

**Recommandations de conduite pour économiser l'énergie**  
Présentation des projets «slackline» du BLS et «eco2.0» des CFF  
Forum Énergie de l'UTP, 29 janvier 2019

## Objectifs de la présentation

- ✓ Donner des informations sur des idées de projet et l'avancée des travaux des deux projets:
  - «slackline» du BLS
  - «eco2.0: développement d'ADL eco» des CFF
- ✓ Échanger des connaissances et expériences
- ✓ Discuter des potentiels de collaboration

## Proposition de plan

- 1. Bienvenue et tour de présentation (tous, 5')**
- 2. Introduction / contexte (Tuchschnid, 15')**
  - Mandat des mécaniciens de locomotive
  - La «régulation adaptative (ADL)» en cas de conflit
  - Informations requises par le le mécanicien de locomotive en temps normal (exploitation ponctuelle)
- 3. Situation actuelle et idées d'amélioration (Studer, 10')**
  - Aperçu des tablettes LEA et LOPAS
  - Différences entre l'horaire opérationnel et l'horaire commercial
  - Répartition des réserves et idée des points fixes
- 4. Projet «slackline» du BLS (Studer, 15')**
  - Conclusions du projet-pilote
  - Procédure et intégration prévue d'ADL et eco2.0
- 5. Projet «eco2.0: développement d'ADL eco» des CFF (Tuchschnid, 30')**
  - Modifications: profil de conduite optimisé, heures précises, points fixes
  - Résultats des tests d'exploitation
- 6. Conclusion et discussion finale (tous, 15')**

## Extrait des prescriptions de circulation des trains (PCT)

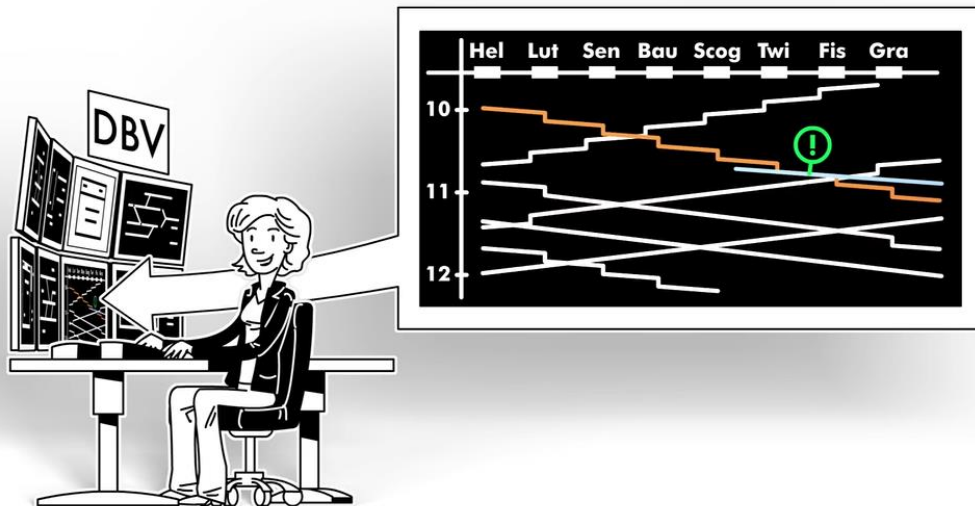
### **3.3 Manière de conduire**

#### **3.3.1 Principe**

Le mécanicien de locomotive doit conduire le train en respectant la sécurité, l'horaire et le confort des voyageurs. Si possible, il conduira de manière économique.

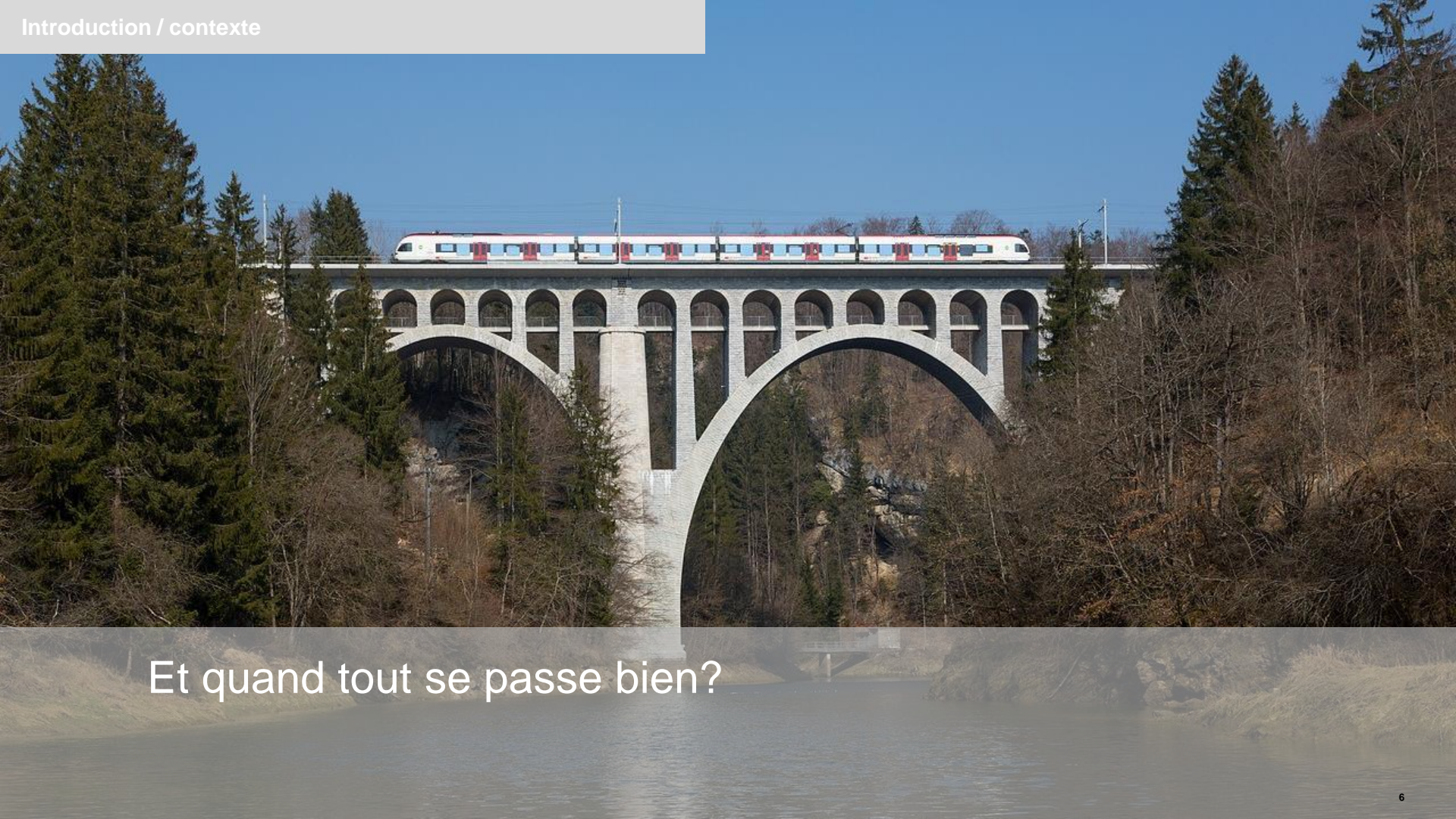
Source: Prescriptions suisses de circulation des trains PCT, section R 300.13, chapitre 3.3.1

