

La mobilità di domani: dall'ibrido alle *smart grids*

Sempre più proposte per una mobilità a zero emissioni escono dai laboratori di ricerca per entrare negli autosaloni. Diverse le strade percorribili, frutto di un successo ingegneristico che ora però chiede adeguate strategie di incentivazione

Fabio Orecchini, Adriano Santiangeli, Lorenzo Rambaldi

Da molto tempo è nell'aria il cambiamento epocale che porterà a consegnarci un'auto completamente diversa per il prossimo decennio. È stata la crisi economica iniziata nel 2008 a decretare il verdetto inesorabile e definitivo, ed i prossimi anni hanno il compito di dirci se l'auto ce la può fare davvero. La questione ambientale, da sola, non si è dimostrata sufficiente a spingere costruttori e automobilisti oltre l'era dei fumi inquinanti, e nemmeno la questione petrolifera con i suoi squilibri geo-politici ed economici ha dato la spallata decisiva ad un prodotto profondamente uguale e se stesso ormai da un secolo.

Con la crisi globale è arrivata la grande paura, ma anche la grande occasione: l'auto può finalmente accelerare i suoi

processi evolutivi. L'elettrificazione della trazione inizia a prendere corpo per davvero, il binario che porta al futuro ha un tracciato ormai ben chiaro che passa attraverso una crescente liberazione del combustibile dalla sua ingombrante parentela col petrolio e con gli altri idrocarburi di origine fossile, un innalzamento significativo del rendimento di bordo, la capacità sempre più ampia di fornire mobilità ad emissioni zero.

Le alternative possibili

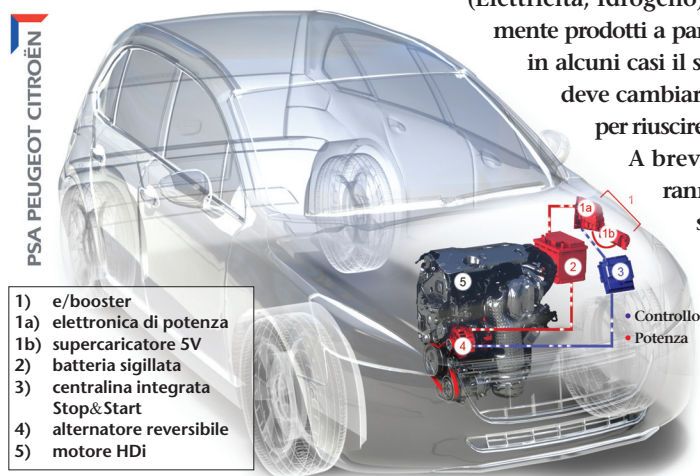
Le strade per uscire dal labirinto petrolifero sono più di una e non sempre sono coerenti tra loro. L'auto può fare il pieno o ricaricarsi con altri combustibili (GPL, Metano, Biocombustibili) e vettori energetici (Elettricità, Idrogeno), non necessariamente prodotti a partire dal petrolio. E in alcuni casi il sistema di trazione deve cambiare veramente poco per riuscire ad utilizzarli.

A breve termine arriveranno in maniera crescente proposte di alimentazioni a GPL (miscela di gas ottenibile anche da fonte non petrolifera, oggi derivata però

principalmente proprio dal processo di raffinazione del petrolio) e metano praticamente da tutte le Case. Sul versante dei biocombustibili, invece, il bioetanolo e il biodiesel, in grado di giocare un ruolo importante per la riduzione della dipendenza dal petrolio, hanno bisogno di strategie chiare e di lungo termine perché se ne giustifichi la diffusione. Il costo economico è elevato e l'impegno di terreni per la coltura delle piante necessarie alla loro produzione è impegnativo.

La sicura *new-entry* nel mondo dell'auto «che conta» è l'elettricità. Progetti pilota dei principali *automakers* in tutto il mondo. Nuovi marchi. Auto pronte per il mercato in tutti i saloni. E l'idrogeno, che nell'opinione pubblica ha avuto una leggera flessione di ribalta «occupata» dall'elettrico puro a batterie (suo parente strettissimo), ha però continuato il suo percorso di ricerca applicata e sperimentazione. La grande prospettiva di diffusione dell'elettrico, può infatti portare ad un forte rilancio delle celle a combustibile (tecnologia di produzione dell'elettricità a bordo) alimentate da idrogeno come una delle soluzioni per le auto elettriche dei prossimi decenni.

