

# LA CHIMICA DEL XXI SECOLO VUOLE INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Poche invenzioni hanno un così forte impatto da generare altre invenzioni e quindi una radicale innovazione. Nonostante una generale riluttanza a cambiare i protocolli di produzione esistenti, solo l'innovazione e le moderne tecnologie potranno guidare una crescita sostenibile dell'industria chimica.



## Invenzione vs innovazione

Invenzione ed innovazione non sono la stessa cosa, e spesso c'è un uso improprio dei due termini sia nella letteratura scientifica sia sulle pagine dei giornali. Bob Metcalfe, inventore di Ethernet, pioniere della tecnologia apriva le sue conferenze dicendo *"Invention is a flower, innovation is a weed"*, letteralmente "l'invenzione è un fiore, l'innovazione è un'erba infestante". "L'invenzione è un fiore" bello da osservare, una singolarità che col tempo diventa un ricordo, "L'innovazione è come la gramigna" che si espande "positivamente" e, in poco tempo, autonomamente ricopre tutto il terreno disponibile. Il personal computer, Internet, il telefono cellulare, le bottiglie in PET, l'aspirina, gli antibiotici, gli OGM, sono solo alcuni esempi di innovazione-gramigna, alias di invenzioni che sono andate ben oltre le intenzioni iniziali degli inventori. Per fare un'analogia: se invenzione è un sasso gettato nello stagno, l'innovazione è l'effetto delle onde concentriche che si allontanano da quel punto. L'inventore lancia il sasso ma qualcuno deve riconoscere che l'increspatura generata finirà

per diventare un'onda. L'innovatore guardando il fenomeno sarà in grado di sfruttare l'onda che si genera e se sarà in grado di prevederla come un buon surfista ne potrà sfruttare tutta la forza. A questo punto l'innovatore può diventare imprenditore! Quando si crea qualcosa di nuovo, l'invenzione è la prima parte del percorso, mentre l'innovazione è tutta la strada che porta un'invenzione ad essere un prodotto o una tecnologia consolidata di cui il mercato e la società non riescono più a fare a meno (Fig. 1).

## Il "breakthrough"

Tra l'invenzione e l'innovazione c'è quello che gli anglosassoni chiamano *"breakthrough"*, dove per *"breakthrough"* si intende un elemento che rende possibile qualcosa che la stragrande maggioranza della popolazione riteneva impossibile. I *"breakthrough"* sono eventi rari, nati nella maggior parte dei casi da approfondimenti scientifici, che hanno il potere di cogliere tutti di sorpresa. I *"breakthrough"* creano qualcosa di nuovo o soddisfano esigenze precedentemente non percepite, e, cosa più significativa, sono in grado di lanciare e/o di trasformare radicalmente un processo industriale e l'azienda medesima. Gli inventori recitano un ruolo fondamentale nella genesi del *"breakthrough"* proprio grazie alla loro capacità di cogliere i germi delle loro invenzioni da aspetti della realtà circostante che la maggior parte della popolazione nemmeno nota. Essi generalmente operano seguendo un cocktail delle quattro modalità



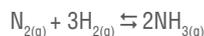
Fig. 1



inventive principali: “*need driven*” (es. T. Edison), “*theory driven*” (es. A. Einstein), “*data driven*” (es. G. Mendel), “*method driven*” (es. Galileo). George De Mestral, un inventore svizzero, passeggiando in montagna col suo cane notò che al pelo dell’animale erano rimaste attaccate delle piccole palline dalla forma particolare, erano i frutti di cardo alpino, e si accorse della difficoltà della loro rimozione. Osservando al microscopio questo legame fisico notò dei piccolissimi uncini elastici che si impiagliavano ai peli del cane, creando un intreccio difficilmente districabile. Da lì ebbe l’intuizione e, con l’aiuto di un fabbricante di Nylon, brevettò il Velcro® (da *Velour* - asola e *Crochet* - gancio). Nel 1958, De Mestral registrava per il mercato globale il marchio della sua invenzione, una chiusura a strappo composta da due pezzi di tessuto, uno contenente migliaia di piccolissimi fili, l’altro migliaia di minuscoli uncini.