## Recommandations de conduite: régulation adaptative



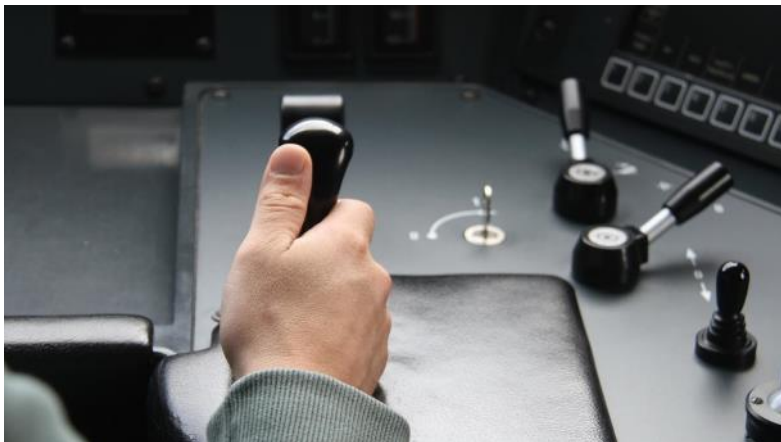
[Vidéo «Adaptive Lenkung \(ADL\) Konflikt Funktion»](#) (Youtube, en allemand)





Et quand tout se passe bien?

De quelles informations a besoin le mécanicien en temps normal?



- Discussion par groupes de 4 pendant 5', puis présentation au reste de l'assemblée
- Attention: ne traitez que de la situation normale où **les trains circulent à l'heure**, c.-à-d. sans croisements ou arrêts imprévus dans l'horaire.




M	km	+	AE	ETCS	Genève A	N180	An	Ab	18:20:50 14.03.18
Home	12.5	0	7	(1304)	sms	<b>Morges</b>	140	18:16	<b>18:17</b>
	15.0					Tolochenaz	9P/Q		528
	16.9	0	8	(1308)		<b>St-Prex</b>	140	160 (18:22)	ADL
Tour SOPRE	19.3	0	8			Etoy		160 (18:23)	
	19.6					Etoy	12P/Q		
	21.5	10	3	(1307)		<b>Allaman</b>		160 (18:24)	Mandvieren
Fahren	24.4	10	3	1301		<b>Perroy</b>		160 (18:25)	
	26.7	0	10	(1306)		<b>Rolle</b>	150 160	160 (18:26)	-00:03:04
Formulare	29.7	9	2			<b>Gilly-Bursinel</b>		160 (18:28)	
	33.8	4	5	(1305)	sms	<b>Gland</b>	140	160 (18:30)	
	36.1					Prangins	23P/Q		
Dokumente	38.5	8	1	R (1304)	sms	<b>Nyon</b>	145 160	160 (18:32)	
Private Dokumente	40.3					Block	27P/Q		
	41.3					Block	28P/Q		
	42.3					Murat ▲	29P/Q		
	44.4					Block	30P/Q		
	km: 44.800 - 46.000						80		
						<b>Coppet</b>	160	160 (18:36)	
	47.0	1	4			Tannay	160	160 (18:37)	
	49.5	9	0			Mila	135	135 (18:37)	
	9	0				Pont-Céard	125	125 (18:38)	
						Morsin	100	100 (18:39)	

Situation actuelle et idées d'amélioration





## Aperçu de la tablette LEA (CFF)

										17:30:17
										10.09.18
										19247
										ADL
										
										-04:56:18
										Manövrieren
										↑
										↓
										☾
										

## Informations différentes entre le mécanicien et la centrale d'exploitation

LEA pour le mécanicien de locomotive

via Stammlinie			
Silbern ▲ S610/510/S410/710			
Block S709/609/509/439			
<b>Dietikon</b>	140 110	130	12:29 <b>12:30</b>
km: 8.185 - 10.418	80		
Kurve Ausf.	110		
Glanzenberg R9/S9/M9/N9			
<b>Glanzenberg</b>	130	12:31	<b>12:31</b>
<b>Schlieren</b>	130	12:34	<b>12:34</b>
km: 4.400 - 3.900	80		
<b>Altstetten</b>	125 120	12:38	<b>12:39</b>
→ ZUE via Herdern			

LEA	19247	Horaire opé.
12:06	BG	12:07:06
12:11	TG	12:11:24
12:15	BD	12:16:18
12:18	WE	12:19:06
12:20	NHOF	12:21:18
12:23	KLW	12:24:24
12:30	DT	12:30:06
12:31	GLZB	12:32:18
12:34	SCHL	12:35:00
12:39	ZAS	12:39:06
12:41	ZHDB	12:42:48
12:47	ZUE	12:47:36
12:50	ZSTH	12:50:54
12:26	STET	12:26:18
13:11	W	13:11:12

RCS pour le régulateur du trafic ferroviaire



### Affichage actuel dans LEA et LOPAS

- Arrêts: heures commerciales
- Passages: heures opérationnelles arrondies à la minute inférieure (l'exploitation et l'horaire calculent à un rythme de 6 secondes).

## Réserves de temps

### Réserves de temps:

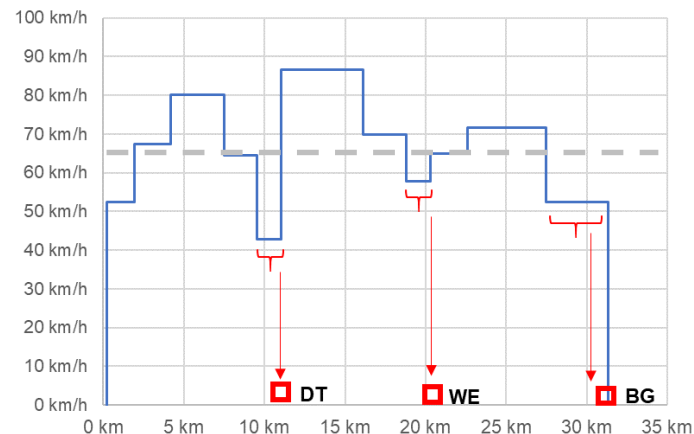
- Au moins 7 % de réserve de temps est prévue pour les travaux et comme marges dans l'exploitation. Ce temps se trouve généralement à la fin du trajet ou avant les nœuds importants.
- Si la réserve n'est pas utile à l'exploitation, elle peut être utilisée pour conduire de manière plus économe.
- Aujourd'hui, la répartition des réserves n'est pas optimale d'un point de vue énergétique.

