

## BATTERIES : PROGRÈS TECHNOLOGIQUES ET PERSPECTIVES

Patrick BASTARD - Renault Nicolas LECLERE - Groupe PSA



**GROUPE RENAULT** 

appears on deax mobile, drielle et gambs, aver l'hypothèse faite: Dans chagge moirié, les ceurants induity dans les spires and time le monte sens, mais les deux sens anut contrairon. Pour In modifé de decire, les forces électromatisans de chaque spice algorithm, on some qu'il y a, enfre l'extrêmité appèrieure et l'extremité inférieure. une certaine différence de potentiel, une certaine tores electrometrice, dent le pile penitif, par exemple, est à l'extranció ampricure. Messo rairecomment your l'autre monté, dont la force obre temotroe sura son pile presid au mimo poud que la precedence, poisque tout est inversé. Conmedical sat symittique, les deux f. coss el etranotrices word, non realestent apprecies, main egaler antre etter. D'ailleurs, date chaque morié, le force electromotries aviate deferences countains. malgré la robilion, parce que toute diminulion duns le courant des socres du quiet d'acman superious our connenses par une acquestation egule dans he spares du quart inférieux

Ceri admis, si pous relions les sous plus romrecord supériour et inférious, par un néceit estirring, his clear sources accorned character dans le circuit une molté du courant total sous un voltage represente pur la force électrometrice continue et constante dissimples dans rangue. moitis de l'anness.

Neur voici done en possession d'une machine, d'un motour qui transforme de l'énergie miennique en éscrate électrique. Commandons la rulation of Conneces not one machine a vapour. par exemple, your rivedious dis comuni diretriwithing feering of les yours vand fourner asset shamp magnetique, to fix de forme l'anneau la volture nuavoces. La volture êlectrique est réalisée.

métaclique, nous récuteur du courant électrique, la decime est alors généralems de courget; su contrains, encorpuse the convent dans la dynamic, area similare un travail mécanique. la denur-a est alors reception. Blic passe in cults facultà prèseuse de transformer de l'energie mécan que en l rastale circleique, et a vice versa a.

Nous prayens consequir on hydraulique quel gue chose d'analogue, fine rope à augets, si pe us in biscons to orner is brus, clovers on I see a unsivian supisione, laversement, la chute de l'entr dans les augres supérieurs produira le muuve ment de la rosse, qui sera susceptible des loca d'actionner un métacismo quelquoque,

Quele sont denc être les organes d'une scôture (Betrigge? Ce support)

1º Des cancumulateurs o, dans lesquels est em manusimen de l'énergie électrique (d'est le résonreis à essence des votures ordinaipad;

pe tin un des «mateurs dynamo flectriques», dans lenguels le pasange du commit provenant he accomulateurs provocuers un monvenuel

Connect fermenous variet in vilesse? Bana les portures à vapour, on la 1 verier la pression l'aderisann au la driente; dans les voitners à pétrale, or surploir un changement de viteres; than les dischinges, on combine un appareil nommé « combinateur », qui n'est aure chose que le chésetal autérieurement décrit, el qui permet de faire varier la quantité de consent surveyer an moreny,

Par on disposite ingenious, sur topict is no our any horses de la demante. On et c'est ce puis authenneusement m'écondre dan per chroque many metroson le plan, un tel men un est gé i mignen el mentrales, un constructeur. W. Vedrine. sample. Envoyage do courant dans les spires, a pa supprimer la commat ar et aldonir fixes immédialement l'announ vu tourner. Supposest terrent les variations de térense la mateur les que non ave de reget on set l'essaen troteur d'une sette simplement qu'il fait varier l'integnit de

L'électrique est sons enrigadit la plus simple de tontes les voitures autumbiles, Elle paperinte le me hate d'ajouter que, dans la praique, lien des argates, les changements de vitrandans la réalité, fout cela est un peu moins sim | les emprayages, etc. Le moteur est d'une sonale; mais l'elès que nous nous faisons du fonc plesse admirable; il geut prendre toutes les virionnement de certo dyname est exacte. Com tressa et peut derner les roups de collier auton

courant continu. Separane par la pennée, metre [mundous la setation de l'anneau par un granta dinacipue, [legient 10 abeveau part, inches que fourtir 30 on 40. Calin, 10000 top or or distance of funde, all olders, as people repidation; sen miniment at drifter simplicité existent, C'est sice le riville :

Mais, belast toiri is over but par Quand les accumulateurs stat rifus et role, of more o'acheions per more of avec la mime facilité que des liters rema Same atomin doubt, l'inconvinted na parte importance dans un service urban, i bio moins fait quelque bet an dévelopment temmotion électrique.