### Impatto sociale di invenzione e innovazione

Nel 1913 la BASF (*Badische Anilin und Soda Fabrik*) iniziò la produzione di ammoniaca sintetica su scala industriale con il processo Haber-Bosch a partire dalla fissazione dell’azoto atmosferico con l’idrogeno con un catalizzatore di ferro attivato con ossidi di alluminio e potassio, fino ad allora considerata una reazione impossibile a livello industriale:



La sintesi dell’ammoniaca dai suoi elementi costitutivi è considerata come una delle scoperte più importanti della catalisi industriale con due premi Nobel, prima a Fritz Haber nel 1918 e poi a Carl Bosch nel 1931, riconoscendone rispettivamente la scoperta del processo e la sua attuazione. La sintesi dell’ammoniaca ha rappresentato uno degli avvenimenti scientifico-tecnologici più rilevanti del secolo scorso. L’attuale produzione annua di ammoniaca è di circa 150 milioni di tonnellate di cui circa l’85% va all’industria dei fertilizzanti (urea e sali di ammonio). L’impatto che questa tecnologia ebbe sulla società fu talmente rilevante dal punto di vista demografico che *Nature* la indicò come la scoperta scientifica più importante del XX secolo.

Per secoli le merci sono state stipate nelle stive delle navi in modo sfuso in sacchi o casse di legno. *The Economist* spiega l’effetto rivoluzionario sul mercato globale determinato dalle spedizioni in containers. A prima vista delle semplici grandi scatole metalliche uniformi che però hanno ridisegnato il commercio mondiale nel corso degli ultimi decenni. Questi contenitori metallici vennero inventati da Malcom McLean, un imprenditore americano nell’ambito dei trasporti che ha rivoluzionato il trasporto e il commercio internazionale nella seconda metà del XX secolo. La cosiddetta containerizzazione ha comportato una significativa riduzione del costo e dei tempi del trasporto merci, eliminando la necessità di ripetere la movimentazione dei singoli pezzi di carico e magazzino, con maggiore affidabilità e riduzione dei furti del carico. “*The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger*” (di M. Levinson) [1] è solo uno dei best sellers che hanno descritto questo fenomeno che ha coniugato in tempi brevissimi invenzione, innovazione, business e mercato globale.

### Arco di vita del prodotto innovativo

Generalmente l’intensità con cui una società finanzia la ricerca di “breakthroughs” è correlabile con il posizionamento dei prodotti di quella

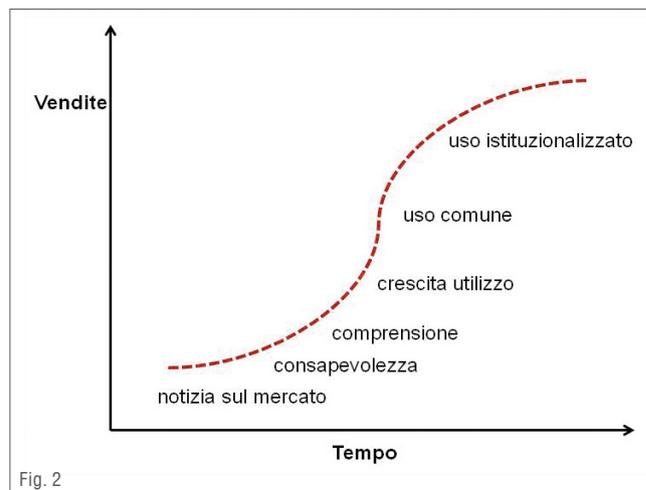


Fig. 2

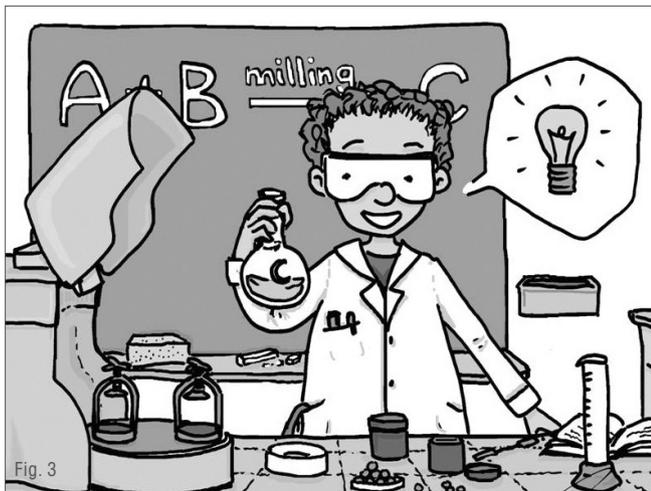
stessa azienda sulla “technology adoption curve”: l’intensità cresce quando la società comincia ad intravedere problemi derivanti dal calo di domanda di mercato e di profittabilità dei propri prodotti. La vita di una tecnologia di successo o di un prodotto tecnologico di successo segue generalmente un ciclo: l’invenzione (alias lo sbocciare del fiore), un inizio stentato e delicato, il “breakthrough” caratterizzato da crescita rapida e solida, la maturità con stabilità della domanda e interruzione della crescita e, da ultimo, il declino (Fig. 2).

