

Capitolo settimo

Analisi semiotica dell'argomentazione in un articolo di Irène Curie e Frédéric Joliot

L'articolo che intendiamo esaminare ora è stato pubblicato nei «Comptes Rendus» dell'Accademia delle Scienze di Parigi il 15 gennaio 1934. In meno di tre pagine, con una sola illustrazione e quattro equazioni di trasformazione degli atomi, Irène Curie e Frédéric Joliot rendono conto dell'argomento indicato dal titolo: "Un nuovo tipo di radioattività". Questa scoperta è stata riconosciuta così importante che nel 1984 ne è stato celebrato il cinquantesimo anniversario. Ha condotto infatti alla produzione di isotopi radioattivi molto utilizzati in seguito in biologia per comprendere le funzioni dell'organismo, e in particolare i fenomeni in stato stazionario, che permettono di stabilire un momento iniziale dello svolgimento dei processi. In questo articolo si esamina la possibilità di stabilire l'esistenza del fenomeno generale della radioattività degli elementi leggeri. Tre settimane dopo, gli stessi autori rendono noto nei «Comptes Rendus» dell'Accademia delle Scienze "l'isolamento chimico di uno di questi isotopi leggeri instabili, il fosforo, con peso atomico 30, e il cui periodo è di 3 minuti e 15 secondi".

Incuriosisce il fatto che in questo articolo la scoperta sia resa nota con il nome di "radioattività artificiale". Infatti, nel corso della loro argomentazione gli autori presentano il nuovo tipo di radioattività come un fenomeno naturale, sebbene sia osservabile solamente in laboratorio.

Gli isotopi $13/7\text{N}$, $27/14\text{Si}$, $30/15\text{P}$, possono sussistere solamente per tempi molto brevi, ed è per questo che non li si può osservare in natura.

Questa annotazione giustifica l'uso del termine "scoperta", ovvero la rilevazione di un fenomeno che non era ancora stato visto da nessuno. Nello stesso tempo offre una giustificazione ai chimici che non hanno censito questi elementi. Forse traduce anche un interrogativo sul cammino stesso della ricerca sperimentale. In genere le scoperte sono concepite come un disvelamento di qualcosa che esiste, un'esplorazione di terre sconosciute che amplia la conoscenza dei fenomeni e degli oggetti del mondo naturale. Vi si contrappone, di norma, la creazione di manufatti, costruzioni che gettano luce sull'ingegno umano e non sulla natura. Il paradosso di una scienza sperimentale è che si adopera per costruire un oggetto e nello stesso tempo per mostrare che esiste indipendentemente dalla costruzione, in quanto oggetto del mondo. In ambito scientifico i prodotti artificiali godono di cattiva reputazione: la disattenzione durante gli esperimenti e l'errore sistematico conducono il ricercatore distratto a descrivere un fenomeno che non esiste.

1. Gli attori non umani

Partendo dalla manifestazione testuale, la semiotica cerca di metterne in luce le strutture soggiacenti di senso, e di descrivere il modo in cui la significazione è articolata nel testo. Sebbene il mio intento sia quello di rendere conto dell'argomentazione, il percorso che propongo consiste nel considerare, prima di tutto, l'articolo scientifico come una storia animata da personaggi insoliti, il polonio, l'elettrone positivo, il contatore Geiger. Anche in un racconto gli attori non sempre sono umani.

L'argomentazione è ciò che riorganizza i materiali di questa storia. Ciò che sarebbe intollerabile per l'ascoltatore di un racconto – ovvero che l'enunciatore racconti in disordine, o torni indietro per dire o ripetere a un dato punto un certo dettaglio capace di spiegare ciò che ha appena descritto, o che intervenga continuamente per trarre una morale dalla storia – ebbene proprio questo è invece ciò che costituisce l'incanto di un articolo scientifico. È una storia che non lascia nulla all'immaginazione del lettore. Se esiste un piacere estetico nella lettura di un articolo scientifico, indipendentemente dall'informazione che ci si augura di trovarvi, è della stessa natura di quello che si prova guardando un numero di equilibrio: in ogni momento può vincere la gravità. L'arte delle dimostrazioni sta nell'impedire al fatto che si vuole esaminare di ritornare invisibile e di cancellare una serie di nuove spiegazioni, cioè una teoria.