Paul E espèrer en l'avenir? Ozi, siu a. male l'encumulateur actuel est un bire son appared et l'accumulateur au penare : grand'shoos is gazone, Cepended, a tonous autorise placement is enforced to me pour permet de condum que la vierl'avenir sera électrique.

Le faut est de samie si cet amair desencore très éloigne. Peut être une le critanonvelles was our la maiere

(L'Auto)







« L'électrique est sans contredit la plus simple de toutes les voitures automobiles. Elle supprime bien des organes, les changements de vitesse, les embrayages, etc. Le moteur est d'une souplesse admirable: il peut prendre toutes les vitesses et peut donner les coups de collier qu'on lui demande. Un moteur qui développe normalement 10 chevaux peut, momentanément, en fournir 30 ou 40. Enfin, l'électrique est propre, ne dégage ni fumée, ni odeur, ne produit aucune trépidation ; son maniement est d'ailleurs d'une simplicité extrême. C'est bien la voiture de ville idéale. »





« Mais, hélas ! voici le revers de la médaille. Quand les accumulateurs sont vides, elle s'arrête, et nous n'achetons pas encore des watts avec la même facilité que des bidons d'essence. Sans aucun doute, l'inconvénient n'a pas grande importance dans un service urbain ; il a néanmoins fait quelque tort au développement de la locomotion électrique. »





« Faut-il espérer en l'avenir ? Oui, sans doute, mais l'accumulateur actuel est un bien mauvais appareil et l'accumulateur au plomb n'a plus grand'chose à gagner. Cependant, la théorie nous autorise pleinement à espérer, et c'est ce qui nous permet de conclure que la voiture de l'avenir sera électrique. »



#### Le futur a commencé très tôt



**Peugeot VLV** 1941



Années 20



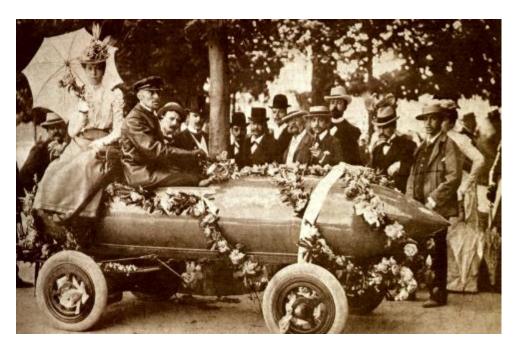
La jamais-contente (C. Jenatzy – 1899) 105 km/h



#### Minute détente

#### Pourquoi Camille Jenatzy appela-t-il sa voiture la « Jamais contente »?

- Elle refusait régulièrement de démarrer
- C'était sa devise personnelle: « Jamais content, peut mieux faire!»
- Ses performances étaient très aléatoires
- En hommage à son épouse



#### Véhicule électrique : une longue histoire

2020'

2012'

1990'