Ogni innovazione che possa definirsi tale deve contenere in sé una risposta convincente a due domande: “Cos’è possibile?” e “Cosa serve?”. La prima domanda “Cos’è possibile?” riguarda l’aspetto della ricerca, della scoperta e dell’invenzione. La seconda “Cosa serve?” rientra nel contesto dei bisogni della società e del business. Spesso la risposta a queste domande porta in direzioni diverse, e decidere su che asse muoversi nella fase di ricerca può non risultare semplice. Ciò non di meno, affinché ci sia “breakthrough” e innovazione, è necessaria una risposta ad entrambe le domande. In qualunque percorso di innovazione tecnologica si lavori, c’è sempre un “gap” tra ciò che la ricerca di base produce e ciò che i settori merceologici, le organizzazioni di prodotto e i *venture capitalists* richiedono, ed è solo un “breakthrough” che può colmare il “gap”.

### Dalla ricerca di base alla ricerca radicale fino alla industrializzazione

Se pensiamo alla ricerca di base, possiamo coniare lo slogan “segui la tua curiosità ovunque essa ti porti”, e se poi pensiamo alla ricerca applicata lo slogan diventa “concentrati sui problemi importanti e non farti distrarre dalle tue curiosità”. Entrambi gli approcci, se presi da soli, non conducono al “breakthrough” e quindi all’innovazione tecnologica. La maggior parte dei percorsi di ricerca che, negli ultimi cinquant’anni, hanno dato più frutti in termini di “breakthrough” e di innovazione, ha avuto una connotazione diversa da quella tipica della ricerca di base o della ricerca applicata; è stata una ricerca di tipo “radicale”, ovvero “identifica un problema importante e seguilo fino alla sua radice”.

La “ricerca radicale” può senz’altro essere il paradigma da seguire per inseguire “breakthrough” e innovazione. Si tratta di una ricerca che senza ombra di dubbio risulta essere “problem driven”, e se il problema, focus del programma di ricerca, è veramente importante e di difficile soluzione, il fatto stesso di inseguirlo fino alle sue radici obbliga il gruppo



di ricercatori ad inventarsi soluzioni distanti e diverse dalle soluzioni che normalmente vengono proposte e sperimentate nei percorsi classici di ricerca di base e di ricerca applicata. In sintesi: la “ricerca radicale” genera “breakthrough” in virtù della sua efficienza nel mettere a confronto le due domande chiave “cos’è possibile?” e “cosa serve?”, facendole collidere nell’ottica di ottenerne sinergie, in un clima di collaborazione costante e proattiva tra scienziati e inventori, da un lato, ed esperti di mercato e businessmen dall’altro, in modalità sia di “open invention”, che di “open innovation”.

Se si opera in modalità di “ricerca radicale”, è la stessa importanza del problema che sta alla base della ricerca ad alimentare energie, entusiasmo e risorse per far procedere la ricerca; non è solo la comunità accademica a sottolineare l’importanza della ricerca, come accade spesso nel caso della ricerca di base. Se si segue un problema di importanza globale fino alle sue radici è poi inevitabile che, oltre a generare una scoperta di valore considerevole nel dominio in cui la ricerca ha avuto corso, si generino una serie di scoperte collaterali, quale effetto domino della “ricerca radicale”. Un esempio sono i *laser multi-beam* allo stato solido, una ricerca che ha generato una molteplicità innumerevole di applicazioni. La Xerox lanciò la ricerca nell’ambito di un programma di sviluppo delle proprie stampanti laser. Con il *laser multi-beam* allo stato solido la Xerox fu in grado di lanciare sul mercato stampanti laser in grado di stampare al doppio della velocità e ad 1/10 del costo delle precedenti stampanti tipo *gas-laser*. Tuttavia, viste le altre molteplici applicazioni che con il *laser multi-beam* allo stato solido potevano essere disponibili, fu lanciata la SDL, una società dedicata al manufacturing dei *laser multi-beam* allo stato solido e allo sviluppo delle sue applicazioni. A fine anni Novanta, quando la SDL fu venduta, aveva raggiunto una capitalizzazione che era pari a 10 volte la capitalizzazione della Xerox. La “ricerca radicale” conduce contemporaneamente a generazione di sacche di conoscenza di dimensioni considerevoli e a scoperte di grande utilità, molto spesso decisamente superiori a ciò che si aveva in mente a inizio del programma di ricerca. Il limite della ricerca applicata consiste nell’essere una ricerca di tipo incrementale e, in quanto tale, non può generare “breakthrough”. La ricerca di base a volte genera “breakthrough” ma in segmenti di scarso interesse dal punto di vista commerciale; e comunque la ricerca di base richiede notevole pazienza per produrre