Strecke	BP	ab	an	Distanz	Zeit	vFahrplan
0.0 km	ZUE	13:14:18				
1.9 km	ZHDB	13:17:30	13:16:30	1.9 km	2:12	52 km/h
4.2 km	ZAS	13:20:42	13:19:30	2.3 km	2:00	68 km/h
7.5 km	SCHL	13:24:12	13:23:12	3.3 km	2:30	80 km/h
9.6 km	GLZB	13:26:54	13:26:06	2.0 km	1:54	64 km/h
11.1 km	DT	13:30:18	13:29:00	1.5 km	2:06	43 km/h
16.1 km	KLW	13:34:36	13:33:48	5.1 km	3:30	87 km/h
18.8 km	NHOF	13:37:42	13:36:54	2.7 km	2:18	70 km/h
20.3 km	WE	13:40:24	13:39:18	1.5 km	1:36	58 km/h
22.6 km	BD	13:43:42	13:42:30	2.3 km	2:06	65 km/h
27.5 km	TG	13:48:36	13:47:48	4.9 km	4:06	72 km/h
31.3 km	BG		13:53:00	3.8 km	4:24	52 km/h

Horaire opérationnel du train 19248 de ZUE à BG, horaire 2019



mittlere Geschwindigkeit gemäss betrieblichem Fahrplan  
(Zug 19248 von ZUE nach BG)

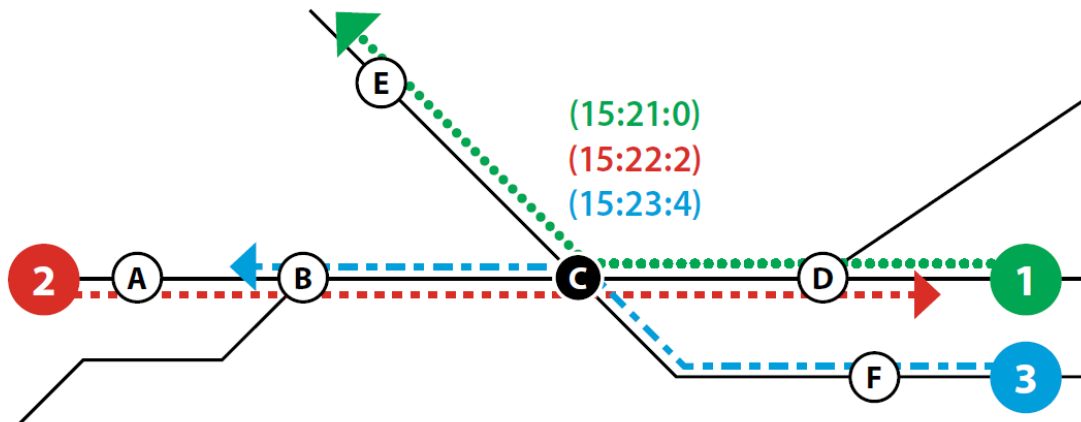


## L'idée des points fixes dans l'horaire

### L'idée des points fixes dans l'horaire:

- Les points opérationnels auxquels l'heure opérationnelle doit absolument être respectée sont des points fixes.
- Les points qui tolèrent une variation horaire ne sont pas des points fixes.

→ Nouvelle répartition des réserves de temps sur les tronçons entre les points fixes



2	
A	(15:20)
B	(15:21)
C	(15:22:2)
D	(15:23)

1	
D	(15:20)
C	(15:21:0)
E	(15:22)

3	
F	(15:22)
C	(15:23:4)
B	(15:24)
A	(15:25)



Virtato Fahrzeitrechner ▾ Rtc Params  
Test ▾ RS Params

Steps / States 0 / 19006  
Time [s] 0.347655 54669 St/s

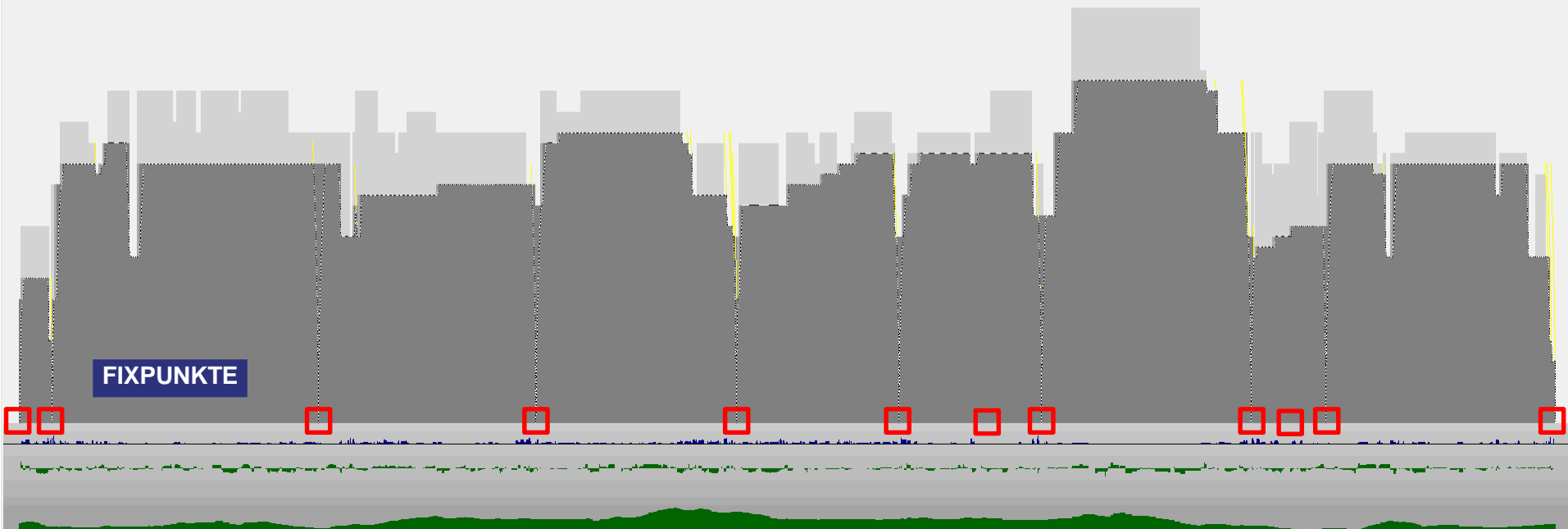
Greek-Trasse

- ☐ Show track points
- ☐ Show advice points
- ☐ Show timeline
- ☐ Show cab signalling
- ☐ Show acceleration
- ☐ Show braking hint curves
- ☐ Show signals
- ☐ Show power