RENAULT





**Production** 

Vers un écosystème durable de la mobilité électrique

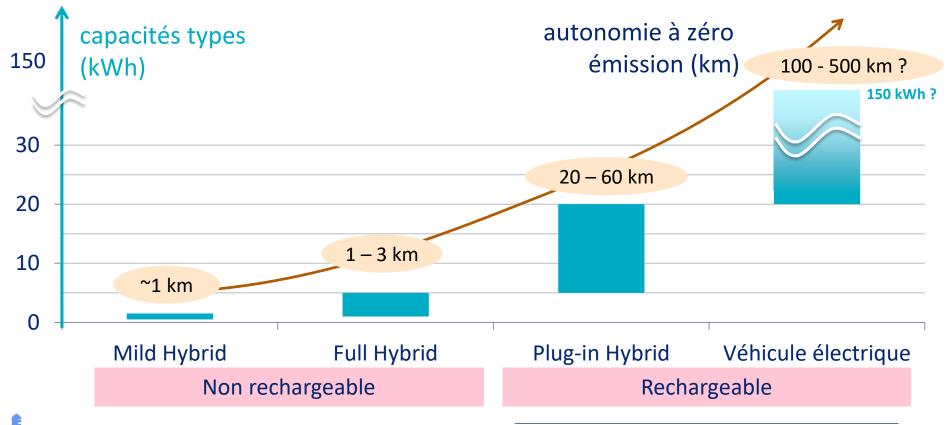
de masse

Petites séries



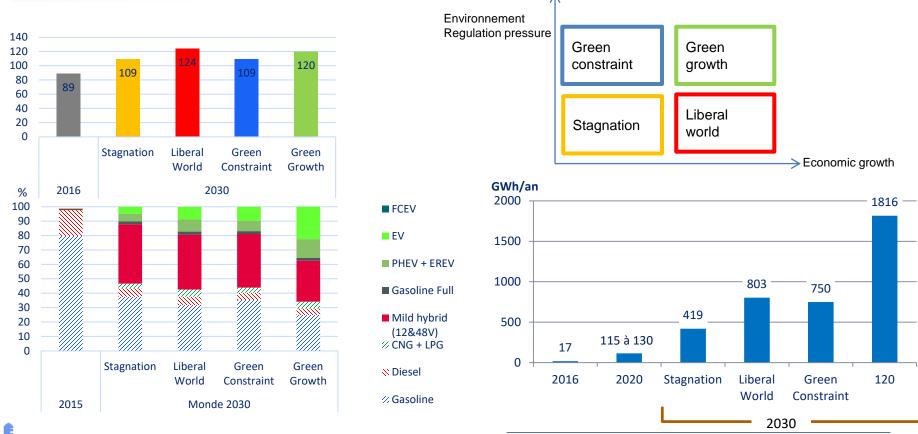
1920'