Gli autori descrivono in questo modo il loro dispositivo sperimentale:

Poniamo un foglio di alluminio a 1 mm da una sorgente di polonio. Dopo averlo irradiato per circa 10 minuti, mettiamolo sopra un contatore Geiger Müller dotato di un foro chiuso da una lastra di 7/100 di millimetro di alluminio. Osserviamo allora che il foglio emette un irraggiamento la cui intensità diminuisce in modo esponenziale in funzione del tempo con un periodo di 3 minuti e 15 secondi.

Per raccontare la storia mi servirò di personaggi, chiamati "attori" dalla semiotica. Un attore viene definito dal fatto che unisce almeno un ruolo attanziale e un ruolo tematico. Qui siamo di fronte a un percorso figurativo in cui l'eroe, il foglio di alluminio, si sposta nello spazio – pur con mezzi non suoi – e trasmette un oggetto chiamato "irraggiamento". Ci risulta utile, in un primo tempo, considerarlo come un percorso di trasmissione di un messaggio, anche se, come vedremo, tutta la

scoperta consiste nel fatto che il messaggio giunge a destinazione solamente se si verifica una “traduzione” e trasmette un irraggiamento diverso da quello che ha ricevuto. Il polonio ha un ruolo attanziale di destinante, o emittente, del messaggio. Il suo ruolo tematico, precisato in un altro punto, è quello di essere “sorgente” di 60 milli-curie di raggi alfa, ovvero di nuclei di elio, che possiedono un’energia di cui qui non si dice altro, ma che più avanti si parla di ridurre. L’immagine della sorgente deve essere presa alla lettera, poiché si tratta di un’emissione costante, la cui consistenza è indicata dalla cifra in milli-curie.

Il contatore riveste il ruolo attanziale di destinatario, o ricevente, del messaggio. Il suo ruolo tematico è quello di informare il ricercatore sugli irraggiamenti che lo attraversano. Il contatore non fa distinzione tra i raggi alfa e gli irraggiamenti di elettroni positivi. Poiché non riconosce ciò che proviene dalla sorgente attraverso il foglio e ciò che proviene dal foglio stesso, il dispositivo sperimentale assegna alla sorgente e al contatore uno spazio e un tempo distinti. Per dire che gli elementi leggeri come l’alluminio emettono elettroni positivi, gli autori citano risultati precedenti in cui il destinatario era una camera di Wilson, e presentano una fotografia, sfortunatamente riprodotta molto male anche nell’originale. La camera di Wilson permetteva di separare e identificare le differenti particelle: era quindi possibile congiungere nello stesso momento e nello stesso luogo la sorgente, il foglio, e il ricevente. Il contatore invece consente di contare il numero delle particelle, non in luoghi ma in intervalli di tempo, e se gli si aggiunge un sistema di schermi in rame può misurare l’energia degli elettroni emessi.

Quanto all’eroe, il soggetto operatore che effettua globalmente la trasformazione di un oggetto in un altro, non è dotato di un ruolo tematico ben definito all’inizio

della storia: è un'incognita. A volte è una forma: un foglio che si può spostare tra la sorgente e il contatore, e che può solo condurre passivamente, in questo ruolo, gli atomi di polonio. A volte invece è una materia, ovvero la ricomposizione degli atomi costitutivi, e allora ogni foglio è diverso, ed è designato dal nome dell'elemento di cui è fatto. L'eroe è ancora solamente un luogo dove "succede qualcosa".

Cercando di definire il meccanismo di queste emissioni abbiamo scoperto il seguente fenomeno: l'emissione degli elettroni positivi da parte di certi elementi leggeri irraggiati dai raggi alfa del polonio continua per tempi più o meno lunghi, e può raggiungere la mezz'ora nel caso del boro, dopo che viene tolta la sorgente dei raggi alfa.

In questo precedente episodio è stata spostata la sorgente. Si indovina la scoperta fatta per caso, con la camera di Wilson lasciata in funzione dopo la conclusione dell'esperimento, o perlomeno durante una sua sospensione, che rivela un irraggiamento quando non avrebbe dovuto accadere nulla. Il foglio dell'elemento leggero, allora, non appare più solamente come uno spazio di trasformazione ma come la sede di una sorta di "memoria", fatto che spiega perché il dispositivo sperimentale dell'articolo che stiamo esaminando assegna al foglio il percorso figurativo di un messaggero.