Indubbiamente sono molte le proposte in arrivo sul mercato per la riduzione dei consumi. Tutti i marchi, come già sta accadendo, hanno o avranno linee di prodotto a basso consumo ben identificate. I principali sistemi adottati per limitare i consumi sono lo *stop&start*, il *downsizing*, il recupero di energia in frenata e una architettura ibrida motore termico-batterie-motore elettrico. Ma le emissioni zero sono possibili, questo ormai è chiaro dal punto di vista tecnologico. Ma già dal 2011 arriveranno ad essere protagoniste anche della strada, oltre che della sperimentazione e della comunicazione. Una trazione solo elettrica si può ottenere in diversi modi, con diverse architetture che vanno da configurazioni ibride di tipo *full hybrid*, che consentono per brevi tratti la trazione in solo elettrico con motore termico spento, alla soluzione con batterie e motore elettrico fino all'adozione di sistemi elettrici con doppia possibilità di erogazione a bordo di elettricità, sia da *fuel cell* alimentate a idrogeno che da batterie. Le auto ad emissioni zero arriveranno in numero sempre maggiore, ma all'i-



Il gruppo PSA Peugeot Citroën sta introducendo su larga scala anche la tecnologia Micro-ibrida «e-HDi» con funzione Stop&Start di ultima generazione. Il motore diesel abbinato ad un innovativo alternatore reversibile, ad un dispositivo *e-booster* della batteria e ad un sistema elettronico di recupero dell'energia in fase di decelerazione, assicura una notevole riduzione dei consumi in ambito urbano e delle emissioni di CO₂



Crossover a quattro ruote motrici, Peugeot 3008 HYbrid4 è la prima vettura ad adottare un sistema ibrido basato su un motore a gasolio. Il 2 litri diesel da 163 cv accoppiato ad un propulsore elettrico da 37 cv emette 99 g/km di CO₂ e consuma 3,8 litri ogni 100 km

nizio in maniera non molto visibile. Alcuni importanti modelli ibridi avranno infatti la possibilità di marciare in sola modalità elettrica per alcuni chilometri, cioè ad emissioni completamente zero. Sarà l'inizio di un'era, in realtà già sperimentata negli ultimi anni - seppur per poche centinaia di metri - dai possessori delle auto *full hybrid* già in commercio. La rivoluzione invisibile è destinata a continuare, in modo particolare ai piani alti della gerarchia dell'auto, interessando modelli belli e desiderati nell'alto di gamma.

Nel prossimo decennio molti marchi metteranno su strada nuove auto totalmente elettriche dotate di batterie al litio, con l'arrivo previsto anche di marchi totalmente nuovi sul mercato. Farà la sua ricomparsa l'idrogeno, inizialmente soprattutto in progetti di nicchia. La sua possibilità di successo è infatti legata proprio alla preventiva affermazione della trazione elettrica nella percezione del mercato e degli automobilisti. La *chance* per il nuovo combustibile ci sarà, ma non prima del 2015. Un'architettura, quella con l'idrogeno, che probabilmente ibridizzerà con un serbatoio e uno *stack* di *fuel cell* il sistema elettrico a batterie. Questo consentirà un'estensione di autonomia (*range extended*) rispetto all'auto elettrica a batteria grazie ad un serbatoio il cui combustibile potrà essere idrogeno (magari prodotto da fonti rinnovabili) che, alimentando una cella a combustibile (*fuel cell*) non farà altro che produrre nuova elettricità da indirizzare o alle batterie o al motore elettrico (a seconda delle configurazioni e delle necessità) emettendo nel processo solo vapore acqueo. La finalità, comunque, è

chiara e condivisa: arrivare ad auto a emissioni zero, che utilizzino un vettore energetico producibile da fonti rinnovabili. E l'elettrificazione crescente della trazione è una delle due strategie portanti del percorso di avvicinamento all'auto ad energia rinnovabile con emissioni zero.