#### Electrification des véhicules : un peu, beaucoup, ... passionnément !



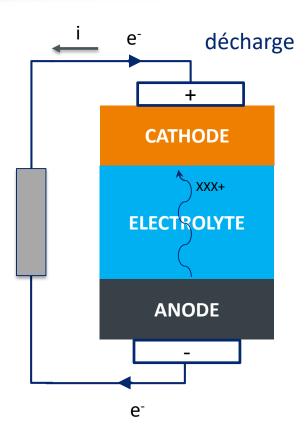


#### Un besoin en batterie qui va aller en croissant



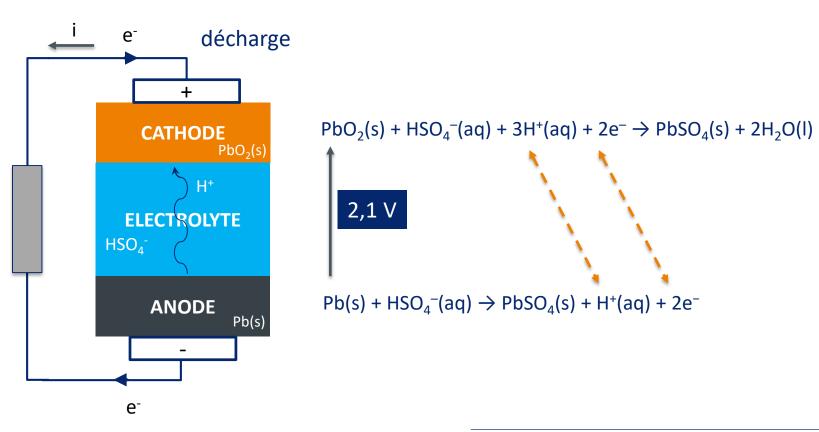


#### Batterie : un principe de base, mille réalisations possibles !



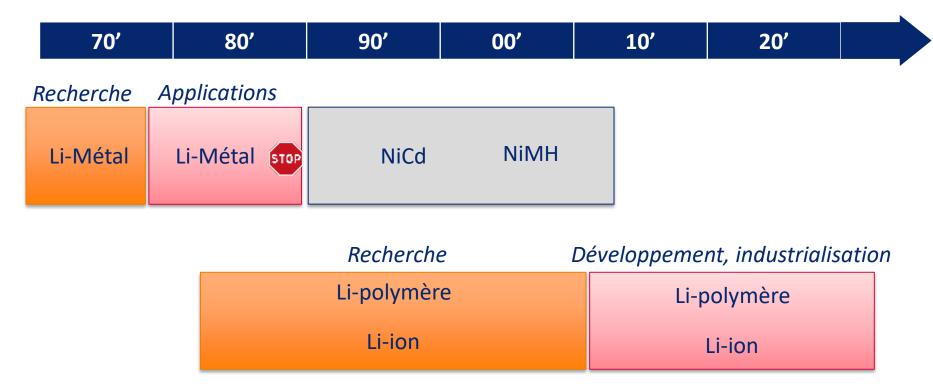


#### Batterie : exemple de la batterie au plomb



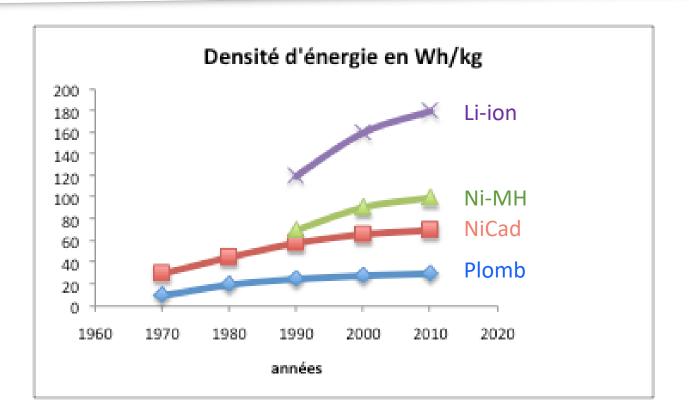


#### Les batteries Li-ion : une histoire plus récente



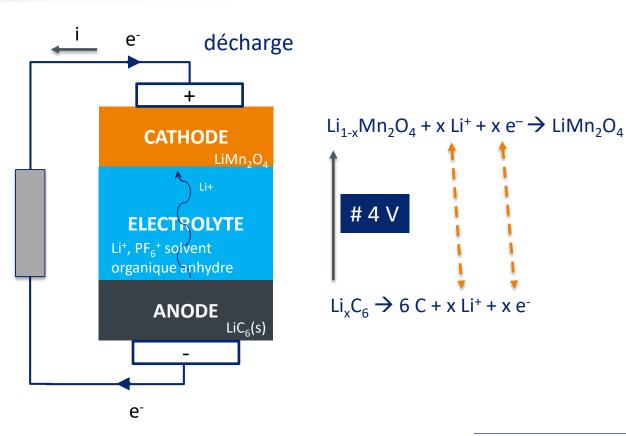


#### Lithium : pour lever le verrou de l'autonomie



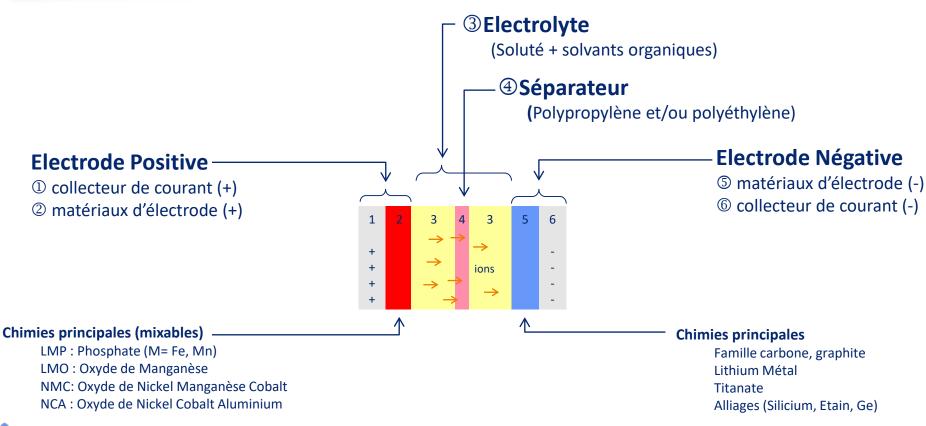


#### Batterie Li-ion (exemple de réalisation possible)



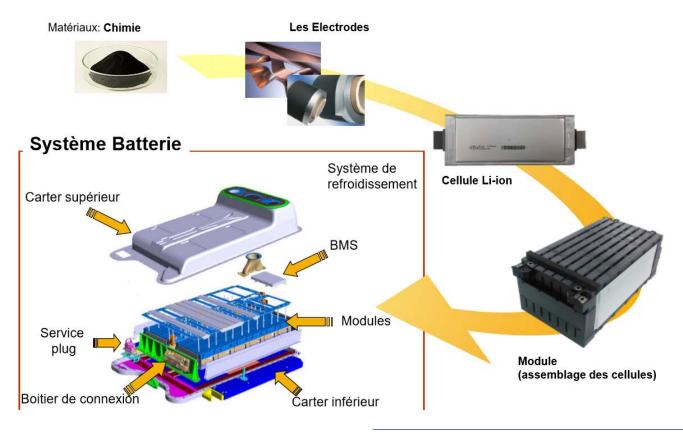


#### Li-ion: De nombreuses variantes possibles





#### Du matériau au système batterie





#### Différents formats de cellules

#### **Pouch**









- Dimensions adaptables
- PRF favorable







- Format standard ...
- ...mais coûteux





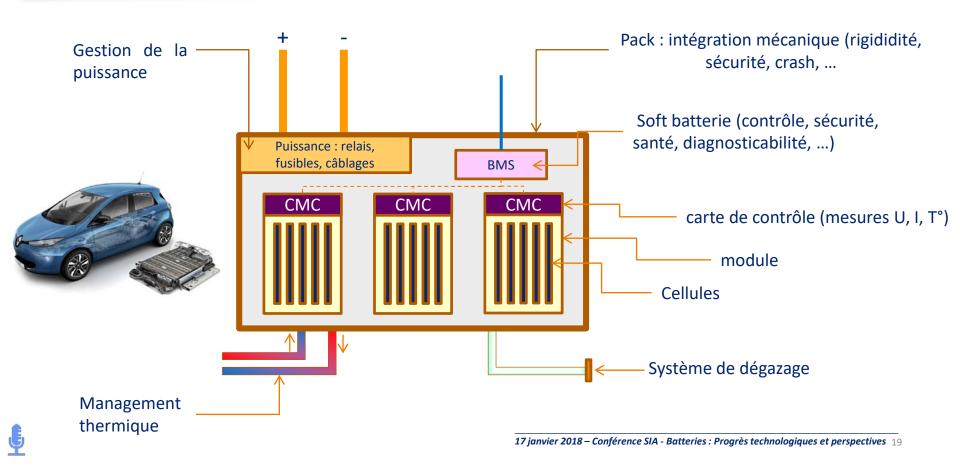




