θα ακολουθούσε τη φυσική μεταγωγή της θερμότητας, φθάνοντας στα θερμότερα μέρη του αντιδραστήρα καθώς θα ανυψωνόταν. Αυτό σήμαινε ότι θα χρειαζόταν μικρότερη δύναμη για την άντληση του CO<sub>2</sub>, κάνοντας το συνολικό σχέδιο περισσότερο ασφαλές σε περίπτωση βλάβης του φυσητήρα. Μια κάθετη στήλη σήμαινε επίσης ότι το δοχείο πίεσης δεν θα ανοιγόκλεινε τόσο συχνά, εξασφαλίζοντας έτσι πιο εύκολα το ερμητικό σφράγισμα του πυρήνα. Σήμαινε, επίσης, ότι ο αντιδραστήρας μπορούσε να φορτώνεται και να εκφορτώνεται από τον πυθμένα. Η φόρτωση από τον πυθμένα απαιτούσε τη χρήση «ενός και μόνο βραχίονα φόρτωσης, ικανού να φτάνει σε όλους τους διαύλους, έτσι ώστε να απαιτείται ένα μόνο άνοιγμα στο περίβλημα, το οποίο όμως προφανώς θα έπρεπε να είναι μεγάλο».<sup>73</sup> Οι μηχανικοί της EDF θεώρησαν ότι αυτό το σύστημα ήταν πολύ πιο απλό και φθηνό από το σχέδιο του G2,<sup>74</sup> το οποίο, όπως είδαμε, είχε ξεχωριστά ανοίγματα στο δοχείο για κάθε δίαυλο, και μια τερά-

χρησιμοποιήθηκαν στον EDF1, αλλά αυτή ήταν ελάχιστη. Η ουσία παραμένει ότι ο EDF1 δεν σχεδιάστηκε για να παράγει πλουτόνιο. Αργότερα, ωστόσο, οι αντιδραστήρες της EDF είχαν μηχανισμούς φόρτωσης που λειτουργούσαν ενόσω ο αντιδραστήρας ήταν σε λειτουργία. Αυτό δεν είχε να κάνει μόνο με την επιβολή της θέλησης της CEA. Οι μηχανικοί της EDF σταδιακά πείσθηκαν ότι ένα τέτοιο σύστημα ωφελούσε και την οικονομία στη λειτουργία ενός εργοστασίου πυρηνικής ενέργειας. Αυτή, όμως, είναι μια ξεχωριστή ιστορία, την οποία πραγματεύομαι σε άλλο κείμενο.

<sup>73</sup> Messrs. Leo, Kaplan και Segard, "Problems of Fuel Loading and Unloading in Reactor EDF1", στο *Geneva Conference, 1958* (Γενεύη, 1958), 582-90.

<sup>74</sup> Συνεντεύξεις.

στια βαριά μηχανή που είχε σχεδιαστεί για να έχει πρόσβαση σε κάθε δίαυλο.

Οι μηχανικοί της EDF, επομένως, υιοθέτησαν ένα σχέδιο το οποίο, κατά τη γνώμη τους, θα εκμεταλλευόταν αποδοτικότερα τόσο τις πρώτες ύλες (βλήματα πυρηνικού καυσίμου) όσο και τις επενδύσεις σε εξοπλισμό. Επιπλέον, θεωρούσαν ότι το σχέδιο αυτό ήταν όσο το δυνατόν απλούστερο ώστε να παρέχει μια καλή βάση για τους αντιδραστήρες του μέλλοντος.<sup>75</sup> Μέσω του ίδιου του σχεδιασμού και της διαδικασίας υπογραφής των συμβολαίων, επιχειρούσαν να ορίσουν εκ νέου τι ακριβώς ήταν ένας αντιδραστήρας, πώς έπρεπε να κατασκευαστεί και για ποιον σκοπό έπρεπε να χρησιμοποιηθεί. Τροποποιώντας την πίεση ή τη θερμοκρασία, οι μηχανικοί της EDF είχαν αλλάξει όχι μόνο την απόδοση, αλλά και τις δυνατότητες του αντιδραστήρα. Ήθελαν να εξασφαλίσουν ότι σε περίπτωση μελλοντικής συνεργασίας με τη CEA, η τελευταία θα έπρεπε να προσαρμοστεί στις νέες αυτές παραμέτρους.