risultati e durante tutto il suo percorso è spesso difficile vivere nell’incertezza di quali applicazioni potranno avere i possibili risultati. Viceversa la “ricerca radicale” coniuga il meglio di entrambe: parte da un problema noto, così quando si arriva alla soluzione si conosce già il valore considerevole della scoperta.

Oggi più che mai sia i “breakthrough”, sia l’innovazione tecnologica e di prodotto richiedono un approccio multidisciplinare nel quale il chimico deve fare squadra con il fisico, l’ingegnere, il biotecnologo e l’economista, solo per fare alcuni esempi di una lista ben più lunga. Come si evince dal famoso aforisma di Albert Einstein “non possiamo risolvere i problemi con lo stesso tipo di pensiero che abbiamo usato quando li abbiamo creati”. Di qui la necessità di affrontare il problema da diversi punti di osservazione e quindi di diversa formazione scientifica, consci del fatto che chiunque si pone come arbitro in materia di conoscenza è destinato a naufragare nella risata degli dei!

Inseguire un problema fino alla sua radice, come richiede la “ricerca radicale”, può voler dire cambiare direzione lungo il percorso, implementare le competenze nel team, aumentare gli ambiti di approfondimento, generare sottoprogetti, ciascuno mirato ad ottenere una porzione della risposta alla domanda “cos’è possibile?”, il tutto però visto nell’ottica della soluzione al problema noto che ha originato e che alimenta il programma. Tutto questo significa far coesistere in forma produttiva ed efficace scienza e tecnologia, scienziati e ingegneri, ognuno dei quali si muove seguendo la propria impostazione culturale.

Proprio per queste sue connotazioni, la “ricerca radicale”, quale percorso verso “breakthrough” e innovazione, trova enormi barriere ed opposizione nel mondo della produzione industriale, spesso spaventato da approcci tecnologici completamente diversi dalle procedure comunemente impiegate.

#### Cultura dell’innovazione

È fondamentale maturare la cultura dell’innovazione con organizzazioni flessibili, agili nel prendere decisioni e, strutturate in modo da focalizzare gli sforzi per giungere alle radici del problema da risolvere. La maggiore risorsa risiede nel gruppo di lavoro con un management aperto alla multidisciplinarietà più totale. Queste sono proprietà culturali che mancano alla maggior parte delle aziende ed in particolare all’industria chimica.



Detto ciò, appare evidente che l'unica via sia quella di percorsi condivisi fra ricerca, R&D e produzione, nei quali la comunicazione di percorsi innovativi viene analizzata, oltre che negli aspetti tecnici, anche sulle ricadute ambientali ed economiche. Su questo punto si potrebbero fare molti esempi che testimoniano quanto l'industria chimica sia tendenzialmente tradizionalista. Si immagini l'effetto devastante di un protocollo per una procedura sintetica mecano-chimica senza solventi e con catalizzatori solidi o supportati in risposta ad un processo convenzionale con grandi volumi di solvente e catalisi omogenea (Fig. 3) [2].

Tra invenzione ed innovazione in genere l'industria guarda con maggiore interesse a quest'ultima, tuttavia l'innovazione da sola non basta. Troppo spesso, le aziende si concentrano su una tecnologia al posto del problema del cliente. Al fine di trasformare veramente una grande idea in un'innovazione che rivoluziona un processo produttivo o un'applicazione, altri fattori devono essere presi in considerazione. La chiave per garantire il successo dell'innovazione è allineare l'idea ed i modelli di business con le esigenze dell'utilizzatore "user friendly".