2. Una memoria davvero banale

Ovviamente sono io che parlo di memoria. La cosa sorprendente, il fenomeno da spiegare, è la capacità di questi elementi leggeri di accumulare come riserva una parte dell'energia fornita dai raggi alfa, in modo che due avvenimenti a prima vista inseparabili, come un'emissione di neutroni e una di elettroni positivi, perdano la loro conco-

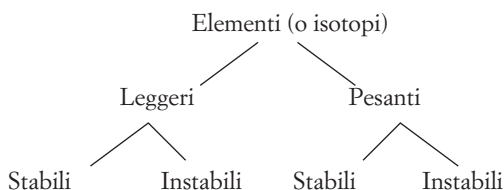
mitanza. In effetti l'emissione di elettroni positivi dura più a lungo di quella dei neutroni, che si produce invece nel periodo di tempo in cui l'elemento è irraggiato dal polonio. Gli autori propongono due "storie" con eroi differenti per spiegare questa mancata concomitanza. Inizio con la seconda, più somigliante a un fenomeno di "memoria": il nucleo di elio si unisce parzialmente a quello di alluminio per generare un protone e un nucleo di silicio.

Poiché l'isotopo $30/14\text{Si}$ è in stato di eccitazione e si può disattivare nel corso del tempo, l'energia si potrebbe materializzare fornendo un paio di elettroni.

Questa spiegazione viene ritenuta "poco verosimile" dagli autori. Nel loro testo è riportata più avanti quella che preferiscono, e di cui successivamente daranno una dimostrazione isolando chimicamente il fosfato radioattivo a partire da un foglio di alluminio. In questo percorso la particella alfa e il nucleo di alluminio producono prima il fosforo e un neutrone. È la reazione di trasformazione contemporanea all'irraggiamento con il polonio. L'isotopo del fosforo così prodotto "è allora radioattivo con un periodo di 3 minuti e 15 secondi, ed emetterà elettroni positivi". La mancata concomitanza è così spiegata con l'esistenza di un isotopo instabile che si distrugge con una probabilità sua specifica, generando silicio (lo stesso di poco prima) e un elettrone positivo.

L'acquisizione di autonomia da parte di questo nuovo attore, soggetto operatore localizzato nel foglio che effettua la sua trasformazione nel tempo, si compie con l'attribuzione del ruolo tematico "radioattività di un tipo nuovo", cioè di peso molecolare basso, vita breve ed emissione di elettroni positivi. Le caratteristiche particolari connesse a questo ruolo mettono in gioco il "nuovo" almeno quanto il "radioattivo". La definizione del ruolo

tematico si può fare sul piano paradigmatico, in un sistema di opposizioni che inglobano i ruoli tematici simili già riconosciuti. Si può rappresentare questa tassonomia come un “albero”:



Dopo la scoperta della radioattività si era già ipotizzata l'esistenza di elementi pesanti radioattivi accanto agli elementi instabili. Gli elementi leggeri erano invece tutti stabili. Si assiste in qualche modo al ristabilirsi di una simmetria perduta. La trasformazione degli elementi pesanti era nota nella radioattività naturale: il radio si trasforma in radon, per esempio, e in seguito in elemento stabile, forse perché è più leggero. Il lavoro in cui si sono impegnati Irène Curie e Frédéric Joliot è una trasformazione nell'altro senso: a partire da elementi leggeri costruiscono elementi più pesanti utilizzando quegli stessi “mattoni” espulsi dagli atomi pesanti quando diventano più leggeri, per aggiungerli ai loro atomi leggeri. Se gli isotopi leggeri fossero tutti stabili, ne dovrebbero derivare solamente nuclei stabili, ma ecco invece che le loro osservazioni suggeriscono l'esistenza di isotopi leggeri instabili. Perché chiamare “radioattività” questo fenomeno, estendendone così la definizione? Ipotizzo che la costruzione di questa simmetria, che fa entrare le loro osservazioni nella classe dei fenomeni naturali, contribuisca a rendere persuasivo l'articolo, anche se li costringe a spiegare perché questi isotopi non sono stati riscontrati in natura.