Οι μηχανικοί της EDF ανακάλυψαν ότι η διαδικασία σχεδιασμού ενός αντιδραστήρα ενέργειας ενέπλεκε πολύ τη διαίσθηση και την αβεβαιότητα. Οι ίδιοι, στα μέσα της δεκαετίας του 1950, δεν είχαν μεγαλύτερη πρόσβαση στην ξένη τεχνολογία απ' ό,τι οι συνάδελφοί τους στη CEA. Εκείνη την περίοδο, εξάλ-

<sup>75</sup> Οι συνεντεύξεις έδειξαν με αρκετή σαφήνεια ότι η απλότητα του σχεδίου υπήρξε ο κύριος στόχος για τους μηχανικούς της EDF. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι οι μηχανικοί της EDF, παρά το γεγονός ότι προσπάθησαν να διατηρήσουν το κόστος χαμηλά, δεν κατάφεραν να επιτύχουν αυτόν τον στόχο. Μία από τις αιτίες ήταν ένα απροσδόκητο γεγονός: το σφαιρικό περίβλημα από χάλυβα ράγισε και η επισκευή της ρωγμής επιβάρυνε σημαντικά το πρόγραμμα σε χρόνο και σε χρήμα. Παρ' όλα αυτά, ο EDF1 αποτέλεσε ένα πρώτο βήμα προς την ελαχιστοποίηση του κόστους των αντιδραστήρων. Ο δε γενικότερος στόχος της ελαχιστοποίησης του κόστους διατηρήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος κατασκευής των αντιδραστήρων της EDF.



λου, καμία χώρα δεν είχε θέσει σε λειτουργία αντιδραστήρα για παραγωγή ενέργειας. Κατά συνέπεια, οι μηχανικοί της EDF επέλεξαν τεχνικές λύσεις που πίστευαν ότι θα προωθούσαν τους πολιτικούς, οικονομικούς ή βιομηχανικούς τους στόχους. Συχνά, θεωρούσαν ότι οι δικές τους λύσεις έπρεπε να είναι τελειώς διαφορετικές από εκείνες που είχε υιοθετήσει η CEA. Μέχρι να ξεκινήσουν να σχεδιάζουν τον EDF4, στα μέσα της δεκαετίας του 1960, είχαν αναθεωρήσει πολλές τέτοιες λύσεις, βρίσκοντας τρόπους να τις προσαρμόζουν στους σκοπούς τους, όπως συνέβη με τα δοχεία προεντεταμένου σκυροδέματος και τη συνεχή φόρτωση του καυσίμου. Στα μέσα της δεκαετίας του 1950, όμως, εκείνο που είχε σημασία ήταν ότι όσοι βρίσκονταν μέσα στην επιχείρηση κοινής ωφέλειας και στα σχετικά με αυτήν υπουργεία πίστευαν ότι οι μηχανικοί του EDF1 είχαν σχεδιάσει ένα πρόγραμμα που πληρούσε με τον καλύτερο τρόπο τους στόχους της επιχείρησης.

Η άποψη που είχαν οι μηχανικοί της EDF για το έργο τους αποτυπώνεται στον τρόπο με τον οποίο προωθούσαν τα επιτεύγματά τους στους υπόλοιπους γάλλους μηχανικούς – τόσο εκτός όσο και εντός της EDF, αφού υπήρχαν ορισμένοι στην EDF που δεν πίστευαν ότι τα εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας θα μπορούσαν ποτέ να συναγωνιστούν τα συμβατικά εργοστάσια ενέργειας.<sup>76</sup> Οι εκφράσεις που χρησιμοποιούσαν έμοιαζαν με εκείνες των μηχανικών της CEA. Ισχυρίζονταν ότι οι «δραματικές» ελλείψεις στους ενεργειακούς πόρους δικαιολογούσαν τις τεράστιες «οικονομικές θυσίες» που γίνονταν για το πυρηνικό πρόγραμμα. Οι θυσίες αυτές με τον έναν ή τον άλλον τρόπο θα έπαιναν τόπο σύντομα, αφού η πυρηνική ενέργεια φαινόταν ολοένα και περισσότερο σαν μια «θεόσταλη λύση».<sup>77</sup> Πα-

<sup>76</sup> Βλ. Picard, Beltran και Bungener (ό.π. σημ. 9).

<sup>77</sup> Yvan Teste, “Les Installations de Production d’Énergie de Marcoule et la Centrale Nucléaire de Chinon”, *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France* 110/2 (Μάρτιος-Απρίλιος 1957): 73.