Graphical | RailML Request | RailML Response | Composition | CalcParams | Track | Formation | Timetable | State Log | Errors (0) | Braking Hulls |

Technical trip time [s]: 9712.50 (= 161.88 min)  
Technical running time [s]: 8944.50 (= 149.08 min)  
Technical stop time [s]: 768.00  
Distance [km]: 275.43  
Average trip speed [km/h]: 102.09  
Average running speed [km/h]: 110.85  
Energy consumption [kWh]: 3844.61  
Recuperation [kWh]: -1159.12  
Calculation steps: 23889

Course avec un **profil de conduite optimisé**  
= trajet prévu avec une nouvelle répartition des réserves





Projet «slackline» du BLS



## Projet-pilote: transmission de l'information au mécanicien







## Étapes à venir dans le projet principal

### 1 Achat et implémentation de logiciels (standard) d'aide à la conduite (DAS)

- Recommandations de conduite pour économiser de l'énergie tenant compte des données GPS, de l'horaire, du parcours et du véhicule
- Points fixes dans l'horaire tirés d'«eco 2.0»
- Intégration aux tablettes, logiciels et affichages des mécaniciens du BLS (LOPAS)
- Exploitation de la banque de données de base requise
- Plateforme d'évaluation

Filtre sur LOPAS: la recommandation DAS s'applique en temps normal, celle de l'ADL en cas particulier.

### 2 Option de développement au c-DAS (système connecté d'aide à la conduite)

- Rattachement aux interfaces normées du TMS (*journey- and segment files*)
- Le TMS livre des indications temporelles grossières, le profil de conduite est calculé par l'ETF.

Seules s'appliquent les recommandations DAS. L'ADL livre les indications grossières.

En tout temps, collaboration active et transparente avec la branche



Projet «eco2.0: développement d'ADL eco» des CFF

# Projet «eco2.0: développement d'ADL eco» des CFF

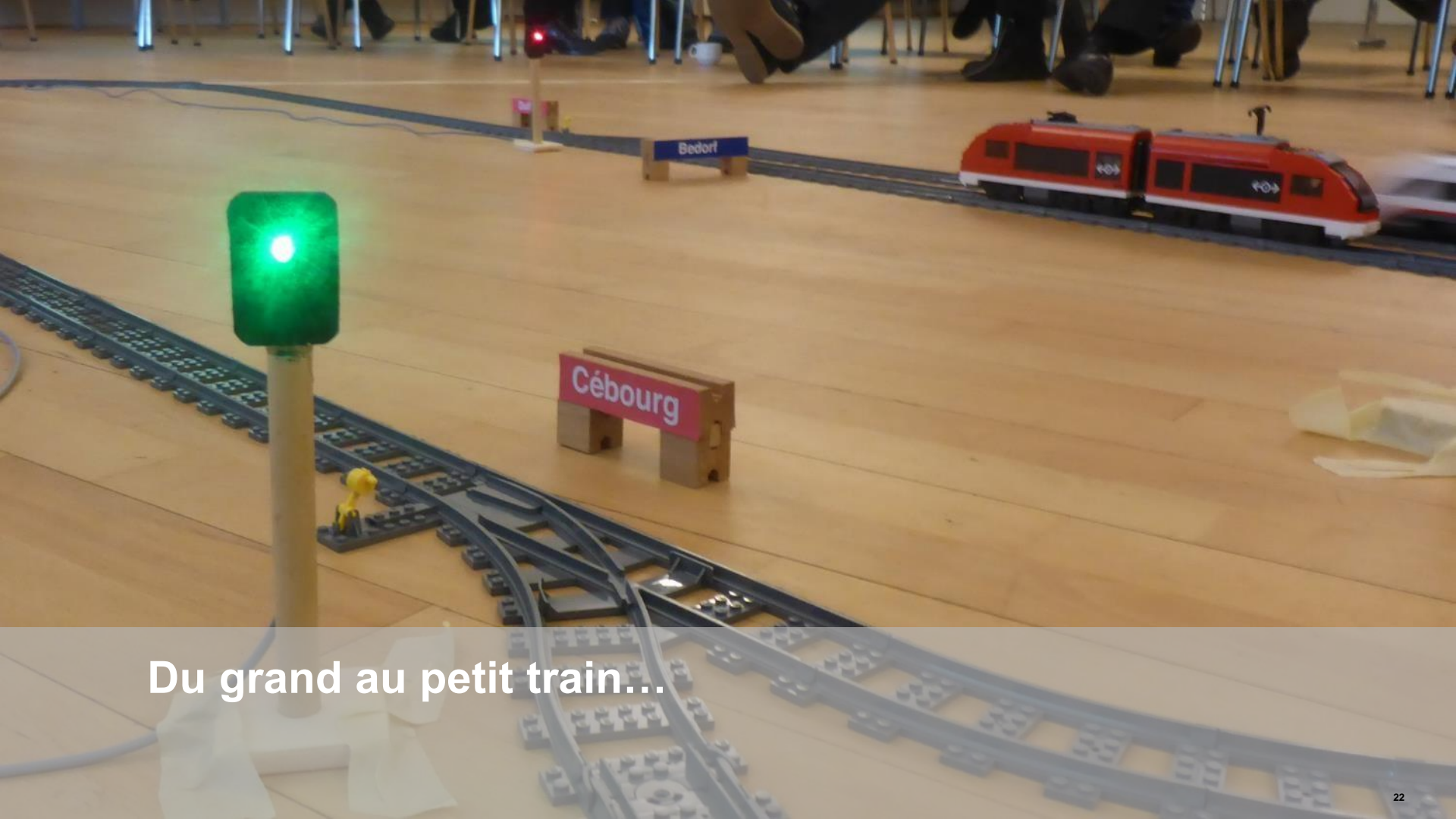
## Contexte et objectifs

### Contexte

- ✓ Selon une enquête menée à large échelle fin 2016, la fonction ADL eco n'était très bien acceptée, ni par les mécaniciens de locomotive, ni par les régulateurs.
- ✓ Pour cette raison, le comité d'accompagnement d'ADL a demandé au printemps 2017 d'examiner des possibilités d'amélioration.
- ✓ On a constaté que les mécaniciens et les régulateurs disposaient d'informations différentes.