3. *L'alternativa*

Due spiegazioni alternative permettono di spiegare il fenomeno che si svolge in alcuni particolari fogli di elementi leggeri. La prima prevede due trasformazioni combinate, una delle quali produce un isotopo instabile che si trasforma poi spontaneamente in isotopo stabile. L'altra ipotizza una trasformazione semplice, accompagnata da un'attivazione dell'isotopo che si disattiva in seguito. Queste due spiegazioni sono formulate come ipotesi: gli autori usano il condizionale. Non le presentano però come ugualmente possibili, riservandosi di scegliere in seguito quella migliore. Appare subito evidente che le due alternative non sono sullo stesso piano: la presentazione della doppia trasformazione è annunciata con la frase "Noi pensiamo che il processo di emissione sia il seguente...". La trasformazione semplice è invece presentata così: "Noi consideriamo poco verosimile la spiegazione seguendo la quale...". La differenza di valutazione è rafforzata, in modo significativo, da una differenza tipografica: tutto ciò che riguarda la seconda ipotesi è stampato in caratteri piccoli, ed è ridotta la spaziatura tra le righe.

Come è difesa la scelta di una delle possibilità alternative? Ci dovremmo logicamente aspettare un argomento positivo e uno negativo per ognuna delle due scelte. L'argomento positivo è rappresentato dalla spiegazione (soddisfacente) degli esperimenti, poiché la loro descrizione si conclude con la frase:

Questi esperimenti dimostrano l'esistenza di un nuovo tipo di radioattività con emissione di elettroni positivi.

La spiegazione, già citata,

Gli isotopi [...] possono sussistere solamente per tempi molto brevi, ed è per questo che non li si può osservare in natura.

confuta l'argomento negativo, che consisterebbe nell'erigere a prova della non esistenza di questi isotopi straordinari il fatto che nessuno li abbia mai visti. Per la trasformazione semplice, in cui l'energia di attivazione "si materializzerebbe fornendo un paio di elettroni", si ha invece:

Non si osserva alcuna emissione di elettroni negativi ed è teoricamente molto improbabile che la differenza di energia tra gli elettroni sia sufficiente perché quelli negativi non siano osservati.

Si può notare che l'argomento negativo del "mai visto" è esattamente lo stesso di prima. Perché questa volta è valido? La valutazione "teoricamente molto improbabile" si basa su una nota che rinvia a Nedelsky e Oppenheimer. L'assenza di osservazioni, che risulta comprensibile nel primo caso, è inspiegabile nell'altro. Diventa allora prova di inesistenza. Gli autori aggiungono un argomento fondato sul decorso temporale:

D'altra parte questo processo presupporrebbe una durata dello stato eccitato straordinariamente lunga con un coefficiente di materializzazione interna unificato.

Se il breve periodo non è un fenomeno sconosciuto nel caso della radioattività naturale (anche il radon, per esempio, esiste solo per un periodo molto breve), nell'ipotesi di un'attivazione questa sarebbe invece "straordinariamente lunga". L'argomento del "mai visto" viene invocato un'altra volta contro la seconda spiegazione, ed è considerato affidabile.

4. La radioattività di un nuovo tipo

Che ne è allora della "verosimiglianza" degli isotopi leggeri radioattivi postulati dalla prima ipotesi? Bisogna

ammettere che la descrizione dall'aria innocente della serie di esperimenti costituisce in realtà un'argomentazione implicita a favore dell'esistenza di un ruolo tematico che potrebbe essere attribuito agli attori azoto-13, silicio-27, e fosforo-30. Questo ruolo tematico non sarebbe più definito paradigmaticamente, ma sintagmaticamente.

L'insieme degli esperimenti riportati può essere considerato come un repertorio delle diverse varianti del racconto di base citato prima che, dopo l'annuncio del periodo trovato per l'alluminio, così prosegue:

Si ottiene un risultato analogo con il boro e il magnesio, ma i periodi di decadimento sono differenti: 14 minuti per il boro e 2 minuti e 30 secondi per il magnesio.

Il primo pensiero che potrebbe venire in mente a un lettore diffidente, quando sente enunciare queste osservazioni, è che il contatore conta qualsiasi cosa: o è guasto, oppure esiste una spiegazione dell'errore che ha generato questo tipo di risultati disparati. C'è dunque un'alternativa molto semplice, ma che non è mai formulata come tale:

- a) i risultati "sono veri"
- oppure
- b) i risultati sono un'illusione.