### Key enabling technologies

In questi ultimi anni anche la politica della Commissione Europea ha puntato sull'innovazione allo scopo di portare un vantaggio competitivo per le aziende europee. Le cosiddette "key enabling technologies" dovrebbero essere il motore dell'innovazione e dell'intensificazione di processo [3]. Tuttavia senza piani strategici industriali con obiettivi ben definiti in sinergia con il mondo della ricerca universitaria, il percorso è arduo. Per riuscire a sviluppare un processo di innovazione industriale competitivo è necessario valutare l'impatto energetico ed ambientale in una filosofia di economia circolare [4].

Negli ultimi vent'anni sono state sviluppate varie applicazioni mediante fonti di energia non convenzionale come le microonde, gli ultrasuoni, la cavitazione idrodinamica, la mecano-chimica che generano microambienti ad alta intensità energetica che massimizzano lo scambio di massa e di energia. Esiste infatti un enorme divario tra i processi produttivi classici e quelli con queste tecnologie che, oltre all'intensificazione di processo, ne incrementano la sostenibilità, migliorando quasi sempre gli attributi prodotto e la loro uniformità. Nella Fig. 4, si vede un reattore a microonde da 75 L (MAC 75 - Milestone, Bergamo) per l'estrazione e l'idrodistillazione di piante [5].



Fig. 5

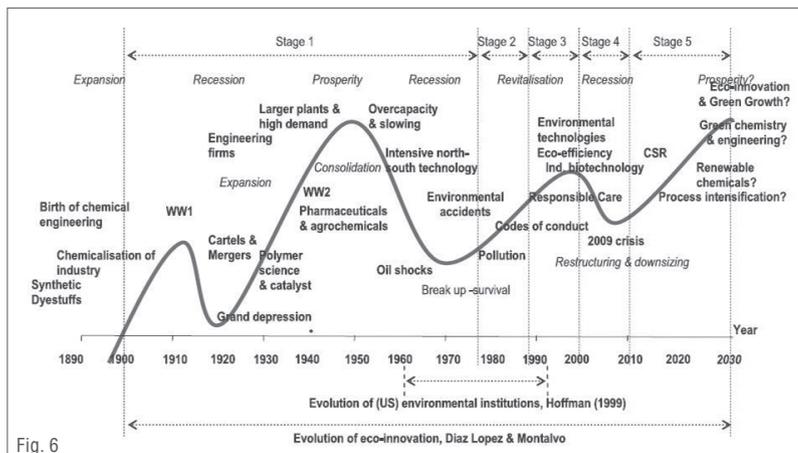


Fig. 6

Sebbene tutte queste tecnologie abbiano rivoluzionato alcuni comparti industriali innovandone i processi produttivi, in generale nell'industria chimica e farmaceutica ancora si stenta a rimpiazzare i reattori convenzionali. La stessa trasformazione di un processo batch in un processo a flusso si limita a produzioni particolari dove il cambiamento è stato guidato da aspetti legati alla maggiore sicurezza. allo scopo per la degradazione delle fibre di amianto [6], per la preparazione del biodiesel [7] e per l'estrazione di piante [8] (Fig. 5).

In ultimo va sottolineato il percorso di eco-innovazione dell'industria chimica (Fig. 6) [9] che, nell'arco di oltre un secolo, ha subito l'influenza dell'andamento dell'economia, dell'aggiornamento normativo e della capacità della comunità scientifica di trovare nuove soluzioni tecnologiche. Possiamo quindi concludere che la chimica del XXI secolo vuole innovazione tecnologica, l'unica via per mantenere elevati livelli di competitività e sicurezza nonché alti standard qualitativi.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Levinson, 2006, Princeton University Press.
- [2] Ball Milling Towards Green Synthesis: Applications, Projects, Challenges (2014), RSC. ISBN: 978-1-84973-945-0.
- [3] <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/key-enabling-technologies>
- [4] [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm)
- [5] A. Filly *et al.*, *Food Chem.*, 2014, **150**, 193.
- [6] F. Turci *et al.*, *J. Environmental Monitoring*, 2007, **9**, 1064.
- [7] P. Cintas *et al.*, *Ultrason. Sonochem.*, 2010, **17**, 985.
- [8] L. Alexandru *et al.*, *Innov. Food Sci. Emerging Technol.*, 2013, **20**, 167.
- [9] F.J. Díaz Lopez, C. Montalvo, *J. Cleaner Production*, 2015, **102**, 30.

### Chemistry of the XXI Century Wants Technological Innovation

Only very few inventions have a strong impact by serving extensively as prior art for many subsequent inventions and can be considered as breakthrough innovations. In spite of a general reluctance to change existing production protocols, only innovation and modern enabling technologies may drive a sustainable growth in the chemicals industry.