### Objectifs

- ✓ Le projet «eco2.0: développement d'ADL Eco» vise à harmoniser les informations de l'horaire, celles à disposition des régulateurs et celles à disposition des mécaniciens de locomotive.
- ✓ De cette manière, les mécaniciens obtiennent les compétences et les informations nécessaires pour mieux gérer eux-mêmes les réserves de temps dans les cas normaux selon les priorités «sécurité, ponctualité, rentabilité».



Du grand au petit train...

# Modification testée: affichage sur la tablette LEA

Développement d'une version spéciale de LEA pour les tests d'exploitation

	km	-	+	AE	ETCS	Turgi	R150	ECO	An	Ab	
Baden	22.6	3	7	1310	sms		70	90	12:15.2	12:16.3	19247
Block S717/617	21.8						90				ADL
Wettingen	20.3	0	3				125	85	12:18.2	12:19.1	
→ ZUE via Regensdorf											
→ Effretikon via ZSeb											
Block S714/614	19.2										-10:04:00
Neuenhof	18.8	0	3				140	85	12:21.4	12:22.4	
Block S713/613	18.5										
km 17.500	17.5										Manövrieren
Killwangen-S.	16.1	12	7				140	85	12:23.5	12:24.5	
→ Dietikon via RBL											
via Stammlinie	16.1										
Silbern ▲ S610/510/S410/710	14.5										
Block S709/609/509/439	13.2										
Dietikon	10.9	0	3	1302 (1304)	sms 3-6		140	90	12:28.4	12:29.4	
Kurve Ausf.	10.6						110				
Glanzenberg R9/S9/M9/N9	9.7										
Glanzenberg	9.5	0	3				130	95	12:31.3	12:32.2	
Schlieren	7.5	0	3				130	95	12:34.0	12:35.1	
km: 4.400 - 3.900							80				
Altstetten				1303	sms 2-4,6,7		125	95	12:37.4	12:39.1	

Temps d'arrêts et de passages par 10 secondes afin que le régulateur et le mécanicien puissent les comparer.

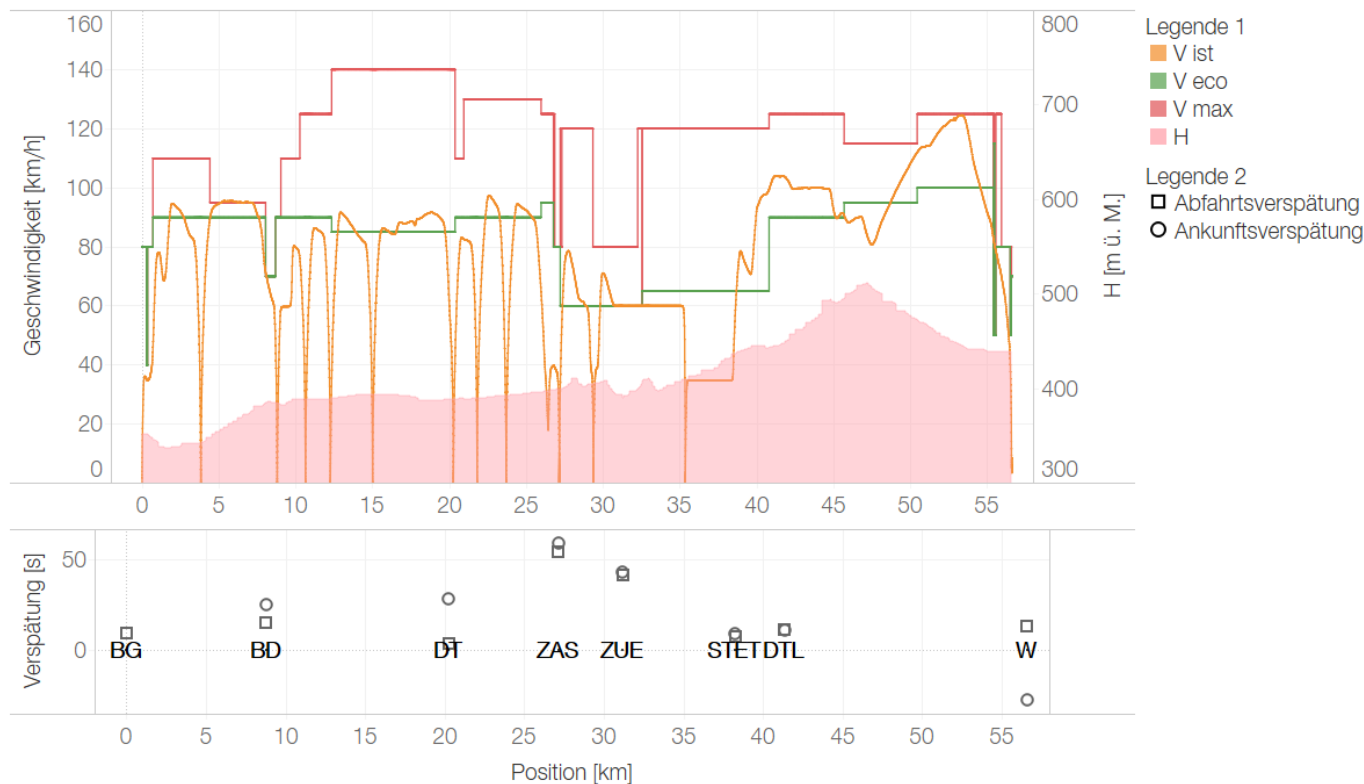
Introduction d'une colonne de vitesse supplémentaire: si départ à l'heure, cette vitesse suffit pour atteindre le prochain arrêt dans les temps.

Code couleur selon si le point opérationnel est important pour l'exploitation ou non (p. ex. si changement de voie, croisement ou raccordement)






## Modification testée: profil de conduite optimisé ( $v_{Eco}$ )

Optimal énergétiquement et ponctuel dans le 19231 en route de BG à W.



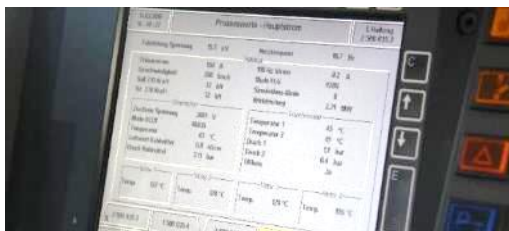
## Données du test d'exploitation «profil de conduite optimisé» d'eco2.0

### 277 mécaniciens (affectation régulière) accompagnés sur 535 courses

	Trafic marchandises	S12 (RER zurichois)	IC5 (longues dist.)	Total
Méthode	Généralement, des retraités accompagnent des mécaniciens titulaires, leur donnent LEA avec la version spéciale et dressent un compte rendu de la course; pas d'autre instruction.			
Période	Du 6 au 20 août 2018	Du 20 août au 22 septembre 2018		
Véhicule				
Nombre de courses réalisées («eco»)	14	127	394	<b>535</b>
Nombre de courses de comparaison («baseline»)	-	159	1079	<b>1238</b>