- Cellule pas chère ...
- ... mais pack très complexe



La batterie = des cellules ... dans des moyennes boites ... dans une grande boite ... Mais pas que !



#### A la quête du graal : la batterie parfaite ?

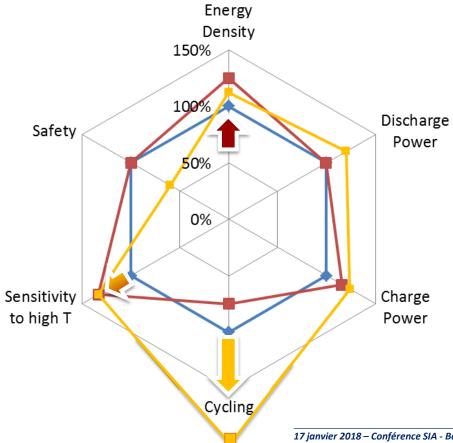
#### Les domaines techniques sur lesquels les travaux doivent se poursuivre sont:

- > performances : densités volumiques et massiques d'énergie → autonomie
- > durabilité : maîtrise et limitation du vieillissement
- > compatibilité avec les systèmes de recharge ultra-rapide → puissances et courants importants / enjeu temps de recharge
- > compatibilité avec l'intégration des VE dans les smartgrids
- > tenue aux conditions climatiques étendues : accès aux marchés « grand-froid » et « grand-chaud »
- > coût : important pour une diffusion de masse du VE

En parallèle de ces évolutions, et comme cela a été le cas jusqu'à maintenant, aucune concession ne doit être faite sur la sécurité malgré les évolutions de chimie, les augmentations de capacité et de puissance de recharge.