La parte che abbiamo esaminato costituisce la spiegazione che giustifica ciò che è stato osservato: le varianti al racconto di base costituiscono la negazione dell'illusione.

Il contatore svolge per il ricercatore un ruolo di messaggero del tutto analogo a quello che abbiamo visto per i fogli: traduce le particelle invisibili che lo attraversano in impulsi, ovvero in un fenomeno elettrico quantificabi-

le, sia con cifre leggibili sia con rumori che si possono ascoltare. Tuttavia, il “messaggio” che fornisce “dice” ciò che accade agli atomi dei fogli preliminarmente irraggiati dal polonio solamente se la catena sintattica è coerente. Da una parte bisogna mostrare che non ci sono “fughe” che potrebbero fare svanire il segnale, e dall'altra bisogna mostrare che la catena sintattica non presenta alcuna biforcazione attraverso cui potrebbero introdursi dei “parassiti”. Utilizzerò un'altra metafora che illustra la competenza che ci si aspetta da un soggetto operatore di questo genere, il quale deve trasmettere un “ritratto” dell'attore “radioattività di un nuovo tipo”. Per uno scienziato, che in questo somiglia molto più a un poliziotto che a un artista, un buon ritratto dev'essere ben inquadrato, scartando tutti gli altri personaggi o gli elementi di decorazione che non sono pertinenti per l'identificazione dell'attore (questi elementi sono i parassiti, segnali “estranei” che potrebbero essere erroneamente interpretati come facenti parte del ritratto). Deve inoltre possedere un buon contrasto, tale da far apparire il soggetto in modo netto come immagine su uno sfondo: le “fughe”, diminuendo il segnale, abbasserebbero il contrasto. Le varianti svolgono il ruolo di prove per queste due competenze.

La prima variante riportata consiste nell'aumento del tempo dell'irradiazione, e si può ricondurre a un gioco sull'inquadratura:

L'intensità dell'irraggiamento (immediatamente dopo l'esposizione ai raggi alfa) aumenta con il tempo di irradiazione fino a un valore limite.

L'esistenza di questo valore limite mostra che il contatore sfugge a questa trappola: se regolasse la sua inquadratura in funzione di ciò che esce dalla sorgente di polonio anziché dal foglio, avrebbe allargato il suo cam-

po d'osservazione in proporzione al tempo necessario per accogliervi le particelle alfa sempre più numerose.

La variante che segue riguarda il contrasto. Dovrei dire in verità "le varianti", poiché si tratta di una serie di sostituzioni dei fogli sottoposti all'irradiazione:

Si hanno allora intensità iniziali della stessa grandezza per il boro, il magnesio, l'alluminio, di circa 150 impulsi al minuto nel contatore utilizzando una sorgente di polonio di 60 milli-curie.

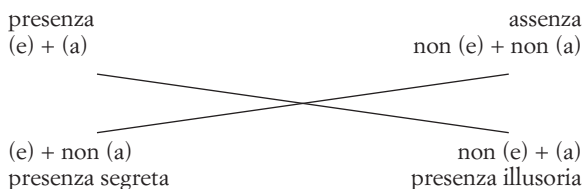
Con gli elementi idrogeno, litio, carbonio, berillio, azoto, ossigeno, fluoro, sodio, calcio, nichel, argento non è stato osservato alcun effetto.

Qui il trucco è raffinato: la conseguenza dell'aumento del tempo di irradiazione è la crescita delle possibilità che il fenomeno, quale che sia, si verifichi. Gli autori pongono una nota dopo la seguente osservazione: "Questo fenomeno non può dunque essere dovuto a una contaminazione della sorgente di polonio". Questa nota mette fine all'ipotesi secondo la quale l'unico ruolo del foglio è convogliare fino al contatore gli atomi di polonio sfuggiti casualmente dalla fonte. In effetti l'unica competenza richiesta a un mezzo di trasmissione di questo tipo (consideriamo che l'operazione è assicurata dallo scienziato!) è il possesso delle stesse caratteristiche morfologiche del foglio di alluminio, o perlomeno dello stesso genere di superficie "contaminabile". Questa proprietà è condivisa tanto dagli elementi soggetti operatori che riescono nella prova quanto da quelli che la falliscono. Tra questi si trovano in effetti due fogli di argento e di nichel che dovrebbero somigliare molto a quello d'alluminio. La capacità del contatore di distinguere tra i diversi elementi è proprio la realizzazione di un contrasto.