# Sources de données pour évaluer le test d'exploitation

## Saisie des données pertinentes pour chaque critère



### Compteurs d'énergie

- Emploi de compteurs d'énergie destinés à la facturation du courant de traction selon le principe du responsable-payeur sur le RABe511, données de commande des ICN.
- Transmission du besoin en énergie spécifique [Wh/Btkm]



### Ponctualité

- Extraction des temps de passages des archives RCS
- Identification et addition du retard aux points fixes

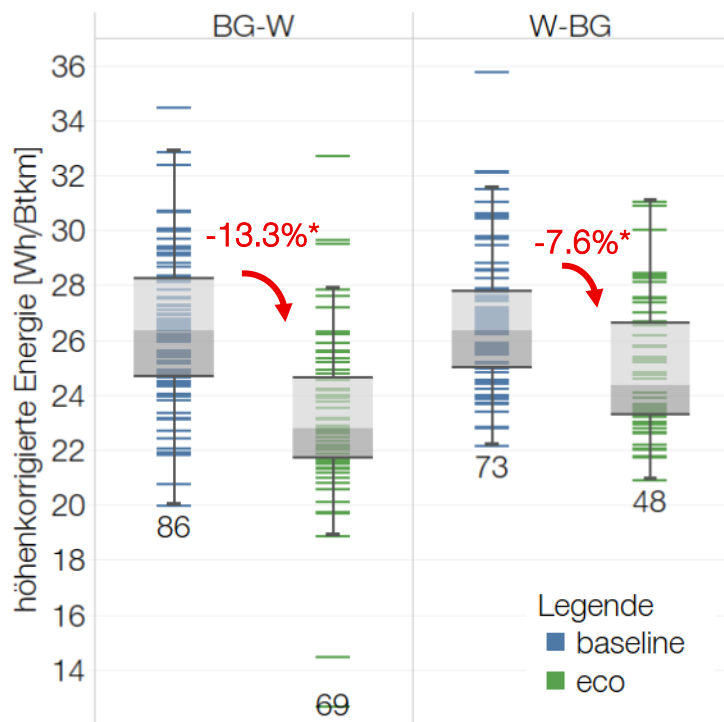


### Acceptation par le personnel

- Évaluation des modifications par les mécaniciens titulaires après la course au moyen d'un questionnaire (papier/en ligne).

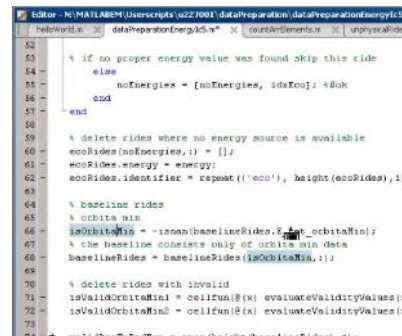
# Économies d'énergie du S12 (RER zurichois)

Réduction importante du besoin en énergie spécifique de 13,3 % et 7,6 %



\* = statistiquement significatif

- Les compteurs d'énergie montés livrent des mesures de l'énergie consommée et la «répartissent» à l'aide des départs/arrivées réels des archives RCS.



- Chaque trait correspond à une course.
- **En moyenne / médiane, la consommation électrique des courses eco est bien plus faible que celle des courses baseline.**

## Extrapolation des résultats pour CFF Voyageurs

Potentiel d'économies de 51 GWh/an, soit 4,5 millions de francs par an.

Conso. de courant de traction en 2017	GWh/an	Économies en %	Économies en GWh/an
Trafic longues dist. CFF	865	2,0 %	17
Trafic régional CFF	567	6,0 %	34
Total	1432	3,5 %	51

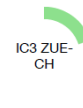
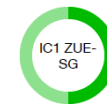
- 2 % pour le trafic longues distances et 6 % pour le trafic régional = **estimation plutôt prudente** au vu des résultats du test d'exploitation.
- **L'économie postulée de 50 GWh/an, soit 4,5 millions de francs sera atteinte par CFF Voyageurs uniquement.** Les économies possibles dans le trafic marchandises n'ont pas encore pu être quantifiées.

### Fernverkehr

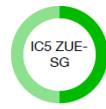
Referenz IC5



Auswahl von Vergleichsstrassen



Quelle: Bah



### Zürcher S-Bahn

Referenz S12



Auswahl von Vergleichsstrassen



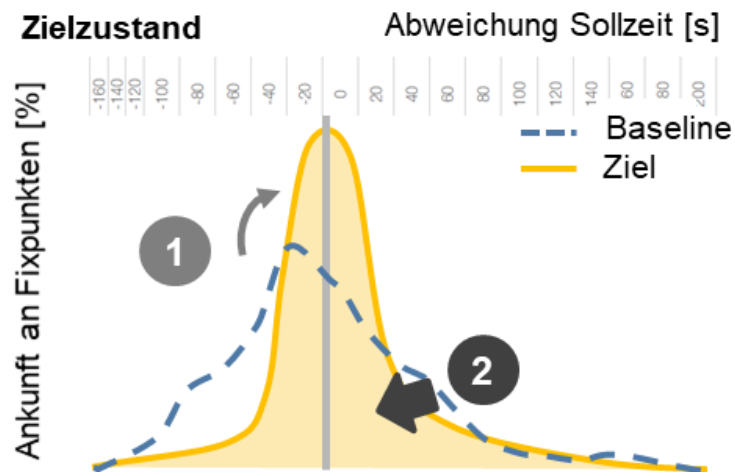
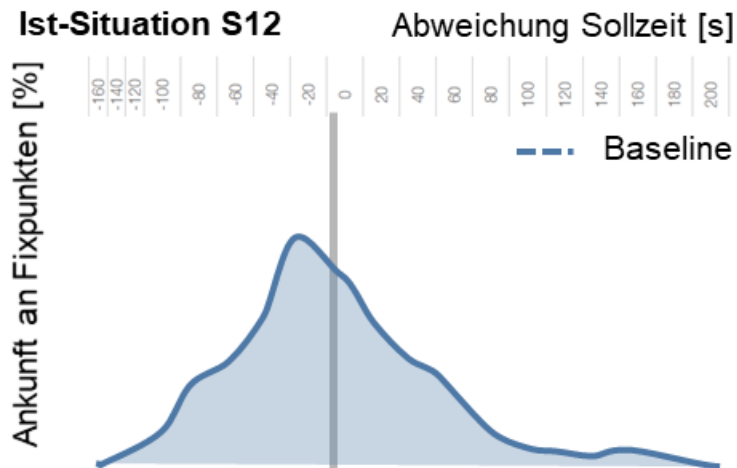
Potential: ■ Viel ■ mittel ■ wenig

Quelle: Einschätzung durch Lokführer von SBB-P, 23.10.2018



## Variance du S12 et de l'IC5

Beaucoup de trains arrivent en avance, l'objectif est une arrivée ponctuelle.