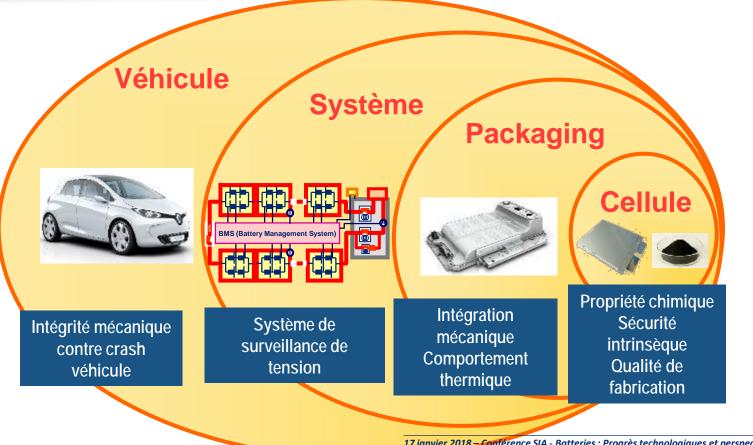


#### Quels critères de sélection?





#### SECURITE: PLUSIEURS NIVEAUX DE PROTECTION





#### Tests à tous les niveaux





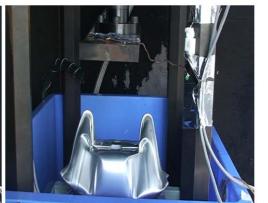




Pack

Module

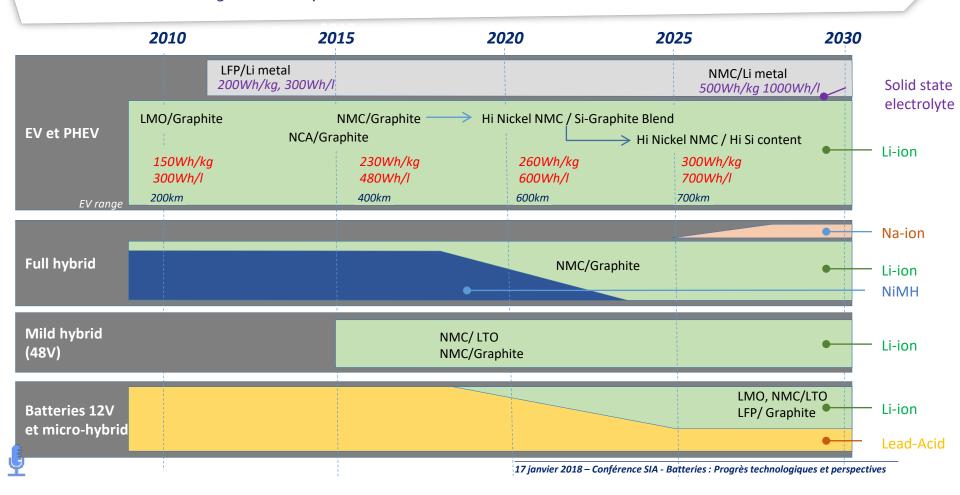




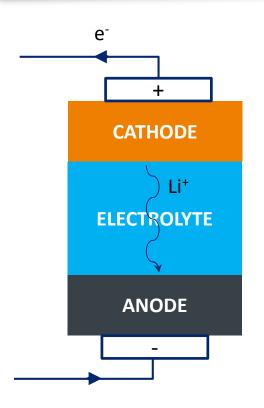




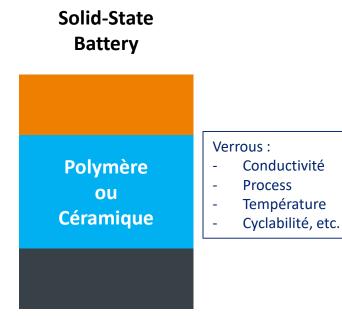
#### Et demain ? Qu'y a-t-il après le Lithium Ion ?