Gli autori si spingono oltre, ma solamente in forma ipotetica:

Per alcuni di questi elementi probabilmente il fenomeno non si verifica affatto, per altri il periodo di decadimento forse è troppo breve.

Essi creano un secondo contrasto: lo sfondo contro cui si staglia il ritratto dei vincitori della prova è tanto la folla degli elementi che non hanno fatto nulla, quanto il gruppo di quelli che hanno vinto senza però che il contatore li abbia “visti”. Tutte queste varianti del soggetto operatore possono essere suddivise tra “quelli che fanno” e “quelli che non fanno”. Tra quest’ultimi trovano posto due classi: coloro che davvero “non fanno nulla” e quelli che fanno un isotopo con vita troppo breve per essere rilevata. La categoria è dunque sovra-determinata da una forma di veridizione connessa alla competenza del contatore. È possibile disporre i differenti termini in un quadrato semiotico ottenuto combinando /essere/ (e), corrispondente all’esistenza di un isotopo instabile, e /apparire/ (a), corrispondente alla sua rilevazione:



(e) + (a) corrisponde al ruolo tematico rivestito da boro, alluminio, magnesio.

(e) + non (a) corrisponde agli elementi il cui periodo è troppo breve per essere rilevato.

non (e) + non (a) corrisponde agli elementi per i quali non si produce il fenomeno.

non (e) + (a) rappresenta nei racconti la posizione del traditore: colui che vuol far credere di avere realizzato la performance. In questo caso sarebbe il ruolo di un segnale proveniente da un'altra fonte e che farebbe credere all'esistenza del fenomeno. È questa posizione non esplicitata che può trasformare tutto in "errore sperimentale" che riappare quando gli autori moltiplicano le varianti di soggetti operatori e le classificano in questo modo.

Gli autori non corrono così il rischio di non essere creduti? Tanto più che si tratta solamente di ipotesi! È il rischio che gli autori corrono, sembra, per sostenere non tanto un'eccezione tra gli elementi leggeri (che confermerebbe la regola che gli isotopi leggeri sono stabili), quanto l'esistenza di un nuovo tipo di radioattività, propria agli elementi leggeri. Ricordiamoci infatti che l'alluminio, il boro e il magnesio avevano periodi differenti, tra 14 minuti e 2 minuti e 30 secondi. Il fatto che possano esistere periodi di decadimento troppo brevi per essere visti pone in una sorta di continuità i tre periodi diversi effettivamente misurati. Anche se imprecisa e presentata in modo speculativo, l'idea di un periodo troppo breve per alcuni degli isotopi "falliti" contribuisce a estendere l'osservazione ad altri elementi leggeri e a dare un "senso" alle differenze tra i periodi osservati, assegnando una sorta di personalità a ogni elemento, in previsione delle differenze che verranno descritte in seguito.

Dopo aver citato gli esperimenti fatti con la camera di Wilson, che provano che per il boro e l'alluminio l'irraggiamento emesso è costituito da elettroni positivi, gli autori iniziano infatti a spiegare che le particelle emesse dai tre elementi leggeri differiscono per la loro energia:

Introducendo alcuni schermi di rame tra il contatore e il foglio irradiato, si osserva che la maggior parte dell'irraggiamento è assorbita in $0,88 \text{ g/cm}^2$ per l'alluminio, $0,26 \text{ g/cm}^2$ per boro e magnesio, valori che corrispondono, se si ammettono le stesse leggi di assorbimento degli elettroni negativi, a un'energia di $2,2 \cdot 10^6$ elettronvolt per l'alluminio e $0,7 \cdot 10^6$ elettronvolt per boro e magnesio.