**Objectifs** à l'égard d'une «exploitation ferroviaire précise»:

- 1 Disparition de l'avance = médiane à 0
- 2 Réduction des arrivées en retard

## Variance du S12 et de l'IC5

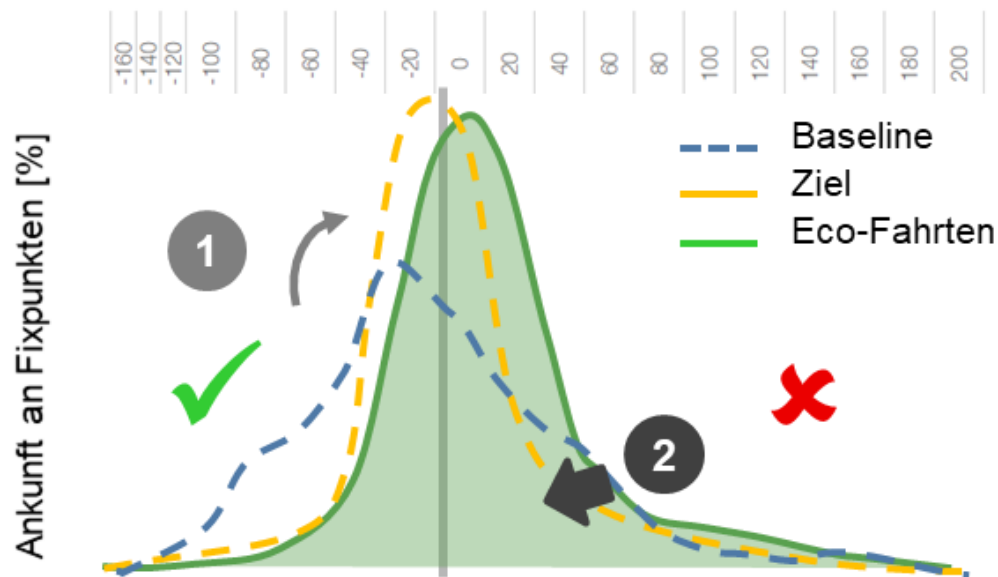
Réduction des décalages via la disparition de l'avance, critère d'attention: précision de la vitesse

### Résultat du test d'exploitation

- 1  Les courses eco arrivent moins en avance sur tous les parcours, pour le S12 en particulier entre Dietikon et Stettbach (BG-W).
- 2  Cependant, cette réduction de l'avance se traduit souvent et sur tous les parcours par des légers retards (30 à 60 sec.) plus fréquents.

### Vergleich eco-Fahrten zu Baseline-Fahrten

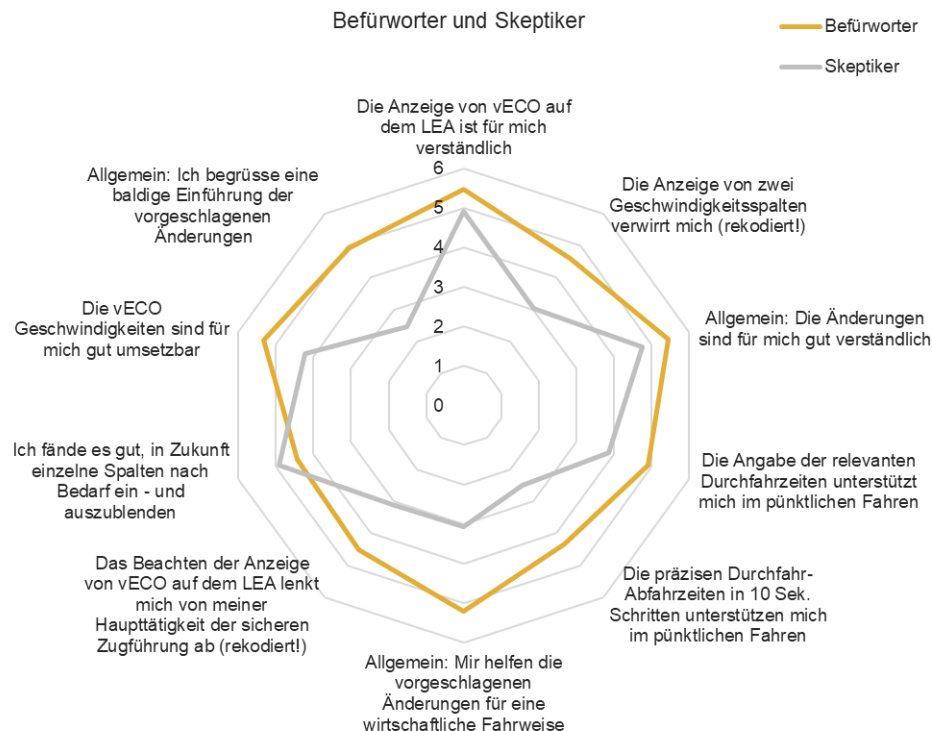
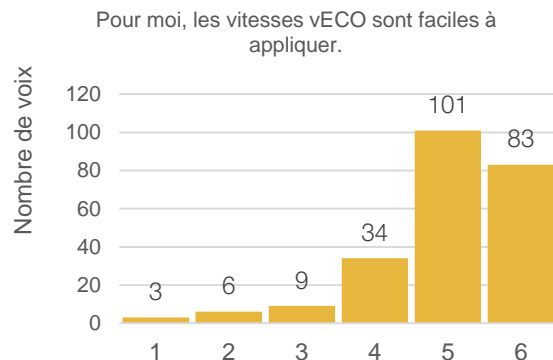
auf der Strecke Brugg - Winterthur Abweichung Sollzeit [s]



## Bonne acceptation sur la base de 242 questionnaires

75 % des mécaniciens interrogés sont pour les modifications.

- Les réponses aux dix questions laissent apparaître deux catégories, les «convaincus» et les «sceptiques».
- Heureusement,  $\frac{3}{4}$  des mécaniciens sont «convaincus».



## Prochaines étapes

Davantage de tests au printemps, puis introduction prévue au 4<sup>e</sup> trimestre 2019

Quand	Quoi	Statut
12 novembre 2018	Décision du comité d'accompagnement ADL en vue de la mise en œuvre	✓
1 <sup>er</sup> trimestre 2019	Test «Actualisation des temps de passage»	ouvert
2 <sup>e</sup> trimestre 2019	Nouveau test d'exploitation visant à augmenter la ponctualité	ouvert
4 <sup>e</sup> trimestre 2019	Introduction progressive	ouvert

Remarque: le projet eco2.0 fait partie intégrante du portefeuille de SmartRail 4.0. De ce fait, le profil de conduite optimisé et les temps de passage actualisés sont à la disposition de toutes les entreprises de transport ferroviaires via le canal ADL (solution de branche, pas de discrimination).