#### ASSB: de quoi parle-t-on?

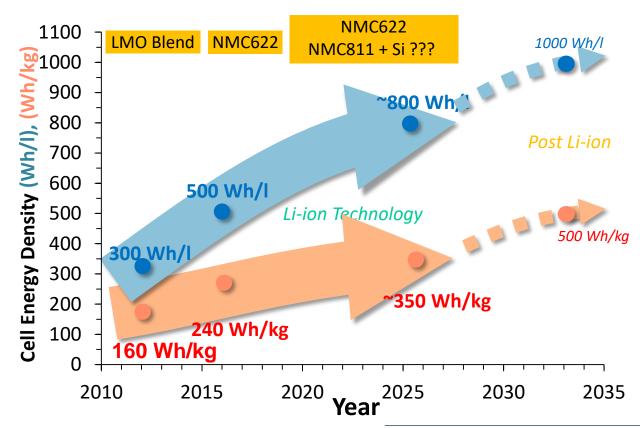








#### Roadmap





#### Aura-t-on assez de matériaux ?

#### Le boom des batteries va entraîner une ruée sur les métaux critiques

Le lithium et le cobalt: les producteurs doivent faire face à 6 véhicule électrique. leurs responsabilités Bien que les batteries en li-ion sont essentielles urs response.

Irs response.

Irs response.

Irs response.

Irs response.

Irs response.

Bien que les batteries en li-ion.

Bien que les batteries de nombione de nombione de nombione de se fait de la literation de son rendre aux technologies plus duraient nous rendre des érergies fossiles à l'origine de nous rendre aux technologies plus duraient nous rendre des érergies fossiles à l'origine de nous rendre des érergies fossiles à l'origine de nombione des érergies à l'origine de nombione des faits armés, elles pourraient nous rendre des érergies à l'espons de son approvisionnement est au coeur des préoccurs des métaux suspendres à l'essor de la voiture électrique de l'automobile cherchent à sécuri des marchés des métaux suspendres à l'essor de la voiture électrique de l'espoins en métaux de l'automobile cherchent à sécuri des préoccurs de la voiture électrique de l'espoins en métaux de l'automobile cherchent à sécuri des préoccurs de la voiture électrique de l'espoins en métaux de l'espoins en mé aux technologies plus durables et à l'abandon nquent.

Articles en relation

La plus grande usine de

INDUSTRIE & SERVICES

ι serait multipliée alt par vingt. Pour y

Les marchés des métaux suspendus



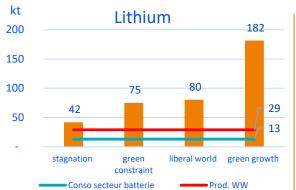


#### Matériaux principaux à surveiller

- > Nickel
- > Manganèse
- > Cobalt
- > Lithium
- > Graphite
- > Cuivre

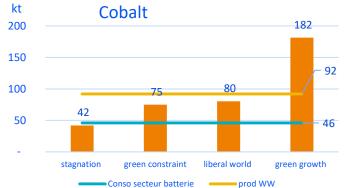
#### Enjeu matériaux (Monde - 2030)

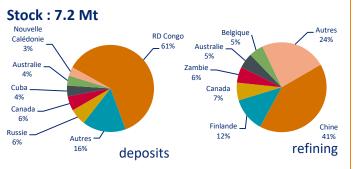
Australie





- Risque géopolitique modéré
- Cours volatile (7 kUS\$/t)

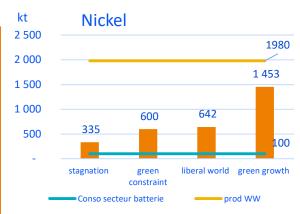






Réserves limitées

Cours volatile



#### Stock: 69 Mt

- Risque géopolitique modéré
- Cours volatile



(Graphite, cuivre : à surveiller)