Questa variante è un po' il contrario di quella precedente: produce un annullamento del contrasto tra i soggetti operatori di cui si rileva il fare e quelli di cui invece non lo si rileva. Un sufficiente spessore di rame basta perché il contatore non conti più nulla: vi è dunque una "fuga" creata artificialmente. Questa variante, come quella precedente, mette alla prova la capacità del contatore di "seguire" ciò che accade all'esterno, e non i suoi capricci interni, nel campo dell'energia come in precedenza nel campo del tempo. Contribuisce anche a completare la "personalizzazione" degli elementi: per quanto riguarda il tempo l'alluminio e il magnesio avevano periodi simili e il boro si differenziava, mentre quando si tratta delle energie, boro e magnesio si assomigliano e l'alluminio fa caso a sé. Diventa sempre più difficile supporre l'esistenza di una causa comune a questo fenomeno e trattare l'eccezione come un errore, cosa che avrebbe permesso di ridurre molto la portata della scoperta. Mettendo a contrasto tra loro gli elementi leggeri, senza dimenticare quelli la cui durata è troppo breve per essere osservata, gli autori creano alcuni ritratti individuali. È questa raccolta che costituisce ora "la radioattività" di un nuovo tipo, trasformata, in qualche modo, in un ritratto di famiglia.

L'ultima variante è un esperimento condotto unicamente sull'alluminio, che consiste nella diminuzione dell'energia delle particelle alfa:

Quando si riduce l'energia dei raggi alfa che irradiano l'alluminio, il numero degli elettroni positivi diminuisce, ma il periodo di decremento non sembra modificato. Quando l'energia dei raggi alfa viene ridotta di 10 elettronvolt, non si osserva più praticamente nessuno di questi elettroni.

È anche questa una prova di inquadratura, opposta a quella precedente. Un'ultima precauzione mostra che gli elettroni osservati appartengono certamente alla catena, ricostruita a ritroso per ipotesi nel campo dell'energia, così come, durante la prima prova, era stata ricostruita nel campo del tempo. Gli elettroni sono proprio prodotti dai fogli, sotto l'effetto dell'energia delle particelle alfa che ricevono, poiché il segnale diminuisce insieme con l'energia.

Poiché nel suo ruolo di visualizzazione della radioattività di un nuovo tipo il contatore è affidabile, allora il ritratto ottenuto riguarda qualcosa che veramente esiste. Per coloro che hanno sentito parlare di paradigmi falsificabili, di leggi che perdono validità se vi si trova anche una sola eccezione, e che possono stupirsi che servano così tanti argomenti per distruggere quello della stabilità degli isotopi leggeri, ricordiamo che la stabilità in questione riguarda un "non fare" qualcosa. Nei racconti è il ruolo del "traditore", che viene sospettato solamente quando l'eroe abbandona il segreto. Il fosforo-30 o l'azoto-13 non hanno ancora avuto accesso all'esistenza, alla visibilità chimica. D'altronde, chi li avrebbe cercati se la loro esistenza non fosse stata resa necessaria dalla scoperta del fare corrispondente? Poiché non esistevano in natura, era necessario, evidentemente, creare le condizioni adatte alla loro presenza per "vederli" mentre erano instabili. L'esistenza di uno di questi isotopi può quindi essere presa solamente *a posteriori* come prova della non validità della legge. Prima che esso diventi un "eroe", la cui presenza spiega il fenomeno insolito osservato da Irène Curie e Frédéric Joliot, e che combatta

contro il paradigma, c'è una fragile catena sintattica che viene messa alla prova. La legge è falsa solamente quando la catena non si può confutare. Esiste allora un nuovo ruolo tematico che trasforma gli isotopi instabili, postulati per spiegare le osservazioni, in attori del "mondo reale".

Nella conclusione gli autori hanno d'altronde l'accortezza di proporre un'altra catena:

Casi di radioattività durevole, analoghi a quelli osservati, possono certamente esistere nel caso di bombardamento da parte di altre particelle. Uno stesso atomo radioattivo potrebbe certamente venire creato da numerose reazioni nucleari. Per esempio il nucleo $13/7$ dell'azoto, che nella nostra ipotesi è radioattivo, potrebbe essere ottenuto con l'azione di un deutone sul carbone, dopo l'emissione di un neutrone.

Questo nuovo metodo di creazione rafforza l'esistenza intrinseca del nucleo finora ignorato. Peccato però che faccia correre un nuovo rischio al numero di equilibrio degli autori.

¹ «Protée», Département des arts et lettres de l'université du Québec à Chicoutimi, 1986, a. 14, n. 2.