ράλληλα, όμως, οι μηχανικοί της EDF αναζητούσαν τρόπους για να βελτιώσουν την τεχνολογία των αντιδραστήρων με πολύ συγκεκριμένο και άμεσο τρόπο. Κάποιοι μάλιστα προσέβλεπαν στη μέρα που δεν θα ήταν πια υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούν φυσικό ουράνιο, επιλογή στην οποία δεν είχαν παίξει κανένα ρόλο: «Η μειονεκτικότητα των στηλών φυσικού ουρανίου είναι περισσότερο ενεργειακή παρά οικονομική. Αργότερα, όταν προχωρήσουμε σε ένα άλλο είδος αντιδραστήρα, το οποίο θα μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε εμπλουτισμένο καύσιμο, δεν θα μας ενδιαφέρει κατά κύριο λόγο να μειώσουμε το κόστος της κιλοβατώρας. Θα μας ενδιαφέρει πρωτίστως να ελαττώσουμε τη συγκεκριμένη κατανάλωση του καυσίμου και να αυξήσουμε σημαντικά την ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αντληθεί από φυσικά αποθέματα».<sup>78</sup>

Οι μηχανικοί της EDF είχαν σοβαρούς λόγους να είναι προσανατολισμένοι στη συνολική «απόδοση» –ενεργειακή και οικονομική– των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού. Μετά τον πόλεμο, η EDF είχε εστιάσει στην άμεση κατασκευή όσο το δυνατόν περισσότερων συμβατικών εργοστασίων ενέργειας, προκειμένου να ανορθώσει τον ενεργειακό τομέα της Γαλλίας. Κατά συνέπεια, το υδροηλεκτρικό πρόγραμμα που είχε προκύψει είχε δώσει μεγαλύτερη προσοχή στην ταχύτητα και στην αξιοπιστία παρά στο κόστος. Έχοντας να αντιμετωπίσει μια οξεία κριτική που της έγινε από τις αρχές μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1950, η EDF υιοθέτησε στο σύνολό της μια πολιτική «οικονομικής βιωσιμότητας» (*rentabilité*), η οποία συνέπιπτε με τις προτεραιότητες του Δεύτερου Σχεδίου που είχε επεξεργαστεί η εθνική Επιτροπή Σχεδιασμού.<sup>79</sup> Στο πλαίσιο αυτής της πολιτικής, οι μηχανικοί έπρεπε να αποδεικνύουν ότι τα σχέδιά τους δεν θα ήταν ζημιογόνα και θα χρησιμοποιούσαν το καύσιμο με

<sup>78</sup> Ό.π.

<sup>79</sup> Martine Bungener, “L’Électricité et les Trois Premiers Plans: Une Symbiose Réussie”, στο Rouso, επιμ. (ό.π. σημ. 5), 107-20.



αποδοτικό τρόπο. Οι μηχανικοί που είχαν χτίσει τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια βρίσκονταν ήδη σε αντιπαράθεση με τους μηχανικούς που ήταν υπεύθυνοι για τα θερμικά εργοστάσια ως προς το ποια από τις δύο ομάδες πληρούσε καλύτερα αυτές τις προϋποθέσεις.<sup>80</sup> Ως εκ τούτου, η πυρηνική ομάδα της EDF επιχειρηματολογούσε για τα οφέλη της πυρηνικής ενέργειας, απευθυνόμενη τόσο σε μηχανικούς της EDF που δεν είχαν σχέση με την πυρηνική ενέργεια όσο και στον κόσμο έξω από την EDF.

Είναι επίσης σημαντικό το γεγονός ότι οι μηχανικοί της EDF συνέκριναν τα επιτεύγματά τους με τα επιτεύγματα άλλων χωρών, ιδίως της Αγγλίας. Ο Jean-Pierre Roux αντιπαρέβαλε τον EDF1 με τον αντιδραστήρα του Calder Hall, συμπεραίνοντας τα ακόλουθα: «Έπειτα από αυτή την πολύ σύντομη επισκόπηση των κύριων χαρακτηριστικών των αντιδραστήρων, φαίνεται ότι το συγκεκριμένο γαλλικό πρόγραμμα αντέχει τη σύγκριση με τα αγγλικά προγράμματα».<sup>81</sup> Αυτό, κατά τη γνώμη του, γινόταν περισσότερο εμφανές, αν αναλογιζόταν κανείς ότι οι Βρετανοί χρειάστηκαν γύρω στα πέντε με έξι χρόνια για την ανάπτυξη των αντιδραστήρων τους, ενώ οι Γάλλοι μόνο δύο.