Il percorso di elettrificazione dell'auto

Secondo la definizione più classica e più corretta, un veicolo può essere definito ibrido quando nel suo sistema di trazione sono presenti due differenti tipologie di motori di trazione, solitamente un motore termico e un motore elettrico. Visto il moltiplicarsi delle proposte evolutive e di sistemi innovativi sul mercato, un veicolo viene oggi definito «ibrido» quando ha a bordo più sistemi di accumulo, di conversione o di utilizzo dell'energia.

La classificazione oggi adottata da tutte le Case automobilistiche e dagli addetti del settore è ormai quella che fa fondamentalmente riferimento al grado di ibridizzazione della vettura, cioè al rapporto fra la potenza del gruppo motore termico/generatore e quella del motore elettrico. Con questo criterio, quindi, le soluzioni di trazione ibrida classificate, in pratica, in base alle possibilità di espletamento di determinate funzioni da parte dell'impianto elettrico sono: veicolo non ibrido cioè trazione con ICE (Internal Combustion Engine), Hybrid Electric Vehicle-HEV (Micro Hybrid, Mild Hybrid, *full hybrid*, Plug-in Hybrid), Battery Electric Vehicle-BEV. Per

dare un quadro sintetico di quali siano le funzioni presenti o possibili in un veicolo a seconda delle diverse tipologie di ibrido, partendo dal «non ibrido» e concludendo con l'«elettrico puro».

Micro Hybrid

Le funzioni svolte dalla componente elettrica in un *micro hybrid* sono essenzialmente le seguenti:

- alimentazione degli accessori elettrici, compreso il condizionamento dell'abitacolo;
- *stop&start* (spegnimento del MCI durante le fermate e avviamento automatico alla ripartenza);
- possibilità di recupero di una parte dell'energia in frenata.

Mild Hybrid (Mild HEV)

Con *mild* (o *medium*) *hybrid* si indicano quelle vetture in cui, oltre alle funzioni dei *micro hybrid*, l'impianto elettrico ne svolge anche altre. Riassumendole tutte:

- (già caratterizzante il *micro hybrid*) alimentazione degli accessori elettrici, compreso il condizionamento dell'abitacolo;
- (già caratterizzante il *micro hybrid*) *stop&start*;
- distribuzione inattiva (quando non è richiesta coppia al MCI, le valvole vanno in posizione riposo e non assorbono energia, il MCI si ferma senza realmente spegnersi);
- erogazione di potenza per la trazione; in particolare il motore elettrico fornisce potenza alle ruote per coprire i picchi di coppia (ad esempio all'avvio);
- recupero dell'energia in frenata.

La differenza sostanziale tra questa soluzione e il *micro hybrid* consiste nel fatto che l'impianto elettrico contribuisce in questo caso in modo significativo alla trazione. In base al rapporto tra la potenza del motore elettrico e quella del MCI si parla di *mild* o *medium hybrid*. In ogni caso, non è possibile, se non in particolarissime condizioni, la trazione con il solo motore elettrico.

Full Hybrid (Full HEV)

Quando, oltre alle funzioni viste per il *micro* e per il *mild hybrid*, è possibile (seppur con i limiti di autonomia e potenza dovuti

ti al dimensionamento del motore elettrico e delle batterie di accumulo) la partenza da fermo e la trazione per un intero ciclo di marcia con il solo motore elettrico, si parla di *full hybrid*. Per cui riassumendo tutte le funzioni di un sistema di tipo *full hybrid*, si avrà:

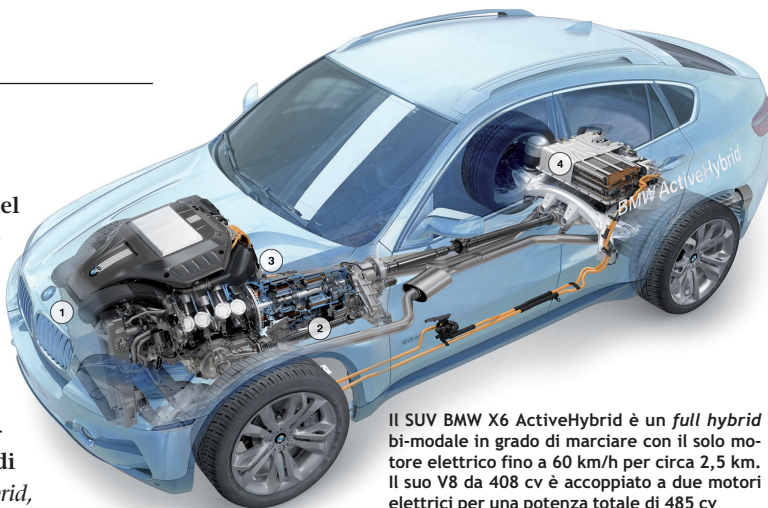
- (già caratterizzante il *micro, mild e medium hybrid*) alimentazione degli accessori elettrici, compreso il condizionamento dell'abitacolo;
- (già caratterizzante il *micro, mild e medium hybrid*) *stop&start*;
- (già caratterizzante il *mild e medium hybrid*) distribuzione inattiva (quando non è richiesta coppia al MCI, le valvole vanno in posizione riposo e non assorbono energia, il MCI si ferma senza realmente spegnersi);
- (già caratterizzante il *mild e medium hybrid*) erogazione di potenza per la trazione; in particolare il motore elettrico fornisce potenza alle ruote per coprire i picchi di coppia (ad esempio all'avvio);
- (già caratterizzante il *mild e medium hybrid*) recupero completo dell'energia in frenata;
- possibilità di partenza da fermo e trazione in sola modalità elettrica con funzione ZEV (Zero Emission Vehicle).

Plug-in Hybrid (PHEV)

L'auto *plug-in* è un'auto ibrida (con motore a combustione interna, batterie e motori elettrici) che offre anche - come principali differenze rispetto alle ibride attuali - la possibilità di ricaricare le batterie di bordo dalla presa elettrica e la capacità di garantire una trazione soltanto elettrica per un raggio d'azione sufficiente almeno per gli spostamenti medi quotidiani -



Derivata dalla Prius ibrida, la Plug-in può percorrere 20 km in modalità «full electric» grazie alle batterie supplementari. Per ricaricarsi necessita di una presa da 220V e poco meno di due ore



Il SUV BMW X6 ActiveHybrid è un *full hybrid* bi-modale in grado di marciare con il solo motore elettrico fino a 60 km/h per circa 2,5 km. Il suo V8 da 408 cv è accoppiato a due motori elettrici per una potenza totale di 485 cv

- 1) Motore a benzina TwinPower Turbo
- 2) Trasmissione ActiveHybrid Two-Mode a 7 rapporti
- 3) Elettronica ad alta tensione (picco massimo 425V)
- 4) Batteria Ni-Mh

bride non è ancora la storia di un successo commerciale, visto anche il limitatissimo numero di modelli sul mercato. Ma è senz'altro già una storia di successo ingegneristico, perché quei

diani in città, quindi da un minimo di quindici ad un massimo di oltre cento chilometri.

Per le ibride *plug-in* vale lo stesso discorso fatto per le ibride di oggi: un loro successo tecnologico, cioè la capacità delle batterie e del sistema di offrire su strada prestazioni altamente soddisfacenti per chi produce e chi utilizza, potrebbe aprire di nuovo la strada all'elettrica «pura», quella che usa soltanto l'energia precedentemente caricata negli accumulatori per poter marciare.

Battery Electric Vehicles (BEV)

Alla base della rinascita dell'auto totalmente elettrica a batterie ci sono tre fattori principali:

- il primo è la voglia sempre più esplicita della società, della politica, e quindi ben presto del mercato, di avere su strada auto capaci non soltanto di inquinare e consumare poco, ma addirittura di non consumare affatto combustibili fossili e di non emettere nessuna sostanza inquinante dal tubo di scappamento;
- il secondo è il crescente successo tecnologico delle auto ibride, dotate di motore a combustione interna ma anche di batterie e uno o più motori elettrici. Quella delle i-

sistemi descritti dai detrattori come complessi, costosi e delicati stanno dimostrando su strada, in tutte le aree nelle quali sono diffusi, di avere un'affidabilità addirittura superiore a quella della auto «convenzionali», di poter garantire guadagni a chi ha deciso di immetterli sul mercato e di far ottenere, nelle giuste condizioni di impiego, risparmi in termini di combustibile ed abbattimenti delle emissioni di assoluto interesse;

- il terzo fattore di rilancio dell'auto elettrica arriva dal di fuori del mondo dell'auto. Si tratta della grande diffusione e del successo tecnologico delle batterie al litio, ormai presenti in pratica nelle tasche o nelle borse di tutti, visto che sono largamente utilizzate per alimentare telefoni, palmari, computer portatili, lettori MP3. L'enorme mercato creatosi con le applicazioni portatili ha fatto confluire sulle attività di ricerca e sviluppo delle batterie al litio enormi capitali, tali da aver fatto accelerare la tecnologia a tal punto da averla spinta a cercare di invadere altri mercati, come quello nascente dell'auto ibrida e quello potenzialmente mai scomparso dell'auto elettrica.