#### Cours du cobalt (en € par tonne)





17 janvier 2018 – Conférence SIA - Batteries : Progrès technologiques et perspectives 29

## La batterie est au cœur de l'éco-système du VE, mais elle n'est pas seule!

#### **Batterie**

- > densité d'énergie
- > coût
- > charge rapide
- > cyclabilité

#### Infrastructure de charge

- > densité
- > disponibilité
- > V2G

#### Politiques énergétiques et environnementales

- > Electricité verte
- > Indépendance énergétique

#### **User experiences**

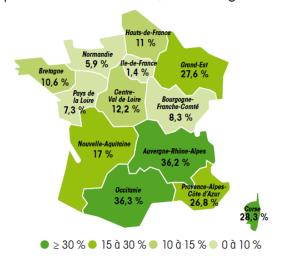
- > Nouveaux usages : leasing, sharing,
- > Services de mobilité, d'aide à l'utilisation de la voiture

Voie de progrès complémentaires



#### Energies renouvelables et véhicules électriques : une complémentarité à développer

Couverture de la consommation par la production renouvelable, en année glissante

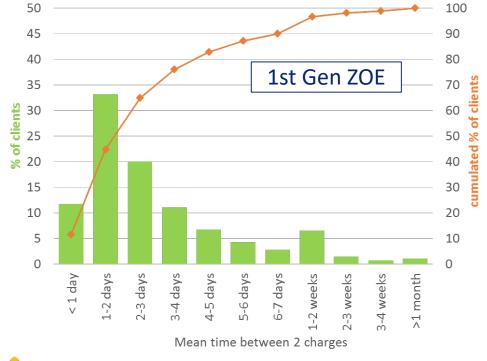


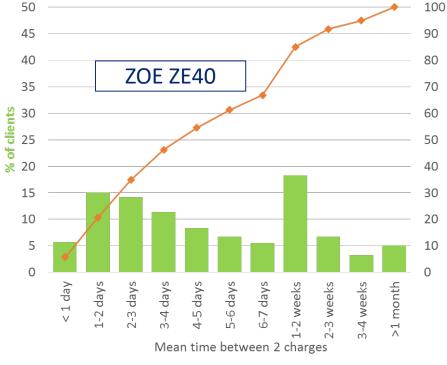
### L'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE **COUVRE 18,1 %** DE L'ÉLECTRICITÉ **CONSOMMÉE EN ANNÉE GLISSANTE** CE TAUX S'ÉLÈVE À 22,1 % **SUR LE T2 2017**

V2G: vehicle-to-grid



Source: RTE







#### Et la filière automobile dans tout ça?

#### Pack design & validation



#### Technologie

- Li-ion NMC : des progrès pour encore 10 ans
- Solid state : prochain saut technologique, post 2025

#### Manufacturing



#### • Valeur à capter sur la chaine aval

manufacturing du pack

 Matériaux : risque Cobalt, Nickel, Lithium à toiser





#### En conclusion : quelles perspectives ?

#### **Technologie**

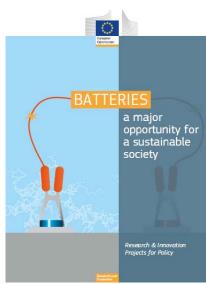
- > Techno Lithium-ion « conventionnelle » avec du potentiel au moins jusque 2025
  - ► Accroitre la densité d'énergie, travailler sur les électrodes
- > Des technos en rupture sont identifiées pour aller encore plus loin (exemple : solid-state battery)
  - ► Accompagner la recherche pour un gain de performance à coût abordable
- > Surveiller la criticité de la dispo des matières premières (Li, Co, Ni)

#### Compétences à développer

> Electrochimies, matériaux, contrôle (BMS), process, maintenance / réparation, ...

#### Chaine de valeur

- Une partie importante de la valeur hors d'Europe (amont du pack),
  - Initiative européenne « European battery Alliance »
- > Valeur à pérenniser sur le développement et la fabrication du pack, filière maintenance / APV, 2ème vie, recyclage



# THE END