Τέλος, οι μηχανικοί της EDF υπερέβαλλαν ως προς τα οφέλη της πυρηνικής ενέργειας, προκειμένου να υπογραμμίσουν ότι με την κατασκευή των πυρηνικών αντιδραστήρων εκπλήρωναν την αποστολή τους σχετικά με την παροχή δημόσιας υπηρεσίας στο γαλλικό κράτος και στον γαλλικό λαό:

Τα αμέσως προηγούμενα χρόνια, οι τέσσερις μεγάλες χώρες που διαθέτουν ατομική ενέργεια, και ιδίως η Γαλλία, ακολούθησαν με γιγαντιαία βήματα έναν δρόμο ο οποίος επιτρέπει τις υψηλότερες προσδοκίες.

<sup>80</sup> Picard, Beltran και Bungener (ό.π. σημ. 9).

<sup>81</sup> Roux, "La Centrale Nucléaire EDF1 de Chinon" (ό.π. σημ. 70), 309.

Δεν είναι ουτοπικό να θεωρούμε ότι η στιγμή της μαζικής υλοποίησης πλησιάζει με γοργό ρυθμό.

Θέτοντας την πυρηνική ενέργεια στην υπηρεσία όλων, στη δουλειά και στο σπίτι, θα δοθεί η δυνατότητα να συνεχιστεί η οικονομική και κοινωνική πρόοδος σε ολόκληρο τον κόσμο, και κυρίως στην ευρωπαϊκή κοινότητα.

Η Γαλλία πρέπει να δρέψει τα ηθικά και υλικά οφέλη που δικαίως προσδοκά από μια τεχνολογία η οποία έχει επανειλημμένως γονιμοποιηθεί από τους επιστήμονές της και έχει ήδη αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό από τους μηχανικούς της.<sup>82</sup>

### *Συμπέρασμα*

Στο παρόν άρθρο, εξετάσαμε δύο αντιδραστήρες αερίου-γραφίτη, δύο διαφορετικούς τρόπους οργάνωσης ενός τεχνολογικού έργου και δύο διαφορετικούς τρόπους προώθησης αυτού του έργου. Όπως φάνηκε, δεν υπήρχε μία πρόταση που να ήταν καλύτερη από όλες τις άλλες για την κατασκευή αυτών των αντιδραστήρων. Οι αντιδραστήρες, δηλαδή, δεν ήταν τα αναπόφευκτα αποτελέσματα κάποιας λογικής προόδου που ήταν εγγενής στην ίδια την τεχνολογία. Αντιθέτως, καθένας ενσωμάτωνε ένα διαφορετικό σύνολο πολιτικών, οικονομικών, βιομηχανικών και τεχνολογικών επιδιώξεων. Οι αντιδραστήρες, επομένως, ήταν εξίσου πολιτικά και τεχνολογικά κατασκευάσματα.

Η ιστορία μας επιπλέον ανέδειξε τη σημασία που έχει η μελέτη της τεχνολογίας για την κατανόηση του τρόπου διαμόρφωσης της πολιτικής σε εθνικό επίπεδο. Η στρατιωτική πυρηνική πολιτική της Γαλλίας στη δεκαετία του 1950 δεν διαμορφώθηκε από κυβερνητικούς αξιωματούχους που εξέταζαν προσεκτικά τη θέση της χώρας τους στον μεταπολεμικό κόσμο, παίρνοντας οριστικές αποφάσεις για την κατασκευή μιας βόμβας. Μέσα στο πολιτικό χάος της Τέταρτης Δημοκρατίας, οι ανησυχίες

<sup>82</sup> Teste (ό.π. σημ. 77), 75.



των κυβερνητικών αξιωματούχων είχαν να κάνουν κυρίως με τη δική τους επιβίωση στο πολιτικό σκηνικό. Οι ανησυχίες αυτές στη δεκαετία του 1950 δεν άφηναν περιθώριο για σοβαρή ενασχόληση με την πυρηνική πολιτική. Επικεφαλής του κράτους, υπουργοί και εκλεγμένοι αντιπρόσωποι άφηναν ευχαρίστως τους μηχανικούς και τους διευθυντές κρατικών φορέων να κάνουν την περισσότερη δουλειά για τη διαμόρφωση μιας γαλλικής πυρηνικής πολιτικής. Εν τη απουσία, λοιπόν, κάποιας οριστικής απόφασης για γαλλική βόμβα, οι αντιδραστήρες του Μαρκούλ ήταν η πυρηνική στρατιωτική πολιτική της Γαλλίας. Ενσωμάτωναν τόσο τις ασάφειες και τις αμφιταλαντεύσεις των κυβερνήσεων της Τέταρτης Δημοκρατίας όσο και τις επιδιώξεις των τεχνοκρατών της CEA. Οι μηχανικοί των *grands corps*, όπως ο Guillaumat και ο Taranger, επέμεναν ώστε το προσωπικό τους να εγγράψει στους αντιδραστήρες του Μαρκούλ την πεποίθησή τους ότι η Γαλλία έπρεπε να κατασκευάσει ατομική βόμβα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το τεχνολογικό έργο μετατράπηκε σε πολιτικό έργο.