Fuel Cell Hydrogen Electric Vehicle (FCEV)

Mentre attorno sembrava regnare il silenzio, nel settembre del 2008 è stato approvato dal Parlamento Europeo, con 644 voti a favore, 2 contrari e 11 astenuti, un regolamento che fissa le norme europee per l'omologazione dei veicoli a idrogeno.

La grande attenzione sull'auto sempre più elettrica ha alleggerito l'interesse del grande pubblico sull'auto a idrogeno. Se da un lato questo porta dei rischi, come la possibile riduzione degli sforzi e degli investimenti da parte delle Case automobilistiche, delle aziende energetiche potenzial-

mente interessate a produrre idrogeno, della società civile e della politica, deputate alla realizzazione delle giuste condizioni economiche e di mercato perché il nuovo combustibile possa iniziare a diffondersi, da un altro lato la nuova situazione, che può essere definita di «bassa luminosità» sul possibile futuro a idrogeno, conduce anche ad effetti positivi: il sistema complesso di messa a punto di norme oggi assolutamente inesistenti per la produzione, l'immagazzinamento, l'utilizzo e anche il semplice commercio di idrogeno ha infatti modo di prendere forma. E lo stesso sviluppo di soluzioni efficienti ed affidabili per l'automobile può lavorare in una situazione più tranquilla rispetto a qualche anno fa. Le aspettative e le urgenze appaiono meno pressanti, visto che alcuni pensano addirittura, a dir poco frettolosamente ed approssimativamente, che la tecnologia dell'idrogeno sia già stata messa da parte. Intanto i gruppi di lavoro macinano risultati, i prototipi dimostrano prestazioni sempre più interessanti, gli attori economici si attrezzano per entrare in maniera profittevole nel nuovo *business*.

Per l'auto a idrogeno, in modo particolare, la cosa più importante accaduta è stata la nascita della normativa di riferimento per l'omologazione dei veicoli a livello europeo. Mentre tutti parlavano di idrogeno, infatti, nelle norme gli stessi veicoli ancora nemmeno esistevano. Non era possibile ottenere l'omologazione di un'auto a celle a combustibile. Il nuovo regolamento ha colmato questo vuoto.

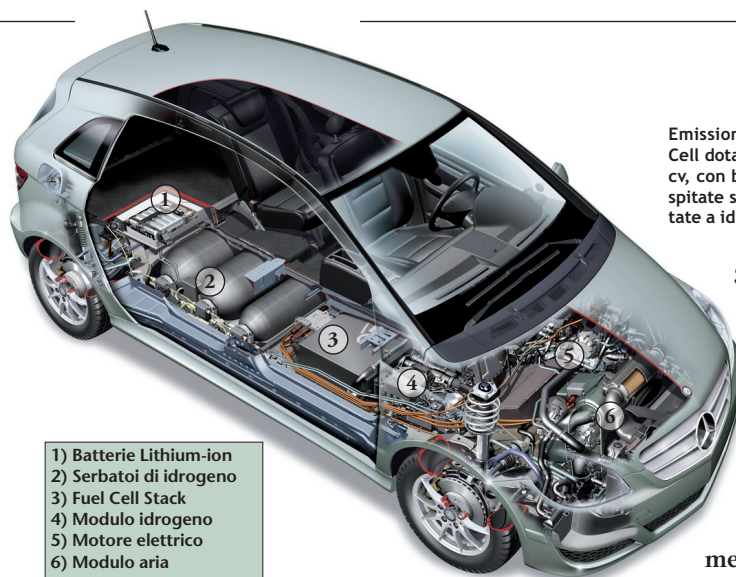
V2G (Vehicle to grid network)