Conclusion et discussion finale


## Conclusion

Les deux projets visent à mettre des informations de meilleure qualité à disposition des mécaniciens de locomotive.

- Aux **CFF**, l'instrument «ADL Konflikt» est aujourd'hui grandement utilisé, c'est pourquoi son développement dans le projet «eco2.0: développement d'ADL eco» se concentre sur le trafic régulier avec des recommandations de conduite **statiques** (optimisation des informations d'horaire).
- Le **BLS** crée un système de recommandations de conduite externe qui transmet généralement des instructions **dynamiques** aux mécaniciens sur la base des données GPS, d'horaire, du parcours et du véhicule. La recommandation ADL ne vaut qu'en cas d'écart à l'horaire.

Dans les deux projets, l'échange régulier de savoir-faire et d'expériences est très important.





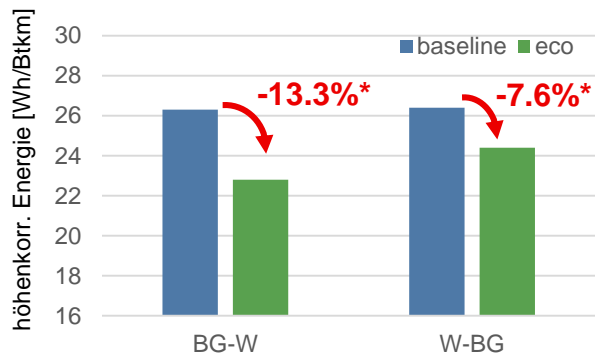
Merci beaucoup.

Thomas Studer, BLS ([thomas.studer@bls.ch](mailto:thomas.studer@bls.ch))

Matthias Tuchschnid, CFF ([matthias.tuchschnid@sbb.ch](mailto:matthias.tuchschnid@sbb.ch))

# Économies d'énergie du S12 (RER zurichois)

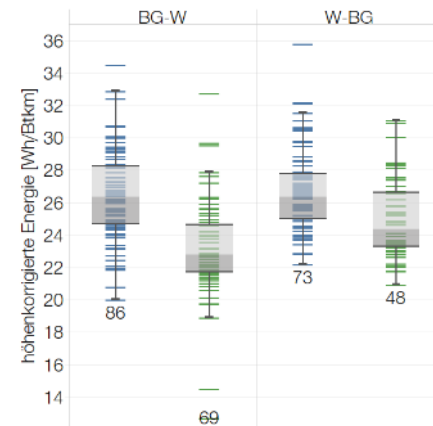
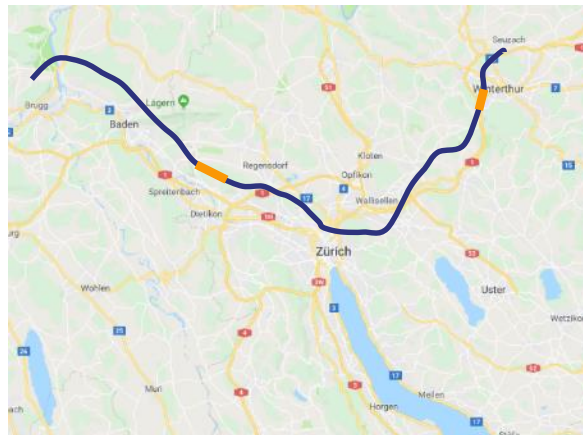
Importante réduction du besoin en énergie spécifique de 13,3 % et 7,6 %



\* statistisch signifikant

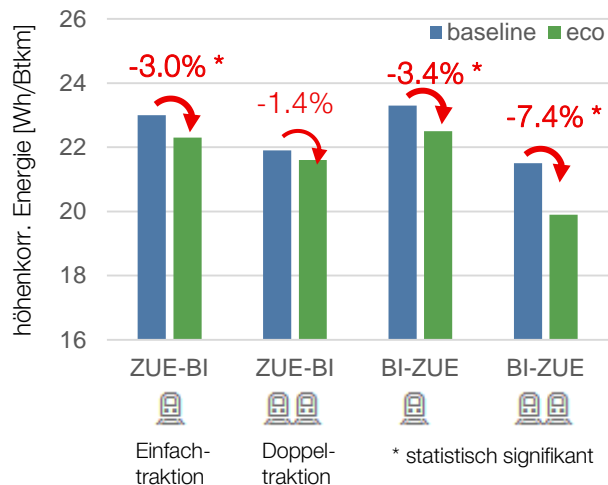
- Les réserves de temps sont **moindres** dans la direction Winterthur-Brugg, ce qui se traduit par un **potentiel d'économies moindre**.
- Travaux avec vitesse ralentie entre Altstetten et Schlieren, et entre Hürlistein et Winterthur.

Tronçon	Brugg – Winterthur	Winterthur – Brugg
Véhicule	RABe 511 (Regio-Dosto), 306,8 t	
Distance	56,6 km	
Numéros de train	19200 – 19299	
Temps de trajet, sans temps d'arrêt	55 min, 36 sec.	54 min, 42 sec.
Courses baseline	86	73
Courses eco	69	48
Besoin en énergie baseline	<b>26,3 Wh/Btkm</b>	<b>26,4 Wh/Btkm</b>
Besoin en énergie eco	<b>22,8 Wh/Btkm</b>	<b>24,4 Wh/Btkm</b>



# Économies d'énergie de l'IC5 (longues distances, Zurich – Bienne)

## Légère réduction du besoin en énergie spécifique de 1,4 % - 7,4 %



Tronçon	Zurich – Bienne	Bienne – Zurich
Véhicule	RABe 500 (ICN), 365.6 t	
Numéros de train	500 – 599	
Distance	117 km	
Temps de trajet sans temps d'arrêt	62 min, 18 sec.	62 min, 48 sec.
<b>Traction simple</b>		
Nbre de courses	baseline: 134, eco: 55	baseline: 174, eco: 63
Besoin en énergie	baseline: 23,0 Wh/Btkm eco: 22,3 Wh/Btkm	baseline: 23,3 Wh/Btkm eco: 22,5 Wh/Btkm
<b>Traction double</b>		
Nbre de courses	baseline: 133, eco: 29	baseline: 101, eco: 16
Besoin en énergie	baseline: 21,9 Wh/Btkm eco: 21,6 Wh/Btkm	baseline: 21,5 Wh/Btkm eco: 19,9 Wh/Btkm

- Travaux vers Wöschnau (tunnel d'Eppenberg).
- Sur  $\frac{3}{4}$  des comparaisons, des **différences statistiques significatives** ont dû être relevées.