Οι αντιδραστήρες του Μαρκούλ δεν οδήγησαν στη γαλλική βόμβα με τρόπο αναπόφευκτο. Αποτέλεσαν, όμως, ένα από τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ αυτής, λόγω των εντυπωσιακών τεχνολογικών, οικονομικών, διανοητικών και οργανωτικών πόρων που απορροφήθηκαν για τον σχεδιασμό και την κατασκευή τους. Ιστορικοί, πολιτικοί και διάφοροι άλλοι έχουν διαφωνήσει *ad nauseam* ως προς το ποιος «αποφάσισε» για την κατασκευή της γαλλικής βόμβας και πότε οριστικοποιήθηκε αυτή η «απόφαση».<sup>83</sup> Ερευνώντας την τεχνολογία αντιδραστήρων και εξετάζοντας την αλληλεπίδραση τεχνολογίας και πολιτικής, βλέπουμε ότι η διατύπωση του ερωτήματος κατ' αυτόν τον τρόπο

<sup>83</sup> Βλ., μεταξύ άλλων, Coutrot (ό.π. σημ. 50)· Simmonot (ό.π. σημ. 12)· Alain Payrefitte, *Le Mal Français* (Παρίσι, 1976)· Goldschmidt, *Le Complexe Atomique* και *Les Pionniers de l'Atome* (και τα δύο ό.π. σημ. 19)· Bonin (ό.π. σημ. 5)· και Scheinman (ό.π. σημ. 10).

δεν έχει νόημα. Στο ταραχώδες πολιτικό κλίμα της Γαλλίας της Τέταρτης Δημοκρατίας, η ανάπτυξη ατομικής βόμβας ήταν μια διαδικασία και όχι μια απόφαση. Ήταν μάλιστα μια διαδικασία στην οποία οι τεχνοκράτες, οι μηχανικοί και η τεχνολογία που παρήγαγαν έπαιξαν έναν πολύ μεγαλύτερο ρόλο από τον ρόλο των πολιτικών.

Η πολιτική πυρηνικής ενέργειας της Γαλλίας διαμορφώθηκε επίσης από την τεχνολογία της CEA. Τα προγράμματα του Μαρκούλ αποδείχθηκαν σημαντικά για τους μηχανικούς που εργάστηκαν στο πρόγραμμα του EDF1, τόσο από τεχνολογική όσο και από πολιτική σκοπιά. Η έλλειψη εξειδίκευσης, χρόνου και χρημάτων δεν έδωσε τη δυνατότητα στους μηχανικούς της EDF να σχεδιάσουν ένα διαφορετικό είδος αντιδραστήρα. Μπόρεσαν, όμως, να μετασχηματίσουν το σχέδιο αερίου-γραφίτη, εμποτιζοντάς το με τις δικές τους προτεραιότητες ως προς τα ζητήματα παραγωγικότητας, απόδοσης και απλότητας σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά συνέπεια, άσκησαν και οι ίδιοι πολιτική μέσω του τεχνολογικού τους έργου. Εκμεταλλεύτηκαν την έμφυτη ασάφεια του σχεδίου αερίου-γραφίτη, για να κατευθύνουν με πιο αποφασιστικό τρόπο τη γαλλική πυρηνική πολιτική προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποίησαν τις τεχνολογικές τους επιλογές στο πρόγραμμα του EDF1, αλλά και το γεγονός ότι οι επιλογές τους διέφεραν από τις επιλογές της CEA. Στόχος τους ήταν να πείσουν άλλους μηχανικούς μέσα στον οργανισμό, καθώς επίσης και πολιτικούς που μπορούσαν να χρηματοδοτήσουν το πρόγραμμά τους, ότι η πυρηνική ενέργεια μπορούσε να παρέχει μια οικονομικά βιώσιμη εναλλακτική προοπτική σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Από τις αρχές έως τα μέσα της δεκαετίας του 1950, οι δύο οργανισμοί είχαν εξασφαλίσει χρηματοδότηση για τα προγράμματά τους με αόριστες αναφορές περί διεθνούς κύρους και μακροπρόθεσμης βιομηχανικής και οικονομικής ανάπτυξης.



Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1950, το τεχνολογικό και πολιτικό έργο που είχαν επιτελέσει μαζί η CEA και η EDF είχε ενισχύσει αυτά τα αρχικά επιχειρήματα και είχε εδραιώσει το πυρηνικό πρόγραμμα ως ένα πεδίο μάχης όπου θα διακυβεύονταν ζητήματα μεγάλης σημασίας για το γαλλικό έθνος. Μολονότι, όμως, οι μηχανικοί και τα διευθύνοντα στελέχη των δύο οργανισμών είχαν κοινό ενδιαφέρον για την προώθηση ενός πυρηνικού προγράμματος, και παρ' ότι μοιράζονταν την ίδια παράδοση σχετικά με τον ρόλο τους ως δημόσιων λειτουργών, κατανοούσαν με διαφορετικό τρόπο το δημόσιο συμφέρον και οραματιζόνταν ξεχωριστά τη συμβολή τους στο μέλλον της χώρας τους. Συνεπώς, όταν οι μηχανικοί της CEA και της EDF επεδίωξαν να προσδιορίσουν εκείνη τη σχέση ανάμεσα στην ιδιωτική βιομηχανία και τις κρατικές επιχειρήσεις που θα προωθούσε καλύτερα τη βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη, υιοθέτησαν δύο διαφορετικούς ορισμούς. Η «πολιτική των πρωταθλητών» της CEA αντανάκλούσε τη συμπάθεια αυτού του οργανισμού στην πολιτική του Ντε Γκωλ. Η πολιτική της EDF, η οποία ήταν να επιλέγει τον μειοδότη και να ελέγχει τον συνολικό σχεδιασμό, προερχόταν, ειρωνικά ίσως, από την αριστερών τάσεων επιθυμία της να διατηρήσει τον οικονομικό έλεγχο της παραγωγής ηλεκτρισμού στα χέρια ενός κρατικού φορέα. Η πολιτική του κάθε οργανισμού και η τεχνολογία που προέκυπτε από αυτή ενσωμάτωνε έναν από τους δύο πόλους της πολιτικής της Τέταρτης Δημοκρατίας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το πυρηνικό πρόγραμμα έγινε ένα πεδίο δοκιμών για ευρύτερα ζητήματα οικονομικής και βιομηχανικής πολιτικής της Γαλλίας.

## ΟΤΑΝ ΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΗΤΑΝ ΓΥΝΑΙΚΕΣ

JENNIFER S. LIGHT

Μετάφραση: Σάντυ Σακορράφου

Οι πασίγνωστοι στην ιστορία των υπολογιστών J. Presper Eckert και John W. Mauchly ανέπτυξαν τον πρώτο ηλεκτρονικό υπολογιστή της Αμερικής –τον ENIAC– για να αυτοματοποιήσουν υπολογισμούς στη βαλλιστική κατά τη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου. Τα ονόματα των δύο χαρισματικών μηχανικών ξεχωρίζουν στις συνήθεις ιστορικές αφηγήσεις, ωστόσο αυτοί δεν εργάστηκαν μόνοι τους. Κατά τη διάρκεια του πολέμου, σχεδόν διακόσιες νεαρές γυναίκες, στρατιωτικοί και πολιτικό προσωπικό, εργάστηκαν στο πρόγραμμα ως άνθρωποι «υπολογιστές», εκτελώντας υπολογισμούς βαλλιστικής. Έξι από αυτές τις γυναίκες επιλέχθηκαν για να προγραμματίσουν μια μηχανή, η οποία –κατά ειρωνικό τρόπο– θα έπαιρνε το όνομά της από την εργασία τους και θα τις αντικαθιστούσε σε αυτήν. Μια μηχανή που οι τεχνικές της δυνατότητες θα εξυμνούνταν πολύ περισσότερο από τις δικές τους.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Η Ιστορία έχει υπερεκτιμήσει σε τέτοιο βαθμό το υλισμικό των υπολογιστών σε σχέση με το λογισμικό τους, που ακόμη και το αφιέρωμα του *IEEE Annals of the History of Computing* στα πενήτηκοστά γενέθλια του ENIAC μόλις και μετά βίας ανέφερε τον ρόλο αυτών των γυναικών. Βλ. *IEEE Annals of the History of Computing* 18/1