L'impatto che avrebbe la ricarica di veicoli elettrici sulla rete elettrica nazionale viene comunemente visto come un limite per la loro diffusione di massa. In effetti passare in maniera repentina dalla produzione dell'energia meccanica da fonti fossili, al totale approvvigionamento energetico dalla rete elettrica, produrrebbe notevoli inconvenienti, senza un'accurata opera di adeguamento della stessa rete ed una inevitabile revisione della pianifica-

zione energetica nazionale. Le reti elettriche sono state inizialmente progettate per raccogliere una grande quantità di energia elettrica prodotta in modo «centralizzato» da poche centrali e distribuirla a moltissimi utenti in maniera capillare. Tuttavia con lo sviluppo sempre più diffuso delle energie rinnovabili e della cogenerazione da impianti turbogas, si sta passando da una generazione concentrata ad una generazione maggiormente distribuita e quindi ormai bidirezionale; il che permette al singolo utente di essere allo stesso modo sia consumatore che produttore. Le cosiddette «smart grids» consentono di superare i limiti che ad oggi vengono riconosciuti alle fonti rinnovabili: l'aleatorietà e la discontinuità della fonte e la bassa densità energetica. Una gestione energetica avanzata che ottimizzi e direzioni in maniera opportuna i flussi di energia tra produzione, accumulo e consumo consente di sfruttare al meglio le potenzialità delle fonti rinnovabili rag-



Nissan LEAF è un'elettrica alimentata da una batteria agli ioni di litio da 192 celle che eroga corrente a 345V e 90 kW di picco di potenza. Si ricarica dalla presa domestica o da una colonnina da 380V e offre un'autonomia di 160 km



- 1) Batterie Lithium-ion
- 2) Serbatoi di idrogeno
- 3) Fuel Cell Stack
- 4) Modulo idrogeno
- 5) Motore elettrico
- 6) Modulo aria

Emissioni zero per la Mercedes Classe B F-Cell dotata di un propulsore elettrico da 136 cv, con batterie agli ioni di litio da 35 kW ospitate sotto al pianale e a loro volta alimentate a idrogeno. Ha un'autonomia di 385 km

giungendo l'obiettivo dei «cicli chiusi».

Questo è il motivo per cui i veicoli elettrici *plug-in* possono essere considerati come un'opportunità e non come un limite. Il veicolo elettrico *plug-in* è, per definizione, non solo un mezzo utilizzato per muovere

persone o merci, ma è un vero e proprio accumulo energetico. È infatti noto che i nostri veicoli rimangono parcheggiati ed inutilizzati per un tempo di gran lunga superiore rispetto a quello di utilizzo e quindi potrebbero rendere utilizzabile il loro potenziale di accumulo nei confronti della rete. I vantaggi potenzialmente ottenibili sono molteplici. La curva di carico della rete potrebbe essere «appiattita» con i conseguenti vantaggi sui rendimenti degli impianti, che si troverebbero a lavorare in un intervallo di funzionamento molto più piccolo rispetto ad ora e quindi sarebbero meno inclini anche a malfunzionamenti e a manutenzioni straordinarie. Nell'ottica delle energie rinnovabili, invece, i veicoli potrebbero accumulare l'energia in eccesso al consumo rispetto alla produzione, per poi ridarla alla rete nei momenti di maggior consumo da parte degli utenti. L'utente a sua volta potrebbe beneficiare di sconti sul costo della ricarica.

Ed è proprio di pochissimi giorni la definizione di nuova tariffa di rete riservata alla ricarica delle auto elettriche nei centri urbani ed in altri luoghi aperti al pubblico. Decisione presa dall'Autorità per l'Energia con novità che riguardano una nuova tariffa, in vigore dal 1 gennaio, servizi di rete destinati alla ricarica pubblica delle auto elettriche, regole semplificate per la sperimentazione degli stessi servizi. Altro aspetto interessante è lo spazio destinato a criteri concorrenziali per la selezione di sei progetti pilota per la ricarica pubblica.

Fabio Orecchini
Adriano Santiangeli, Lorenzo Rambaldi
Gruppo di Ricerca Automotiva (GRA),
Centro Interuniversitario di Ricerca
per lo Sviluppo sostenibile (CIRPS)
«Sapienza» Università di Roma